

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Защита и автоматика электроэнергетических систем

**Код модуля**  
1156614(1)

**Модуль**  
Защита и автоматика электроэнергетических  
систем

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Богданова Лариса Федоровна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	автоматизированных электрических систем
2	Мухлынин Никита Дмитриевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	автоматизированных электрических систем
3	Плесняев Евгений Анатольевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	автоматизированных электрических систем
4	Суворов Антон Алексеевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	автоматизированных электрических систем
5	Федотов Владимир Павлович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	автоматизированных электрических систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Ю.Д. Маева

**Авторы:**

- Плесняев Евгений Анатольевич, Доцент, автоматизированных электрических систем
- Суворов Антон Алексеевич, Доцент, автоматизированных электрических систем

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Защита и автоматика электроэнергетических систем**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	11	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет Экзамен Курсовой проект	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	4
		Расчетная работа	2

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Защита и автоматика электроэнергетических систем**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-38 -Способен осуществлять выбор технологического оборудования объектов электроэнергетики, участвовать в его обслуживании и ремонте (Электроэнергетика и электротехника)	3-14 - Описывать назначение, принципы выполнения устройств релейной защиты для различных элементов электроэнергетических систем 3-15 - Характеризовать область применения конкретных устройств релейной защиты 3-16 - Описывать современные элементные базы устройств релейной защиты 3-17 - Описывать назначение, принципы выполнения устройств сетевой	Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3 Контрольная работа № 4 Курсовой проект Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Расчетная работа № 1 Расчетная работа № 2 Экзамен

	<p>противоаварийной автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>З-18 - Характеризовать область применения конкретных устройств сетевой противоаварийной автоматики</p> <p>П-7 - Осуществлять обоснованный выбор устройств релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики электроэнергетических систем</p> <p>П-8 - Настраивать устройства релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики на расчётные значения рабочих параметров</p> <p>У-10 - Выбирать устройства сетевой противоаварийной автоматики для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>У-11 - Осуществлять расчёт установок для различных типов сетевой противоаварийной автоматики</p> <p>У-8 - Выбирать устройства релейной защиты для различных элементов электроэнергетических систем</p> <p>У-9 - Осуществлять расчёт уставок для различных типов релейной защиты</p>	
--	--	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Контрольная работа №1</i>	7,7	20
<i>Контрольная работа №2</i>	7,12	20
<i>Расчетная работа №1</i>	7,9	30

<i>Расчетная работа №2</i>	7,15	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
Промежуточная аттестация по лекциям – <b>экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.1</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение заданий на практических занятиях</i>	7,16	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1</b>		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– <b>нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.3</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам</i>	7,16	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <b>нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – <b>нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.65</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Контрольная работа №1</i>	8,6	35
<i>Контрольная работа №2</i>	8,7	35
<i>Работа на лекциях</i>	8,7	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.1</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение заданий на практических занятиях</i>	8,7	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.00</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.25</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам</i>	8,7	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Выполнение проекта	8,7	100
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – 0.5		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – 0.5		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)		
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов	Шкала оценивания

	<b>обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно но (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. Максимальные токовые защиты
2. Дистанционные защиты
3. Дифференциальные защиты

Примерные задания

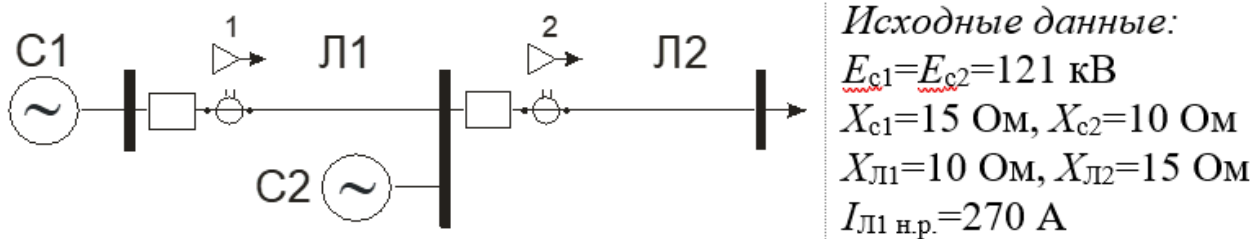
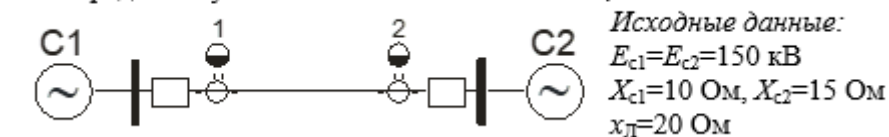
1. Рассчитать уставки токовых отсечек №1 и №2 в составе защит ЛЭП.
2. Рассчитать уставки первых ступеней дистанционных защит линий №1 и №2.
3. Рассчитать ток срабатывания дифференциальной защиты трансформатора типа ТРДН-25000/100.

Исходные данные:

- 1) двухобмоточный трансформатор ТРДН-25000/110,  $U_{ВН}=115$  кВ,  $U_{НН}=10,5$  кВ,  $U_k(\%)=10.5\%$ , РПН  $\pm 9 \cdot 1,78\%$
- 2) 'система:  $E_{с\_макс}=123$  кВ,  $E_{с\_мин}=118$  кВ,  $X_{с\_макс}=5$  Ом,  $X_{с\_мин}=8$  Ом



1. Определить уставки токовых отсечек №№1, 2:



LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Испытание трансформаторов тока и фильтр реле напряжения и тока обратной последовательности
  2. Комбинированное токовое реле РТ-80
  3. Реле максимальной токовой защиты с независимой характеристикой
  4. Реле направления мощности
  5. Направленная максимальная токовая защита сети с двухсторонним питанием
  6. Двухступенчатая токовая защита радиальной сети на переменном оперативном токе с дешунтированием катушки отключения
  7. Токовые реле с быстронасыщающимися трансформаторами серий РНТ и ДЗТ
  8. Релейная защита понижающего трансформатора
  9. Защита синхронного генератора от однофазных замыканий на землю в обмотке статора типа ЗЗГ-1 и в обмотке ротора типа РЗР-1
  10. Автоматическое повторное включение ЛЭП
  11. АВР трансформатора собственных нужд электростанции
  12. Реле частоты РЧ-1 и автоматика частотной разгрузки АЧР
- LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

#### Базовый

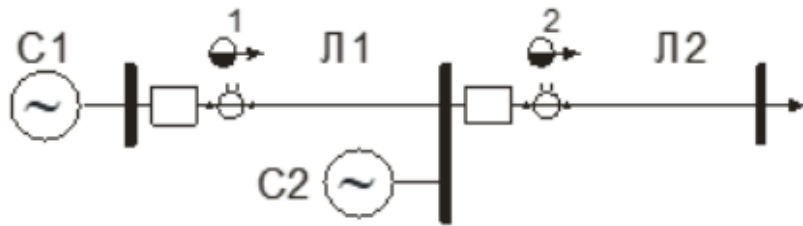
##### 5.2.1. Контрольная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Расчет уставок токовых защит от междуфазных коротких замыканий

Примерные задания

1. Рассчитать уставки токовых отсечек №№1 (2 ступени), 2 и МТЗ №№ 1 и 2:



*Исходные данные:*  
 $E_{C1}=E_{C2}=37$  кВ  
 $X_{C1}=15$  Ом,  $X_{C2}=20$  Ом  
 $R_{Л1}=3$  Ом,  $R_{Л2}=4$  Ом  
 $X_{Л1}=6$  Ом,  $X_{Л2}=8$  Ом  
 $I_{Л1 \text{ н.р.}}=320$  А  
 $I_{Л1 \text{ макс.}}=400$  А  
 $I_{Л2 \text{ н.р.}}=250$  А  
 $I_{Л2 \text{ макс.}}=325$  А  
 $t_{\text{согл.2}}=0,5$  с

Рассчитать уставки максимальных токовых защит ЛЭП (ТО, ТОВ, МТЗ) для заданной схемы

LMS-платформа – не предусмотрена

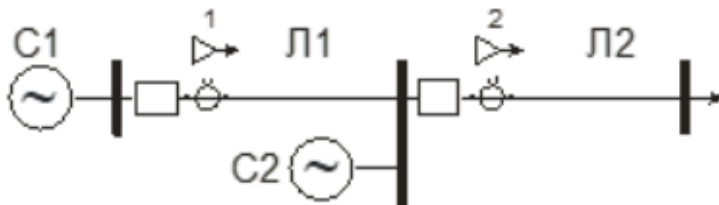
### 5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Расчет уставок дистанционных защит ЛЭП

Примерные задания

1. Рассчитать  $Z_{с.з}$  и  $t_{с.з}$  для дистанционных защит №1 (3 ступени) и №2 (2 ступени):



*Исходные данные:*  
 $E_{C1}=121$  кВ,  $E_{C2}=121$  кВ  
 $X_{C1}=5$  Ом,  $X_{C2}=4$  Ом  
 $X_{Л1}=12$  Ом,  $X_{Л2}=10$  Ом  
 $I_{Л1 \text{ н.р.}}=250$  А (макс.)  
 $I_{Л2 \text{ н.р.}}=200$  А (макс.)  
 $t_{\text{внеш}}=2$  с

Рассчитать уставки ДЗ ЛЭП для заданной схемы сети

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Контрольная работа № 3

Примерный перечень тем

1. Автоматическое повторное включение

Примерные задания

1. Требования к АПВ
2. Указать цепи подготовки и пуска АПВ

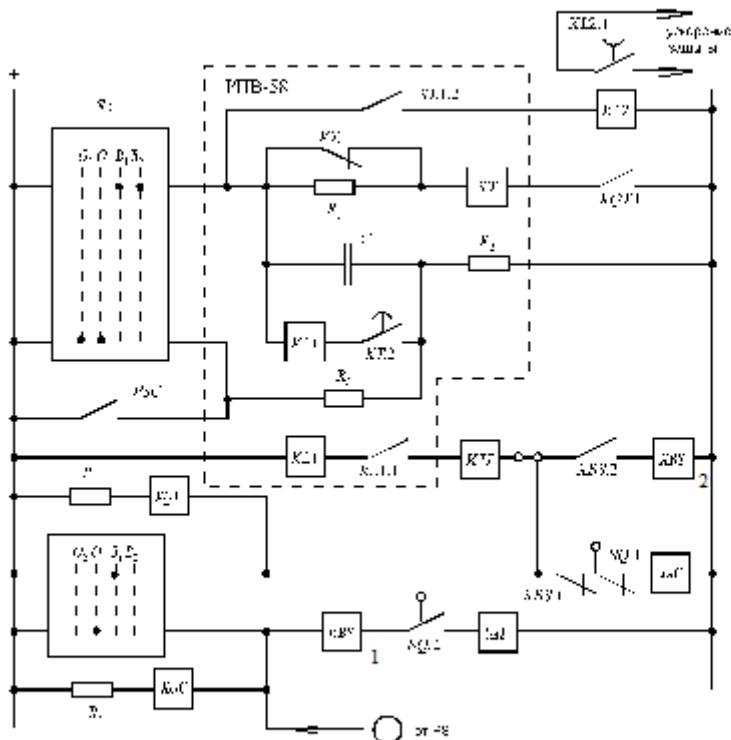


Рис. 1.1. Схема АПВ однократного действия

3. Указать область применения НАПВ
4. Рассчитать уставку  $t_{\text{зап}}$  однократного АПВ ВЛ 110 кВ.  $t_{\text{зап}}=0,14$  с

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Контрольная работа № 4

Примерный перечень тем

1. Автоматический ввод резерва

Примерные задания

1. Требования к АВР
2. Указать цепи подготовки АВР

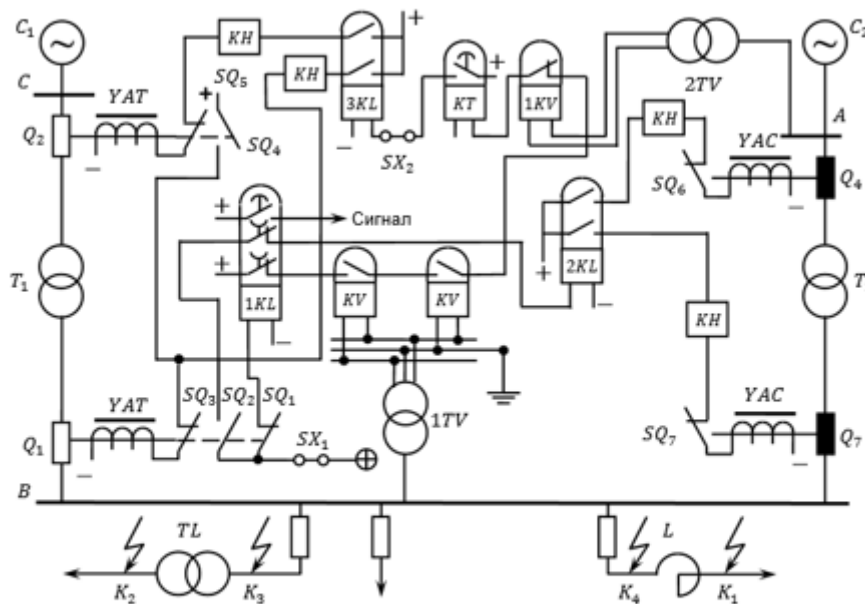


Рис. 14. Схема АВР силового трансформатора собственных нужд (схема в состоянии готовности к работе, т.е. Q1 и Q2 включены, а Q3 и Q4 отключены)

3. Указать область применения АВР
4. Рассчитать уставку  $t_{с.л.}$  АВР секционного выключателя 10 кВ.  $t_{с.л.(СВ)}=0,6$  с.
5. Указать виды устройств РЗА, с которыми согласуется действие АВР.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.5. Расчетная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Выбор типов и расчёт параметров срабатывания максимальных токовых защит от междуфазных коротких замыканий

Примерные задания

Задание

на выполнение расчётной работы №1 по курсу «Защита и автоматика ЭЭС»

Задание:

Разработать схемы, рассчитать параметры срабатывания (уставки) и оценить возможность (эффективность) применения максимальных токовых защит от междуфазных коротких замыканий с различными способами обеспечения селективности (отдельных типов защиты: токовая отсечка мгновенная, токовая отсечка с выдержкой времени срабатывания, МТЗ с независимой или с зависимой выдержкой времени срабатывания; ступенчатых защит) на элементах электрической сети 6-35 кВ.

Расчетную работу выполнить для варианта реализации защит на базе электромеханических реле тока, напряжения (при необходимости) и времени.

Исходные данные:

Схема электрической сети и параметры оборудования для создания расчётной модели и дополнительные параметры для расчётов представлены на рисунке 1 и в таблице 1 соответственно.

Рисунок 1 – Схема электрической сети

Таблица 1 – Исходная информация

Эквиваленты энергосистемы Система ( $U_{\text{ном}}=35$  кВ)

$S_{\text{кз}}=1000$  МВА,  $E_{\text{C}}=1,05 \cdot U_{\text{ном}}$

Линии электропередачи Л1, Л2, Л3 – ВЛ 35 кВ

Л1 – АС-120,  $r_0=0,244$  Ом/км,  $x_0=0,414$  Ом/км,  $l=7,5$  км

Л2 – АС-70,  $r_0=0,422$  Ом/км,  $x_0=0,432$  Ом/км,  $l=3,2$  км

Л3 – АС-120,  $r_0=0,244$  Ом/км,  $x_0=0,414$  Ом/км,  $l=4,5$  км

Трансформаторы 35/6(10) кВ Т1 – ТМН – 2500/35/6,3,  $u_{\text{к}}(\%)=6,5\%$ ,  $\Delta P_{\text{K}}=26,0$  кВт

Т2 – ТМН – 6300/35/11,  $u_{\text{к}}(\%)=7,5\%$ ,  $\Delta P_{\text{K}}=46,5$  кВт

Трансформаторы /6(10)/0,4 кВ Т3 – ТМ – 1000/6/0,4,  $u_{\text{к}}(\%)=5,5\%$ ,  $\Delta P_{\text{K3}}=12,2$  кВт

Т4 – ТМ – 630/6/0,4,  $u_{\text{к}}(\%)=5,5\%$ ,  $\Delta P_{\text{K3}}=7,60$  кВт

Время срабатывания защитных устройств (отключения) нагрузки Н1 – 0,5 с; Н2 – 0,1 с;  
Н3 – 0,12 с

Автоматические выключатели – 0,2 с

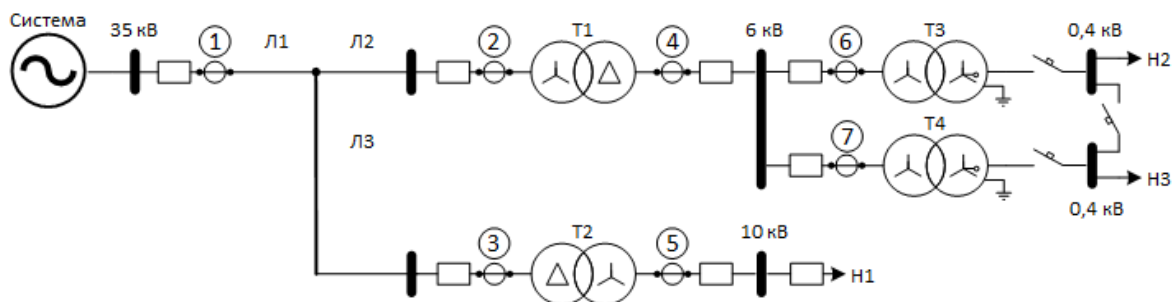
При выполнении работы необходимо:

- 1) выбрать типы защит;
- 2) выбрать схемы соединения ТТ;
- 3) рассчитать токи срабатывания защит с учётом характеристик применяемых реле;
- 4) проверить чувствительность защит;
- 5) определить время срабатывания защит;
- 6) построить карты селективности (графики согласования защит по времени) для вариантов исполнения защит с независимой и зависимой характеристиками времени срабатывания;
- 7) сделать выводы по результатам расчётов.

Дополнительные указания:

При рассмотрении защит трансформаторов 6/0,4 кВ на классе напряжения 6 кВ защиты выполнить на базе реле тока прямого действия (реле типа РТВ (МТЗ) и РТМ (отсечка)).  
Защиты ЛЭП и трансформаторов 35 кВ выполнить на базе реле типов РТ-40 (защита с независимой характеристикой времени срабатывания) и РТ-85 (защита с зависимой характеристикой времени срабатывания и отсечкой).

При неудовлетворительной чувствительности МТЗ выполнить с пуском по напряжению.



LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.6. Расчетная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Расчёт параметров срабатывания дифференциальной защиты трансформатора на базе реле с насыщающимися трансформаторами тока

Примерные задания

Задание

на выполнение расчётной работы №2 по курсу «Защита и автоматика ЭЭС»

Задание:

Рассчитать параметры срабатывания (уставки) и оценить эффективность продольных дифференциальных токовых защит трансформаторов, выполненных на базе реле с насыщающимися трансформаторами тока.

Расчётную работу выполнить для варианта реализации защит на базе реле с насыщающимися трансформаторами тока типов РНТ-565 и ДЗТ-11.

Исходные данные:

Параметры оборудования для создания расчётной модели и дополнительные параметры для расчётов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходная информация

Вариант Напряжение внешней системы, кВ Сопротивление системы, Ом Тип трансформатора Номинальное напряжение обмотки НН, кВ Время срабатывания защиты присоединения, с Использование расщепления обмотки низшего напряжения

1	220	4.35	ТДЦ-80000/220	10.5	0.2	–
2	110	9.13	ТДН-16000/110	11	1.0	–
3	121	13.89	ТРДН-40000/110	10,5/10,5	1.8	используется
4	110	9.15	ТДН-16000/110	11	1.0	–
5	121	13.11	ТРДН-40000/110	6,3/6,3	1.7	не используется
6	220	4.19	ТРДН-40000/220	11/11	0.2	используется
7	220	4.33	ТРДЦН-63000/220	11/11	0.2	используется

При выполнении работы необходимо:

- 1) изучить принципы действия рассматриваемы в работе реле;
- 2) выбрать схемы соединения ТТ;
- 3) рассчитать токи срабатывания защит с учётом характеристик применяемых реле;
- 4) проверить чувствительность защит;

5) сделать выводы по результатам расчётов.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Зачет**

Список примерных вопросов

1. 1. Автоматическое повторное включение (АПВ) элементов ЭЭС. Назначение и основные требования к АПВ.
  2. 2. Основные типы устройств АПВ, область их применения.
  3. 3. Схемы АПВ и их работа, расчёт уставок АПВ
  4. 4. АПВ одно- и двукратного действия.
  5. 5. Трёхфазное АПВ (ТАПВ).
  6. 6. Однофазное АПВ (ОАПВ).
  7. 7. Особенности реализации АПВ на линиях с двухсторонним питанием.
  8. 8. Несинхронное АПВ (НАПВ).
  9. 9. АПВ с контролем синхронизма. АПВ с ожиданием (АПВОС) и улавливанием (АПВУС) синхронизма.
  10. 10. Быстродействующее АПВ (БАПВ).
  11. 11. Автоматическое повторное включение шин электростанций и подстанций (АПВШ).
  12. 12. АПВ (пуск) электродвигателей.
  13. 13. Автоматический ввод резерва (АВР) в ЭЭС. Назначение и основные требования к АВР.
  14. 14. Основные типы устройств АВР, область их применения.
  15. 15. Схемы АВР и их работа, расчёт уставок.
  16. 16. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР) в ЭЭС. Назначение, область применения, требования к АЧР.
  17. 17. Принцип работы и схемы АЧР.
  18. 18. Диапазоны уставок категорий / очередей АЧР.
  19. 19. Определение объёмов АЧР.
  20. 20. Частотное АПВ.
  21. 21. Обеспечение взаимодействия устройств сетевой автоматики и релейной защиты.
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.3.2. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. 1. Назначение релейной защиты (РЗ). 2. Принципы выполнения и основные требования, предъявляемые к устройствам РЗ. 3. Устройство и коэффициент трансформации трансформаторов тока (ТТ). 4. Погрешности ТТ и факторы, влияющие на их величину, классы точности. Выбор ТТ для устройств РЗ. 5. Схемы соединения трансформаторов тока и их анализ. Понятие  $k_{сх}$  и его численные значения. 6. Устройство и коэффициент трансформации трансформаторов напряжения (ТН). 7. Погрешности ТН и

факторы, влияющие на их величину, классы точности. Определение мощности вторичной нагрузки ТН и проверка ее на допустимое значение. 8. Схемы соединения однофазных трансформаторов напряжения и их анализ. Трехфазные трансформаторы напряжения и схемы соединения их обмоток. 9. Назначение фильтров симметричных составляющих токов и напряжений, виды фильтров. 10. Фильтры и фильтр-реле токов обратной последовательности (схемное исполнение, векторная диаграмма). 11. Фильтры и фильтр-реле напряжений обратной последовательности (схемное исполнение, векторная диаграмма). 12. Принцип действия, схемное исполнение, расчёт  $I_{с.з}$ ,  $I_{с.р}$ ,  $kч$ ,  $t_{с.з}$  и согласование защит отдельных элементов по времени срабатывания МТЗ с независимой характеристикой от коротких замыканий. 13. Принцип действия, схемное исполнение, расчёт  $I_{с.з}$ ,  $I_{с.р}$ ,  $kч$ ,  $t_{с.з}$  и согласование защит отдельных элементов по времени срабатывания МТЗ с зависимой характеристикой от коротких замыканий. 14. МТЗ с пуском (блокировкой) от реле минимального напряжения. Назначение пуска и его схемное исполнение. Расчёт  $I_{с.з}$  и  $I_{с.р}$ ,  $U_{с.з}$  и  $U_{с.р}$ , проверка  $kч$ . 15. МТЗ с комбинированным пуском по напряжению. Назначение пуска и его схемное исполнение. Расчёт  $I_{с.з}$  и  $I_{с.р}$ ,  $U_{с.з}$  и  $U_{с.р}$ , проверка  $kч$ . 16. Назначение, принцип выполнения и схемное исполнение направленной МТЗ. 17. Расчёт тока и времени срабатывания, мертвая зона направленной МТЗ. 18. Устройство и принцип действия, векторная диаграмма и уравнение для  $M_{вр}$ , внутренний угол и угол максимальной чувствительности индукционного реле направления мощности. 19. Схемы включения реле направления мощности и предъявляемые к ним требования. 20. Назначение, принцип действия, схемное исполнение, расчёт тока срабатывания, определение зоны действия и времени срабатывания мгновенной селективной токовой отсечки. 21. Назначение, принцип действия, схемное исполнение, расчёт тока срабатывания и времени срабатывания мгновенной неселективной токовой отсечки. 22. Назначение, принцип действия, схемное исполнение, расчёт тока и времени срабатывания токовой отсечки с выдержкой времени. Ступенчатые токовые защиты. 23. Принцип действия, схемное исполнение, расчёт тока и времени срабатывания МТЗ нулевой последовательности в сетях с большим током однофазного замыкания. 24. Назначение, принцип действия, схемное исполнение и расчёт мгновенных и с выдержкой времени токовых отсечек нулевой последовательности. Ступенчатые токовые защиты нулевой последовательности. 25. Особенности однофазных замыканий и действия защит в сетях с изолированными и компенсированными нейтралями. 26. Неселективная защита (сигнализация), способы ее схемного выполнения. 27. Селективная защита от однофазных замыканий в компенсированных сетях, реагирующая на высшие гармоники емкостного тока. 28. Селективная защита в сетях с малым током однофазного замыкания, реагирующая на величину естественного емкостного тока однофазного замыкания, расчёт  $I_{с.з}$  и проверка  $kч$ . 29. Трансформатор тока нулевой последовательности. Селективная защита, реагирующая на направление естественного емкостного тока однофазного замыкания. 30. Дистанционная защита (ДЗ). Назначение, принцип действия, особенности выполнения. Схема и временные характеристики трехступенчатой ДЗ ЛЭП (назначение элементов схемы, их выполнение). 31. Принцип выполнения реле сопротивления. Схемы ненаправленных и направленных реле сопротивления на балансе напряжений. Характеристика срабатывания и ток точной работы реле сопротивления. 32. Схемы включения реле сопротивления в дистанционных защитах. Причины, искажающие замеры реле сопротивления, и их влияние на работу дистанционных защит. 33. Расчёт дистанционной защиты (на примере трехступенчатой



дистанционной защиты ЛЭП). Определение  $Z_{сз}$  и  $t_{сз}$  для отдельных ступеней, проверка Кч. 34. Принцип действия, назначение и область применения продольной дифференциальной защиты. 35. Определение тока срабатывания и коэффициента чувствительности продольной дифференциальной защиты. 36. Ток небаланса продольной дифференциальной защиты и способы его уменьшения. 37. Реле с быстронасыщающимися трансформаторами (БНТ) и с торможением, назначение и выполнение реле типа РНТ-565 и ДЗТ-11. 38. Назначение, область применения и виды высокочастотных защит, принцип обмена информацией по ВЧ каналам связи. 39. Назначение, принцип действия, схемное исполнение и работа в различных режимах направленной защиты с высокочастотной блокировкой. 40. Назначение, принцип действия, схемное исполнение и работа в различных режимах дифференциально-фазной высокочастотной защиты. Искажение фаз сравниваемых токов, фазовая характеристика. 41. Принцип действия, область применения, мертвая зона поперечной дифференциальной защиты ЛЭП. Расчёт тока срабатывания и коэффициента чувствительности защиты. 42. Назначение, область применения, способы выполнения продольной дифзащиты для генераторов различной мощности. 43. Расчёт дифзащиты генераторов с реле РНТ-565 и с реле типа ДЗТ-11. 44. Назначение, принцип действия, область применения, схемное исполнение и расчёт поперечной дифзащиты генераторов. 45. Защита от замыканий на землю обмотки статора генератора, работающего на сборные шины. Назначение, схемное исполнение и расчёт тока и времени срабатывания. 46. Назначение, принцип действия, исполнение ТНП с подмагничиванием. 47. Назначение, область применения, схемное исполнение, расчёт тока, напряжения и времени срабатывания, определение коэффициента чувствительности МТЗ с пуском (блокировкой) по напряжению генераторов. 48. Защиты ротора генератора от замыканий на землю: контроль изоляции цепей возбуждения, принцип выполнения защиты от замыкания на землю в одной точке (КЗР-3), принцип выполнения и схемное исполнение защиты от замыкания на землю в двух точках обмотки возбуждения (КЗР-2). 49. Защиты ротора генератора от перегрузки током возбуждения. Схемное исполнение и расчёт защиты, реагирующей на напряжение УРОТ, блок-схема и параметры срабатывания отдельных органов защиты типа РЗР-1. 50. Назначение, область применения, особенности выполнения дифференциальной защиты трансформаторов. 51. Расчёт дифференциальной защиты трансформаторов с реле РНТ-565 и с реле ДЗТ-11. 52. Газовая защита трансформаторов. Назначение, принцип действия, особенности выполнения, типы газовых реле, конструкция газового реле типа РГЧЗ-66. 53. Токовая отсечка трансформаторов. Назначение, способы выполнения, расчёт тока срабатывания, определение коэффициента чувствительности. 54. Назначение, способы выполнения МТЗ трансформаторов, расчёт тока, напряжения и времени срабатывания, определение коэффициента чувствительности. 55. Особенности выполнения и действия дифзащит блоков генератор - трансформатор. Принципы выбора тока срабатывания дифзащит блоков. 56. Особенности выполнения и действия МТЗ блоков генератор - трансформатор. Принципы выбора тока и времени срабатывания МТЗ блоков. 57. Особенности выполнения, действия и расчёта защит от замыканий на землю в обмотке статора блочных генераторов: защита с реле типа РНН-57, защита без зоны нечувствительности типа ЗЗГ-1. 58. Защиты блоков генератор-трансформатор: от замыканий на землю на стороне высшего напряжения, от повышения напряжения, от асинхронного режима, от симметричных КЗ в обмотке статора с помощью реле сопротивления. 59. Способы выполнения и расчёта защит электродвигателей от

междуфазных замыканий в виде продольной дифзащиты и токовой отсечки. 60. Способы выполнения и расчёта защит электродвигателей от замыканий на землю и перегрузок в зависимости от мощности и напряжения электродвигателя. 61. Защиты электродвигателей от понижения напряжения и от асинхронного режима синхронных электродвигателей. Защита низковольтных электродвигателей. 62. Принцип действия, схемное исполнение и расчёт полной дифференциальной защиты сборных шин. Контроль исправности токовых цепей. 63. Принцип действия, схемное исполнение и расчёт неполной дифференциальной защиты сборных шин. 64. Резервирование действия релейных защит и отключения выключателей. Дальнее и ближнее резервирование, УРОВ и особенности их выполнения с различными пусковыми органами (токовыми и напряженческими). 65. Микропроцессорные устройства защиты. Структура микропроцессорных устройств защиты, функции основных узлов. Преимущества микропроцессорных устройств защиты. LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3.3. Курсовой проект

Примерный перечень тем

1. Проектирование релейной защиты и автоматики элементов подстанции 110/10 кВ
2. Защита и автоматика элементов понижающей подстанции
3. Выбор и определение параметров срабатывания устройств защиты и автоматики элементов энергосистемы

### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-38	У-8 У-10 П-7	Курсовой проект