ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Средства защиты и автоматики электроэнергетических систем

Код модуля	**Модуль**
1160251(1)	Средства защиты и автоматики 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 Средства защиты и автоматики электроэнергетических систем

1.	**Объем дисциплины в зачетных единицах**	10	
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 Средства защиты и автоматики 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-7 -Способен применять знания о назначении и требованиях к устройствам релейной защиты и автоматики энергосистем, в том числе к микропроцессорным, о принципах выполнения и алгоритмах функционирования	З-30 - Описывать назначение, принципы выполнения устройств релейной защиты для различных элементов электроэнергетических систем З-31 - Характеризовать область применения конкретных устройств релейной защиты З-32 - Описывать современные элементные базы устройств релейной защиты З-33 - Описывать назначение, принципы выполнения	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

устройств релейной защиты и автоматики (РЗА)	устройств сетевой противоаварийной автоматики для различных элементов электроэнергетических систем З-34 - Характеризовать область применения конкретных устройств сетевой противоаварийной автоматики П-16 - Осуществлять обоснованный выбор устройств релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики электроэнергетических систем П-17 - Настраивать устройства релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики на расчётные значения рабочих параметров У-22 - Выбирать устройства релейной защиты для различных элементов электроэнергетических систем У-23 - Осуществлять расчёт установок для различных типов релейной защиты У-24 - Выбирать устройства сетевой противоаварийной автоматики для различных элементов электроэнергетических систем У-25 - Осуществлять расчёт установок для различных типов сетевой противоаварийной автоматики	
ПК-8 -Способен применять знания о назначении и принципах действия сложных защит (дифференциальных, дифференциально-фазных, защит с высокочастотной блокировкой)	З-17 - Описывать назначение, принципы выполнения устройств релейной защиты для различных элементов электроэнергетических систем З-18 - Характеризовать область применения конкретных устройств релейной защиты З-19 - Описывать современные элементные базы устройств релейной защиты З-20 - Описывать назначение, принципы выполнения устройств сетевой противоаварийной автоматики для различных элементов электроэнергетических систем	Лекции Практические/семинарские занятия Расчетная работа № 2 Экзамен

	З-21 - Характеризовать область применения конкретных устройств сетевой противоаварийной автоматики П-10 - Осуществлять обоснованный выбор устройств релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики электроэнергетических систем П-11 - Настраивать устройства релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики на расчётные значения рабочих параметров У-14 - Выбирать устройства релейной защиты для различных элементов электроэнергетических систем У-15 - Осуществлять расчёт установок для различных типов релейной защиты У-16 - Выбирать устройства сетевой противоаварийной автоматики для различных элементов электроэнергетических систем У-17 - Осуществлять расчёт установок для различных типов сетевой противоаварийной автоматики	
ПК-9 -Способен рассчитывать схемы и элементы, определять параметры срабатывания устройств защиты и автоматики электроэнергетических объектов, оценивать правильность выбора проектируемых устройств	З-36 - Описывать назначение, принципы выполнения устройств релейной защиты для различных элементов электроэнергетических систем З-37 - Характеризовать область применения конкретных устройств релейной защиты З-38 - Описывать современные элементные базы устройств релейной защиты З-39 - Описывать назначение, принципы выполнения устройств сетевой противоаварийной автоматики для различных элементов электроэнергетических систем З-40 - Характеризовать область применения конкретных устройств сетевой противоаварийной автоматики	Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Курсовой проект Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Расчетная работа № 1 Расчетная работа № 2 Экзамен

	П-19 - Осуществлять обоснованный выбор устройств релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики электроэнергетических систем П-20 - Настраивать устройства релейной защиты и сетевой противоаварийной автоматики на расчётные значения рабочих параметров У-28 - Выбирать устройства релейной защиты для различных элементов электроэнергетических систем У-29 - Осуществлять расчёт установок для различных типов релейной защиты У-30 - Выбирать устройства сетевой противоаварийной автоматики для различных элементов электроэнергетических систем У-31 - Осуществлять расчёт установок для различных типов сетевой противоаварийной автоматики	

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**
контрольная работа	1,7	*20*
контрольная работа	1,12	*20*
расчетная работа	1,9	*30*
расчетная работа	1,15	*30*
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен **Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6**		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.2		

Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Выполнение заданий на практических занятиях	1,16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет **Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено**		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.2		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	**Сроки – семестр, учебная неделя**	**Максимальная оценка в баллах**
Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	1,16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет **Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено**		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	**Сроки – семестр, учебная неделя**	**Максимальная оценка в баллах**
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет **Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено**		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

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

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.65

Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
контрольная работа	2,6	*35*
контрольная работа	2,7	*35*
Работа на лекциях	2,7	*30*
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет **Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6**		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.1		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	**Сроки – семестр, учебная неделя**	**Максимальная оценка в баллах**
Выполнение заданий на практических занятиях	2,7	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет **Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено**		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.25		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	**Сроки – семестр, учебная неделя**	**Максимальная оценка в баллах**
Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	2,7	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет **Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено**		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	**Сроки – семестр, учебная неделя**	**Максимальная оценка в баллах**
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет **Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено**		

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	2,7	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 обучения (выполненное оценочное задание)**	**Шкала оценивания**	
		Традиционная характеристика уровня	**Качественная характеристика уровня**

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 (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

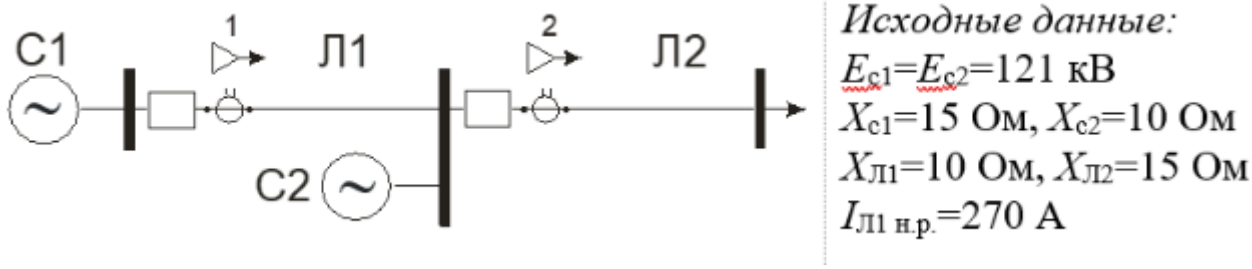
Примерные задания

1. Рассчитать уставки токовых отсечек №1 и №2 в составе защит ЛЭП.

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

Исходные данные:
$E_{c1}=E_{c2}=150$ кВ
$X_{c1}=10$ Ом, $X_{c2}=15$ Ом
$x_{Л}=20$ Ом

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, Uk(%)=10.5%, РПН +/- 9*1,78%

2) 'система: Ес_макс=123 кВ, Ес_мин=118 кВ, Хс_макс=5 Ом, Хс_мин=8 Ом

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

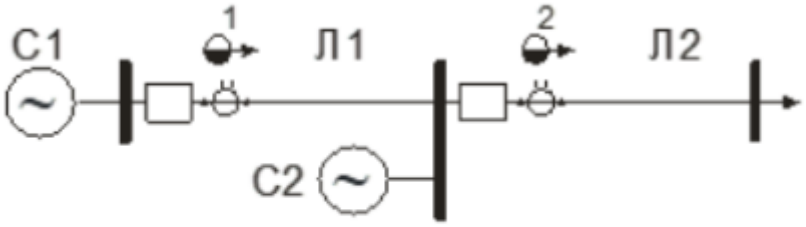
5.2.1. Контрольная работа № 1

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
$I_{Л1\ н.р.}=320$ А
$I_{Л1\ макс.}=400$ А
$I_{Л1\ н.р.}=250$ А
$I_{Л1\ макс.}=325$ А
$t_{согл.2}=0{,}5$ с

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

LMS-платформа − не предусмотрена

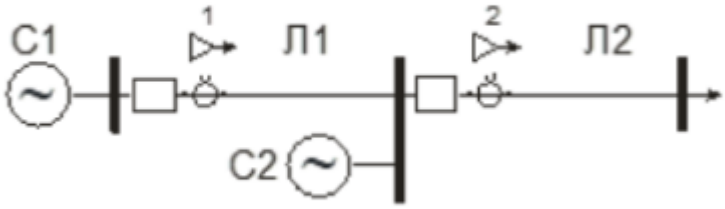
5.2.2. Контрольная работа № 2

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
$I_{Л1\ н.р.}=250$ А (макс.)
$I_{Л2\ н.р.}=200$ А (макс.)
$t_{внеш}=2$ 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

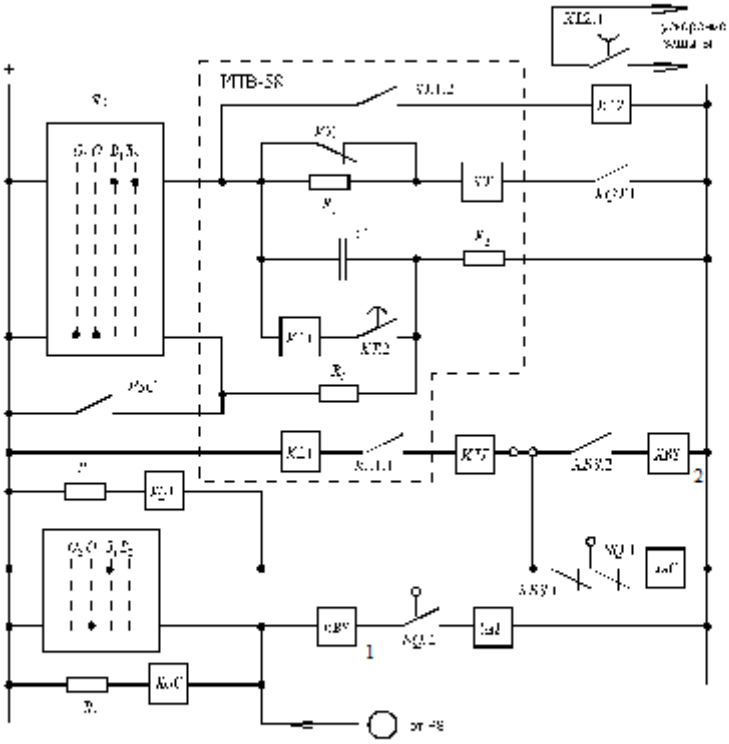


Рис. 1.1. Схема АПВ однократного действия

3. Указать область применения НАПВ
4. Рассчитать уставку $t_{с.а.}$ однократного АПВ ВЛ 110 кВ. $t_{с.а.}$=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

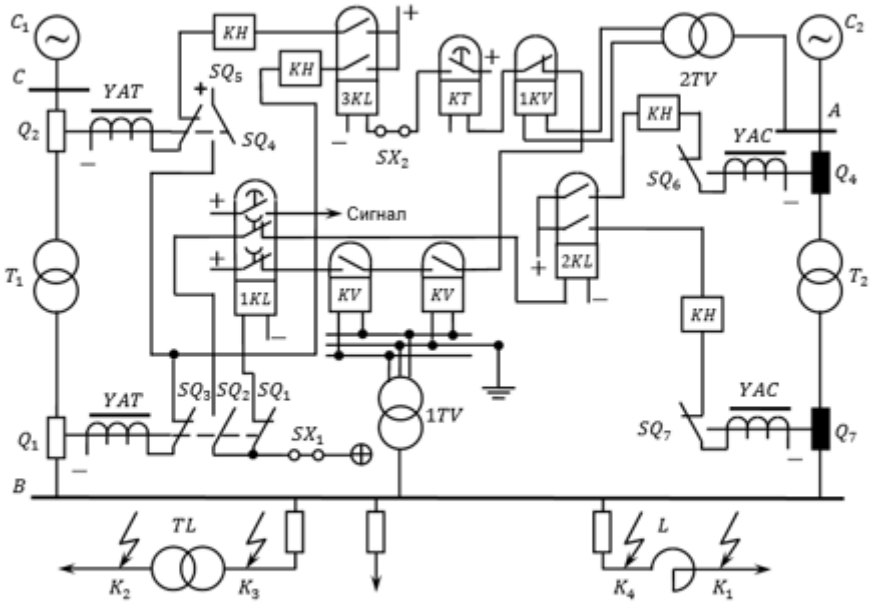


Рис. 14. Схема АВР силового трансформатора собственных нужд
(схема в состоянии готовности к работе, т.е. Q1 и Q2 включены,а Q3 и Q4 отключены)

3. Указать область применения АВР
4. Рассчитать уставку $t_{с.а.}$ АВР секционного выключателя 10 кВ. $t_{с.з.(СВ)}$=0,6 с.
5. Указать виды устройств РЗиА, 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

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 и в таблице 1.

Таблица 1 – Исходная информация

Эквиваленты энергосистемы Система (U_ном=35 кВ)

S_кз=1000 МВА,E_C=1,05·U_ном

Линии электропередачи Л1, Л2, Л3 – ВЛ 35 кВ

Л1 – АС-120, □r_0=0,244 Ом/км,х□_0=0.414 Ом/км,l=7,5 км

Л2 – АС-70, □r_0=0,422 Ом/км,х□_0=0.432 Ом/км,l=3,2 км

Л3 – АС-120, □r_0=0,244 Ом/км,х□_0=0.414 Ом/км,l=4,5 км

Трансформаторы 35/6(10) кВ Т1 – ТМН – 2500/35/6,3, u_(к%)=6,5%,ΔР_К=26,0 кВт

Т2 – ТМН – 6300/35/11, u_(к%)=7,5%,ΔР_К=46,5 кВт

Трансформаторы /6(10)/0,4 кВ Т3 – ТМ – 1000/6/0,4, u_(к%)=5,5%,ΔР_КЗ=12,2 кВт

Т4 – ТМ – 630/6/0,4, u_(к%)=5,5%,ΔР_КЗ=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

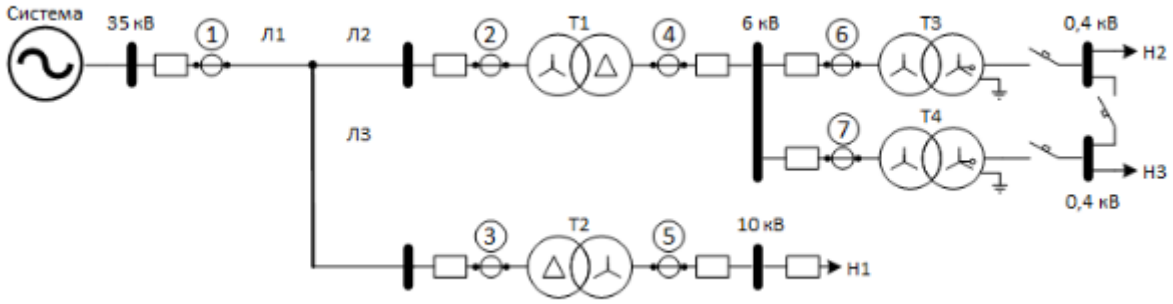
При выполнении работы необходимо:

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

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

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

LMS-платформа − не предусмотрена

5.3.2. Экзамен

Список примерных вопросов

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 kcx 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 Iс.з, Iс.р, kч, tс.з и согласование защит отдельных элементов по времени срабатывания МТЗ с независимой характеристикой от коротких замыканий

13. Принцип действия, схемное исполнение, расчёт Iс.з, Iс.р, kч, tс.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 Iс.з и Iс.р, Uс.з и Uс.р, проверка kч.

15. МТЗ с комбинированным пуском по напряжению. Назначение пуска и его схемное исполнение. Расчёт Iс.з и Iс.р, Uс.з и Uс.р, проверка Кч.

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 Мвр, 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 Iс.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 Zсз и tсз 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. ок 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 UРОТ, 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-9	У-28 У-30 П-19	Курсовой проект Расчетная работа № 1 Расчетная работа № 2