

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор/Декан  
института механики и энергетики  
Аникуев Сергей Викторович

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ)**

**Б1.В.09 Эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики**

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Электроснабжение

магистр

очная

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-3 Способностью выполнять и организовывать работы по ремонту и техническому обслуживанию систем автоматического управления и релейной защиты объектов электроэнергетики, осуществлять мероприятия по модернизации систем релейной защиты и автоматики	ПК-3.1 Организация и выполнение работ по техническому сопровождению оперативной эксплуатации устройств и комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики в системах электроснабжения	<b>знает</b> нормативную документацию по организации технических работ в комплексах релейной защиты и автоматики
		<b>умеет</b> использовать нормативную документацию по эксплуатации комплексов релейной защиты и автоматики
		<b>владеет навыками</b> навыками составления планов при оперативной эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения
ПК-3 Способностью выполнять и организовывать работы по ремонту и техническому обслуживанию систем автоматического управления и релейной защиты объектов электроэнергетики, осуществлять мероприятия по модернизации систем релейной защиты и автоматики	ПК-3.2 Организация и выполнение работ по техническому обслуживанию устройств и комплексов релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения	<b>знает</b> Нормативную документацию по техническому обслуживанию устройств релейной защиты и автоматики
		<b>умеет</b> применять нормативную документацию и планировать работы по техническому обслуживанию устройств релейной защиты и автоматики
		<b>владеет навыками</b> Навыками выполнения работ по техническому обслуживанию устройств и комплексов релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения
ПК-3 Способностью выполнять и организовывать работы по ремонту и техническому обслуживанию систем автоматического управления и релейной	ПК-3.3 Управление деятельностью по сопровождению эксплуатации устройств и	<b>знает</b> принципы организации работ персонала при эксплуатации комплексов релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения
		<b>умеет</b> организовать работу коллектива при эксплуатации комплексов релейной защиты и автоматики

защиты объектов электроэнергетики, осуществлять мероприятия по модернизации систем релейной защиты и автоматики	комплексов релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения	<b>владеет навыками</b> Навыками составления документации при эксплуатации комплексов релейной защиты и автоматики
ПК-3 Способностью выполнять и организовывать работы по ремонту и техническому обслуживанию систем автоматического управления и релейной защиты объектов электроэнергетики, осуществлять мероприятия по модернизации систем релейной защиты и автоматики	ПК-3.4 Управление деятельностью по техническому обслуживанию устройств и комплексов релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения	<b>знает</b> принципы организации работы персонала при техническом обслуживании комплексов релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения
		<b>умеет</b> организовать работу коллектива при техническом обслуживании комплексов релейной защиты и автоматики
		<b>владеет навыками</b> навыками составления и ведения документации при технического обслуживании комплексов релейной защиты и автоматики
ПК-3 Способностью выполнять и организовывать работы по ремонту и техническому обслуживанию систем автоматического управления и релейной защиты объектов электроэнергетики, осуществлять мероприятия по модернизации систем релейной защиты и автоматики	ПК-3.5 Управление деятельностью по техническому перевооружению и реконструкции и устройств и комплексов релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения	<b>знает</b> Знать: принципы организации работ персонала при реконструкции систем релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения
		<b>умеет</b> организовать работу коллектива при реконструкции комплексов релейной защиты и автоматики
		<b>владеет навыками</b> Навыками составления документации при реконструкции и техническому перевооружению комплексов релейной защиты и автоматики

## 2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики			

1.1.	Нормативно-правовая база эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики	2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5	Устный опрос, Задачи
1.2.	Выполнение работ по проверке первичных преобразователей	2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5	Устный опрос, Задачи
1.3.	Выполнение работ по проверке электромеханических реле и реле на микроэлектронной базе	2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5	Устный опрос, Задачи
1.4.	Приборы для проверки реле	2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5	Устный опрос, Задачи
1.5.	Выполнение проверок микропроцессорных устройств релейной защиты автоматики	2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5	Устный опрос, Задачи
1.6.	Основы схемотехники устройств релейной защиты и автоматики	2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5	Устный опрос, Задачи
1.7.	Экзамен	2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5	
Промежуточная аттестация				Эк

### 3. Оценочные средства (оценочные материалы)

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде (Оценочные материалы)
<b>Текущий контроль</b>			
<b>Для оценки знаний</b>			
1	Устный опрос	Средство контроля знаний студентов, способствующее установлению непосредственного контакта между преподавателем и студентом, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных особенностей усвоения студентами учебного материала.	Перечень вопросов для устного опроса
<b>Для оценки умений</b>			
<b>Для оценки навыков</b>			
<b>Промежуточная аттестация</b>			

2	Экзамен	Средство контроля усвоения учебного материала и формирования компетенций, организованное в виде беседы по билетам с целью проверки степени и качества усвоения изучаемого материала, определить необходимость введения изменений в содержание и методы обучения.	Комплект экзаменационных билетов
---	---------	--	----------------------------------

**4. Примерный фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) "Эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики"**

*Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости*

*Примерные оценочные материалы  
для проведения промежуточной аттестации (зачет, экзамен)  
по итогам освоения дисциплины (модуля)*

Типовые вопросы для сдачи контрольных точек.

- 1 Назначение трансформатора тока и какими параметрами он характеризуется? Что означает буква «Р», присутствующая в обозначении ТА?
- 2 Зачем и как можно проверить маркировку зажимов трансформатора тока?
- 3 Приведите схему замещения трансформатора тока, какой параметр этой схемы и как влияет на его погрешность?
- 4 Объясните влияние короткозамкнутого витка во вторичной обмотке трансформатора тока и в чем это проявляется?
- 5 Что понимается под 10%-ой погрешностью трансформатора тока? Поясните назначение кривых 10%-ой погрешности.
- 6 Каково назначение нейтрального провода в схеме полной звезды?
- 7 Что понимается под коэффициентом схемы и зависит ли он от вида короткого замыкания?
- 8 Что такое коэффициент схемы и почему его нужно учитывать при определении тока срабатывания реле?
- 9 Какие схемы соединения трансформаторов тока находят применение в сетях с изолированной нейтралью. Чему равны их коэффициенты схемы при различных КЗ?
- 10 Какие схемы соединения обмоток трансформаторов тока используются в защитах от многофазных КЗ?
- 11 Какие схемы соединения ТА используются для защиты трехфазных силовых трансформаторов и почему?
- 12 Какая схема соединения ТА преимущественно используется для защиты асинхронных двигателе и чему равен коэффициент  $k_{сх}$  этой схемы для разных видов КЗ?
- 13 Какие схемы и почему для целей защиты нельзя использовать?
- 14 Назначение токовой защиты, ее типовая структура и как она функционирует.
- 15 Что понимается под постоянным оперативным током и варианты его получения?
- 16 Что понимается под основной и резервной зонам работы токовой защиты?
- 17 Какими параметрами оценивается эффективность использования токовой защиты и их минимально допустимые значения?
- 18 Какие технические решения используются во вторичных токовых измерительных органах?
- 19 Как выбираются уставки ступеней токовой защиты?
- 20 Чем отличается первичный и вторичный токи срабатывания токовых защит?

- 21 Что понимается под зоной действия токовой отсечки и от чего она зависит?
- 22 Какой параметр ИОТ сказывается на выборе уставки токовых защит?
- 23 Как оценивается чувствительность ступеней токовых защит?
- 24 Какие соединения трансформаторов тока используются в токовых защитах линий 6–35 кВ и на линиях в сетях с заземленной нейтралью?
- 25 Какие технические средства используются для реализации выдержки времени в защитах на постоянном оперативном токе?
- 26 Каким образом создается выдержка времени в реле времени при его электромеханической и электронной реализации?
- 27 Что понимается по ступенью выдержки времени и какие типовые значения они могут принимать?
- 28 Как по времени согласуются между собой защиты с независимой и зависимой выдержками времени?
- 29 Какие электромагнитные реле относятся к категории вспомогательных реле? Каково их назначение?
- 30 Каковы конструктивные особенности отличительные особенности промежуточных реле постоянного и переменного тока?
- 31 Обоснуйте необходимость работы вспомогательных реле при сниженном напряжении оперативного тока. При каком уровне снижения напряжения должны быть обеспечена четкая работа вспомогательных реле?
- 32 Если требуется установить время действия 1 с при минимально возможном разбросе, какое реле целесообразно использовать: со шкалой 0,–1,3 с или со шкалой 0,5–9 с?
- 33 Приведите схему испытания токового реле и как выполняется проверка работы реле и оценка точности его работы на выставленной уставке?
- 34 Приведите схему испытания реле времени и как выполняется проверка его работы и оценка точности его работы на выставленной уставке?
- 35 Виды однофазных замыканий на землю в энергосистемах.
- 36 Работа сети с заземленной нейтралью
- 37 Работа сети с изолированной и компенсированной нейтралью.
- 38 Какими мероприятиями обеспечивается направленность токовой защиты нулевой последовательности
- 39 Как выбираются уставки защиты от однофазных коротких замыканий.
- 40 Понятие переходного сопротивления при коротких замыканиях и его влияние на работу токовой защиты нулевой последовательности.
- 41 Понятие угол максимальной чувствительности для реле направления мощности.
- 42 Процессы в электроэнергетических сетях, осложняющие работу токовых защит от однофазных коротких замыканий на землю.
- 43 Защиты в сетях с изолированной нейтралью от однофазных замыканий на землю.
- 44 Защит от однофазных замыканий на землю по току нулевой последовательности.
- 45 Защит от однофазных замыканий на землю по напряжению нулевой последовательности.
- 46 Защит от однофазных замыканий на землю по высшим гармоникам напряжения нулевой последовательности.
- 47 Резистивное заземление нейтрали.
- 48 Способы поиска однофазных замыканий на землю на воздушных линиях 6–20 кВ.
- 49 Принцип действия и назначение дистанционной защиты.
- 50 Измерительные органы дистанционной защиты
- 51 Реле сопротивления и их характеристики.
- 52 Какими мероприятиями обеспечивается направленность дистанционной защиты
- 53 Как выбираются уставки дистанционной защиты.
- 54 Понятие переходного сопротивления при коротких замыканиях и его влияние на работу дистанционной защиты.
- 55 Понятие угол максимальной чувствительности для дистанционной защиты.
- 56 Процессы в электроэнергетических сетях, осложняющие работу дистанционной защиты.
- 57 Устройство блокировки от качаний.

- 58 Признаки возникновения коротких замыканий на линии электропередач.
- 59 Принципы определения расстояния до места повреждений на линиях электропередач.
- 60 Понятие угол линии и его применение в дистанционной защите.
- 61 Обеспечение селективности ступеней дистанционных защит.
- 62 Понятие первичного и вторичного сопротивлений измерительных органов дистанционных защит.
- 63 Что такое угол максимальной чувствительности?
- 64 С какой целью указывается маркировка однополярных выводов обмоток реле?
- 65 Как следует включить в трехфазную цепь потенциометр и реле, если при отсутствии фазорегулятора необходимо получить угол сдвига между векторами тока  $I_p$  и напряжения  $U_p$
- 66 Будет ли срабатывать реле мощности при трехфазном металлическом КЗ в начале защищаемой линии?
- 67 Что такое самоход у реле мощности, его причина и к чему самоход может привести?
- 68 Пояснить работу статического реле направления мощности и в чем его преимущество перед электромеханическим?
- 69 В каких случаях приходится прибегать к НМЗ и какие имеются особенности выполнения этих защит в сетях с глухозаземленной нейтралью?
- 70 Типы защит двигателей.
- 71 Особенности работы и пуска асинхронных электродвигателей.
- 72 Требования к защитам двигателей.
- 73 Принципы построения дифференциальной защиты двигателей.
- 74 Защита от замыканий в обмотках.
- 75 Максимальная токовая защита двигателя.
- 76 Защита от работы в неполнофазном режиме.
- 77 Простейшая защита на разность токов двух фаз.
- 78 Особенности выполнения защиты синхронного двигателя от асинхронного хода.
- 79 Защита двигателя от перегрузок.
- 80 Защита от замыкания на землю.
- 81 Защита от токов обратной последовательности.
- 82 Способы соединений обмоток двигателей
- 83 К каким типам защиты относится дифференциальная защита трансформатора и в чем ее особенности?
- 84 Что понимается под дифференциальной ветвью дифзащиты, как определяется ток при повреждении в зоне действия защиты и вне ее при: а) питании точки КЗ с одной стороны; б) при питании точки КЗ от двух источников напряжения.
- 85 Какие имеются особенности схем соединения вторичных цепей ТА, когда одна из обмоток силового трансформатора соединена в  $\Delta$ , а другая в звезду и почему так необходимо делать?
- 86 От чего необходимо отстраивать дифзащиту трансформатора?
- 87 Что понимается под быстронасыщающимся трансформатором и какие функции он выполняет?
- 88 Какие реле вы знаете и в чем их особенности?
- 89 Как настроить реле типа РНТ-565 на заданный ток срабатывания и чему равны у этого реле ампервитки срабатывания?
- 90 Назначение уравнильных обмоток в реле типа РНТ-565.
- 91 Можно ли в реле использовать уравнильные обмотки без дифференциальных?
- 92 Что понимается под коэффициентом чувствительности реле типа РНТ-565?

Типовые практико-ориентированные задачи для сдачи контрольных точек

#### Задача 1

Линейное напряжение в сети равно 110 кВ, удельные сопротивления фазы линии XL, мощность короткого замыкания  $S_{кз}$ , длина линии L. Двухфазное металлическое короткое замыкание происходит на конце линии, рассчитать величины токов короткого замыкания, при этом принять

сопротивление прямой и обратной последовательности линии, прямой и обратной последовательности системы одинаковыми. Построить качественные векторные диаграммы токов и напряжений в начале линии.

$$XL=0,4 \text{ Ом/км}, S_{кз} = 200 \text{ МВа}, L=35 \text{ км}.$$

#### Задача 2

Линейное напряжение в сети равно 110 кВ, удельные сопротивления фазы линии  $X_L$ , мощность короткого замыкания  $S_{кз}$ , длина линии  $L$ . Однофазное металлическое короткое замыкание происходит на конце линии, рассчитать величины токов короткого замыкания, при этом принять сопротивление прямой и обратной последовательности линии одинаковыми, сопротивление нулевой последовательности  $3X_L$ , прямой, обратной и нулевой последовательности системы одинаковыми. Построить качественные векторные диаграммы токов и напряжений в начале линии.

$$XL=0,4 \text{ Ом/км}, S_{кз} = 200 \text{ МВа}, L=35 \text{ км}.$$

#### Задача 3

Для кабельной линии электропередач, изображенной на рисунке, выбрать уставки ТО и МТЗ для комплекте защиты АК, длина линии  $L$ , сечение линии  $S$ , индуктивное сопротивление  $X_L=0,08$  Ом/км, коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз}=2,5$ ,  $K_n = 1,2$ ,  $K_v=0,95$ ,  $K_{отс}=1,1$   $\rho_{ж}=0,027$  мкОм·м,  $\tau_{кр}=0,004$ .

$$L=6 \text{ км}, S=75 \text{ мм}^2, S_{кз\text{мин}}=80 \text{ МВА } S_{кз\text{макс}}=120 \text{ МВА } U_{ном}=10 \text{ кВ}, S_H = 1.5 \text{ МВа}.$$

#### Задача 4

Выбрать уставки дифференциальной защиты с торможением на реле типа ДЗТ-11 для силового понижающего трансформатора номинальной мощностью  $S_H$ , с первичным напряжением  $U_{вн}$ , вторичным напряжением  $U_{нн}$ , диапазон регулирования РПН  $\Delta u$ , ток короткого замыкания за трансформатором, приведенный к стороне ВН в максимальном режиме  $I(3)_{кз\text{макс}}$ , минимальном режиме  $I(2)_{кз\text{мин}}$ , обмотки трансформатра соединены по слеме звезда-треугольник (11);  $K_{зап}=1,5$ ,  $K_{апс} = 1$ ,  $K_{отс} = 1,5$ ,  $\varepsilon=0,1$ ,  $\text{tg}\alpha=0.7$ ,  $K_{одн} = 1$ ,

$$S_H=63 \text{ МВа}, U_{вн} = 115 \text{ кВ}, U_{нн} = 11 \text{ кВ}, \Delta u = 12 \%, I(3)_{кз\text{макс}} = 2500, I(2)_{кз\text{мин}} = 2000 \text{ А}.$$

#### Задача 5

Рассчитать уставки максимальной токовой защиты трансформатора с параметрами  $S_H$ ,  $U_{вн}$ ,  $U_{нн}$ ,  $P_{хх}$ ,  $P_{кз}$ ,  $U_k$ ,  $I_{хх}$ . сопротивление питающей системы  $X_s$ , коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз}$ , коэффициент надежности  $R_{нд}=1,2$ ,  $K_v=0,95$ , максимальное время выдержки фидера  $t_f$

$$S_H = 63 \text{ МВа}, U_{вн} = 115 \text{ кВ}, U_{нн} = 11 \text{ кВ}, P_{хх} = 70 \text{ кВт}, P_{кз} = 250 \text{ кВт}, \\ U_k = 10,5 \%, I_{хх} = 0,6\%, X_s = 10 \text{ Ом}, K_{сз} = 1,5, t_f = 0,9 \text{ с}.$$

#### Задача 6

Рассчитать уставки дистанционной защиты для 1, 2 и 3 ступени комплекта АК1 при следующих параметрах линий и системы: сопротивление системы 1 и 2 в максимальном и минимальном режиме, соответственно  $X_{S1\text{макс}}$  и  $X_{S1\text{мин}}$ ,  $X_{S2\text{макс}}$  и  $X_{S2\text{мин}}$ , индуктивное сопротивление трансформатора  $X_{T1}$ , максимальный рабочий ток в линии  $I_{л1}$   $I_{л\text{макс}}$ , сопротивление первой, второй и третьей линии, соответственно  $X_{Л1}$ ,  $X_{Л2}$ ,  $X_{Л3}$ . Номинальное напряжение сети в минимальном и максимальном режиме не различаются. Коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз}=1,5$ ,

$K_n = 1,1$ ,  $K_v = 1,05$ , угол максимальной чувствительности реле сопротивления  $\varphi_{мч} = 65^\circ$ ,  $\varphi_{раб} = 30^\circ$ . При расчете активным сопротивлением трансформатора, системы и линий пренебречь, уставки по активному сопротивлению принять как  $0,75 X_{уст}$ , коэффициент трансформации ТТ пТ.

$n_T = 600/5$ ,  $X_{S1max} = 6 \text{ Ом}$ ,  $X_{S1min} = 8 \text{ Ом}$ ,  $X_{S2max} = 20 \text{ Ом}$ ,  $X_{S2min} = 26 \text{ Ом}$ ,  $I_{1max} = 400 \text{ А}$ ,  $X_{Л1} = 25 \text{ Ом}$ ,  $X_{Л2} = 10 \text{ Ом}$ ,  $X_{Л3} = 12 \text{ Ом}$ ,  $X_{Т1} = 89 \text{ Ом}$

#### Задача 7

Линейное напряжение в сети равно 110 кВ, удельные сопротивления фазы линии XL, мощность короткого замыкания  $S_{кз}$ , длина линии L. Двухфазное металлическое короткое замыкание происходит на конце линии, рассчитать величины токов короткого замыкания, при этом принять сопротивление прямой и обратной последовательности линии, прямой и обратной последовательности системы одинаковыми. Построить качественные векторные диаграммы токов и напряжений в начале линии.

$X_L = 0,35 \text{ Ом/км}$ ,  $S_{кз} = 400 \text{ МВА}$ ,  $L = 15 \text{ км}$ .

#### Задача 8

Линейное напряжение в сети равно 110 кВ, удельные сопротивления фазы линии XL, мощность короткого замыкания  $S_{кз}$ , длина линии L. Однофазное металлическое короткое замыкание происходит на конце линии, рассчитать величины токов короткого замыкания, при этом принять сопротивление прямой и обратной последовательности линии одинаковыми, сопротивление нулевой последовательности  $2,5X_L$ , прямой, обратной и нулевой последовательности системы одинаковыми. Построить качественные векторные диаграммы токов и напряжений в начале линии.

$X_L = 0,35 \text{ Ом/км}$ ,  $S_{кз} = 300 \text{ МВА}$ ,  $L = 55 \text{ км}$ .

#### Задача 9

Для кабельной линии электропередач, изображенной на рисунке, выбрать уставки ТО и МТЗ для комплекта защиты АК, длина линии L, сечение линии S, индуктивное сопротивление  $X_L = 0,08 \text{ Ом/км}$ , коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз} = 2,5$ ,  $K_n = 1,2$ ,  $K_v = 0,95$ ,  $K_{отс} = 1,1$ ,  $r_{ж} = 0,027 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$ ,  $t_{кр} = 0,004$ .

$L = 10 \text{ км}$ ,  $S = 150 \text{ мм}^2$ ,  $S_{кзmin} = 90 \text{ МВА}$ ,  $S_{кзmax} = 120 \text{ МВА}$ ,  $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$ ,  $S_H = 2.5 \text{ МВА}$ .

#### Задача 10

Выбрать уставки дифференциальной защиты с торможением на реле типа ДЗТ-11 для силового понижающего трансформатора номинальной мощностью  $S_H$ , с первичным напряжением  $U_{вн}$ , вторичным напряжением  $U_{нн}$ , диапазон регулирования РПН  $\Delta u$ , ток короткого замыкания за трансформатором, приведенный к стороне ВН в максимальном режиме  $I(3)_{кзmax}$ , минимальном режиме  $I(2)_{кзmin}$ , обмотки трансформатора соединены по схеме звезда-треугольник (11);  $K_{зап} = 1,5$ ,  $K_{ап} = 1$ ,  $K_{отс} = 1,5$ ,  $\varepsilon = 0,1$ ,  $\text{tg}\alpha = 0,7$ ,  $K_{одн} = 1$ ,

$S_H = 25 \text{ МВА}$ ,  $U_{вн} = 115 \text{ кВ}$ ,  $U_{нн} = 11 \text{ кВ}$ ,  $\Delta u = 15 \%$ ,  $I(3)_{кзmax} = 1200$ ,  $I(2)_{кзmin} = 1000 \text{ А}$ .

#### Задача 11

Рассчитать уставки максимальной токовой защиты трансформатора с параметрами  $S_n$ ,  $U_{вн}$ ,  $U_{нн}$ ,  $P_{хх}$ ,  $P_{кз}$ ,  $U_k$ ,  $I_{хх}$ . сопротивление питающей системы  $X_s$ , коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз}$ , коэффициент надежности  $R_{нд}=1,2$ ,  $K_v=0,95$ , максимальное время выдержки фидера  $t_f$

$S_n = 63 \text{ МВА}$ ,  $U_{вн} = 115 \text{ кВ}$ ,  $U_{нн} = 11 \text{ кВ}$ ,  $P_{хх} = 70 \text{ кВт}$ ,  $P_{кз} = 250 \text{ кВт}$ ,  
 $U_k = 10,5 \%$ ,  $I_{хх} = 0,6\%$ ,  $X_s = 10 \text{ Ом}$ ,  $K_{сз} = 1,5$   $t_f = 1 \text{ с}$ .

#### Задача 12

Рассчитать уставки дистанционной защиты для 1, 2 и 3 ступени комплекта АК1 при следующих параметрах линий и системы: сопротивление системы 1 и 2 в максимальном и минимальном режиме, соответственно  $X_{S1max}$  и  $X_{S1min}$ ,  $X_{S2max}$  и  $X_{S2min}$ , индуктивное сопротивление трансформатора  $X_{T1}$ , максимальный рабочий ток в линии  $I_{л1}$   $I_{лmax}$ , сопротивление первой, второй и третьей линии, соответственно  $X_{Л1}$ ,  $X_{Л2}$ ,  $X_{Л3}$ . Номинальное напряжение сети в минимальном и максимальном режиме не различаются. Коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз} = 1,5$ ,  $K_n = 1,1$ ,  $K_v = 1,05$ , угол максимальной чувствительности реле сопротивления  $\varphi_{мч} = 65^\circ$ ,  $\varphi_{раб} = 30^\circ$ . При расчете активным сопротивлением трансформатора, системы и линий пренебречь, уставки по активному сопротивлению принять как  $0,75 X_{уст}$ , коэффициент трансформации ТТ  $n_T$ .

$n_T = 600/5$ ,  $X_{S1max} = 6 \text{ Ом}$ ,  $X_{S1min} = 8 \text{ Ом}$ ,  $X_{S2max} = 20 \text{ Ом}$ ,  $X_{S2min} = 26 \text{ Ом}$ ,  $I_{лmax} = 350 \text{ А}$ ,  
 $X_{Л1} = 15 \text{ Ом}$ ,  $X_{Л2} = 30 \text{ Ом}$ ,  $X_{Л3} = 25 \text{ Ом}$ ,  $X_{T1} = 24 \text{ Ом}$

#### Задача 13

Линейное напряжение в сети равно  $110 \text{ кВ}$ , удельные сопротивления фазы линии  $X_L$ , мощность короткого замыкания  $S_{кз}$ , длина линии  $L$ . Двухфазное металлическое короткое замыкание происходит на конце линии, рассчитать величины токов короткого замыкания, при этом принять сопротивление прямой и обратной последовательности линии, прямой и обратной последовательности системы одинаковыми. Построить качественные векторные диаграммы токов и напряжений в начале линии.

$X_L = 0,4 \text{ Ом/км}$ ,  $S_{кз} = 100 \text{ МВА}$ ,  $L = 60 \text{ км}$ .

#### Задача 14

Линейное напряжение в сети равно  $110 \text{ кВ}$ , удельные сопротивления фазы линии  $X_L$ , мощность короткого замыкания  $S_{кз}$ , длина линии  $L$ . Однофазное металлическое короткое замыкание происходит на конце линии, рассчитать величины токов короткого замыкания, при этом принять сопротивление прямой и обратной последовательности линии одинаковыми, сопротивление нулевой последовательности  $5X_L$ , прямой, обратной и нулевой последовательности системы одинаковыми. Построить качественные векторные диаграммы токов и напряжений в начале линии.

$X_L = 0,42 \text{ Ом/км}$ ,  $S_{кз} = 150 \text{ МВА}$ ,  $L = 35 \text{ км}$ .

#### Задача 15

Для кабельной линии электропередач, изображенной на рисунке, выбрать уставки ТО и МТЗ для комплекта защиты АК, длина линии  $L$ , сечение линии  $S$ , индуктивное сопротивление  $X_L = 0,08 \text{ Ом/км}$ , коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз} = 2,5$ ,  $K_n = 1,2$ ,  $K_v = 0,95$ ,  $K_{отс} = 1,1$   $r_{ж} = 0,027 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$ ,  $t_{кр} = 0,004$ .

$L = 8 \text{ км}$ ,  $S = 95 \text{ мм}^2$ ,  $S_{кзmin} = 100 \text{ МВА}$   $S_{кзmax} = 200 \text{ МВА}$   $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$ ,  $S_n = 1,0 \text{ МВА}$ .

#### Задача 16

Выбрать уставки дифференциальной защиты с торможением на реле типа ДЗТ-11 для силового понижающего трансформатора номинальной мощностью  $S_n$ , с первичным напряжением  $U_{вн}$ , вторичным напряжением  $U_{нн}$ , диапазон регулирования РПН  $\Delta u$ , ток короткого замыкания за трансформатором, приведенный к стороне ВН в максимальном режиме  $I(3)_{кзmax}$ , минимальном режиме  $I(2)_{кзmin}$ , обмотки трансформатора соединены по схеме звезда-треугольник (11);  $K_{зап}=1,5$ ,  $K_{ап} = 1$ ,  $K_{отс} = 1,5$ ,  $\varepsilon=0,1$ ,  $tg\alpha=0.7$ ,  $K_{одн} = 1$ ,

$$S_n=40 \text{ МВА}, U_{вн} = 115 \text{ кВ}, U_{нн} = 10,5 \text{ кВ}, \Delta u = 18 \%, I(3)_{кзmax} = 1800, I(2)_{кзmin} = 1400 \text{ А}.$$

#### Задача 17

Рассчитать уставки максимальной токовой защиты трансформатора с параметрами  $S_n$ ,  $U_{вн}$ ,  $U_{нн}$ ,  $R_{хх}$ ,  $R_{кз}$ ,  $U_k$ ,  $I_{хх}$ . сопротивление питающей системы  $X_s$ , коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз}$ , коэффициент надежности  $R_{нд}=1,2$ ,  $K_{в}=0,95$ , максимальное время выдержки фидера  $t_f$

$$S_n = 40 \text{ МВА}, U_{вн} = 115 \text{ кВ}, U_{нн} = 10500 \text{ кВ}, R_{хх} = 50 \text{ кВт}, R_{кз} = 160 \text{ кВт}, \\ U_k = 10,5 \%, I_{хх} = 0,6\%, X_s = 10 \text{ Ом}, K_{сз} = 1,5, t_f = 0,5 \text{ с}.$$

#### Задача 18

Рассчитать уставки дистанционной защиты для 1, 2 и 3 ступени комплекта АК1 при следующих параметрах линий и системы: сопротивление системы 1 и 2 в максимальном и минимальном режиме, соответственно  $X_{S1max}$  и  $X_{S1min}$ ,  $X_{S2max}$  и  $X_{S2min}$ , индуктивное сопротивление трансформатора  $X_{Т1}$ , максимальный рабочий ток в линии Л1  $I_{1max}$ , сопротивление первой, второй и третьей линии, соответственно  $X_{Л1}$ ,  $X_{Л2}$ ,  $X_{Л3}$ . Номинальное напряжение сети в минимальном и максимальном режиме не различаются. Коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз}=1,5$ ,  $K_n = 1,1$ ,  $K_{в}=1,05$ , угол максимальной чувствительности реле сопротивления  $\varphi_{мч}=65^\circ$ ,  $\varphi_{раб} = 30^\circ$ . При расчете активным сопротивлением трансформатора, системы и линий пренебречь, уставки по активному сопротивлению принять как  $0,75 X_{уст}$ , коэффициент трансформации ТТ  $n_T$ .

$$n_T = 600/5, X_{S1max} = 4 \text{ Ом}, X_{S1min} = 6 \text{ Ом}, X_{S2max} = 18 \text{ Ом}, X_{S2min} = 23 \text{ Ом}, I_{1max} = 300 \text{ А}, \\ X_{Л1} = 40 \text{ Ом}, X_{Л2} = 20 \text{ Ом}, X_{Л3} = 20 \text{ Ом}, X_{Т1} = 24 \text{ Ом}$$

#### Задача 19

Линейное напряжение в сети равно 110 кВ, удельные сопротивления фазы линии  $X_L$ , мощность короткого замыкания  $S_{кз}$ , длина линии  $L$ . Двухфазное металлическое короткое замыкание происходит на конце линии, рассчитать величины токов короткого замыкания, при этом принять сопротивление прямой и обратной последовательности линии, прямой и обратной последовательности системы одинаковыми. Построить качественные векторные диаграммы токов и напряжений в начале линии.

$$X_L = 0,3 \text{ Ом/км}, S_{кз} = 600 \text{ МВА}, L = 85 \text{ км}.$$

#### Задача 20

Для кабельной линии электропередач, изображенной на рисунке, выбрать уставки ТО и МТЗ для комплекта защиты АК, длина линии  $L$ , сечение линии  $S$ , индуктивное сопротивление  $X_L = 0,08 \text{ Ом/км}$ , коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз}=2,5$ ,  $K_n = 1,2$ ,  $K_{в}=0,95$ ,  $K_{отс}=1,1$ ,  $r_{ж}=0,027 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$ ,  $t_{кр}=0,004$ .

$$L = 9 \text{ км}, S = 95 \text{ мм}^2, S_{кзmin} = 80 \text{ МВА}, S_{кзmax} = 120 \text{ МВА}, U_{ном} = 6 \text{ кВ}, S_n = 1 \text{ МВА}.$$

#### Задача 21

Рассчитать уставки максимальной токовой защиты трансформатора с параметрами  $S_n$ ,  $U_{вн}$ ,  $U_{нн}$ ,  $P_{хх}$ ,  $P_{кз}$ ,  $U_k$ ,  $I_{хх}$ . сопротивление питающей системы  $X_s$ , коэффициент самозапуска нагрузки  $K_{сз}$ , коэффициент надежности  $R_{нд}=1,2$ ,  $K_{в}=0,95$ , максимальное время выдержки фидера  $t_{ф}$

$S_n = 10 \text{ МВА}$ ,  $U_{вн} = 110 \text{ кВ}$ ,  $U_{нн} = 10,5 \text{ кВ}$ ,  $P_{хх} = 15,5 \text{ кВт}$ ,  $P_{кз} = 60 \text{ кВт}$ ,  
 $U_k = 10,5 \%$ ,  $I_{хх} = 0,7\%$ ,  $X_s = 20 \text{ Ом}$ ,  $K_{сз} = 1,5$   $t_{ф} = 0,3 \text{ с}$ .

### Вопросы к экзамену

1. Нормативные документы по эксплуатации РЗА систем электроснабжения.
2. Требования норм и правил, РД и СТО по проверке РЗА
3. Проверка вторичных цепей
4. Проверка блок-контактов выключателей
5. Проверка и наладка системы постоянного оперативного тока
6. Проверка систем переменного оперативного тока
7. Испытание реле на переменном оперативном токе
8. Наладка и проверка реле с дешунтированием
9. Испытание и наладка трансформаторов тока и напряжения.
10. Внешний осмотр, проверка сопротивления изоляции трансформаторов тока.
11. Определение неисправностей и погрешностей трансформаторов тока
12. Определение неисправностей и погрешностей, измерение чередования фаз, и трансформаторов напряжения.
13. Испытание и наладка электромеханических реле.
14. Методики проверки статических реле тока и напряжения.
15. Проверка токовых реле, проверка реле напряжения, проверка статических реле тока и напряжения
16. Аппаратура для проверки и наладки устройств РЗА.
17. РЕТОМ 21, РЕТОМ-61. Описание принципов работы и методики проведения испытаний.
18. Прибор для проверки реле OMICRON CMC 356. Общие принципы работы
19. Испытание реле направления мощности с помощью РЕТОМ-21
20. Испытание фильтровых реле тока с помощью РЕТОМ-21
21. Испытание цифровых устройств РЗА.
22. Испытание токовых защит.
23. Проверка ТО, МТЗ, проверка направленной защиты,
24. Проверка защиты с пуском по напряжению.
25. Испытание цифровых устройств РЗА.
26. Испытание дистанционной защиты,
27. Проверка БНН, УБК,
28. Проверка характеристики реле сопротивления.
29. Испытание цифровых устройств РЗА.
30. Испытание дифференциальных защит трансформатора.
31. Проверка тормозной характеристики реле.
32. Проверка МТЗ трансформатора.
33. Проверка автоматики АПВ
34. Проверка реле частоты и ЧАПВ
35. Требования по безопасности организации работ в устройствах РЗА
36. Периодичность выполнения мероприятий при эксплуатации устройств РЗА
37. Виды мероприятий, выполняемых в процессе эксплуатации устройств РЗА
38. Порядок выполнения проверки микропроцессорных устройств РЗА
39. Проверка реле сопротивления
40. Международные нормативные документы по проверке и наладке устройств РЗА
41. Автоматизация выполнения проверок устройств РЗА
42. Рекомендации производителей по проверке микропроцессорных устройств РЗА

43. Проверка задания уставок, бланк задания уставок
44. Понятие функционально-логической схемы
45. Типовой состав документации на системы РЗА
46. Схема цепей переменного тока и напряжения, распределение РЗА по цепям тока и напряжения
47. Схемы цепей постоянного оперативного тока, нормативные документы, типовые решения
48. Схема цепей управления выключателем
49. Схема логической защиты шин
50. Схема организации цепей автоматики УРОВ
51. Проверка изоляции цепей микропроцессорных РЗА
52. Структурная схема организации системы РЗА по комплексу стандартов МЭК61850
53. Основы схемотехники реле на микроэлектронной базе
54. Принципы выбора уставок ненаправленных токовых защит в распределительных сетях 6-20 кВ
55. Нормативные документы по составу РЗА элементов сетей различных напряжений
56. Проверка устройств РЗА сетей до 1 кВ
57. Проверка и наладка защит электродвигателей и генераторов напряжением до 1 кВ
58. Проверка селективности защит расчетными методами
59. Составлю пуско-наладочных мероприятия в устройствах РЗА
60. Основные методы проверки цифровых трансформаторов тока и напряжения

*Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)*