

**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.04 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических  
систем**

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства и их  
объектов

бакалавр

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-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.1 Предпроектное обследование объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	<b>знает</b> нормальные параметры режима работы электрооборудования
		<b>умеет</b> регулировать режимы работы электрооборудования
		<b>владеет навыками</b> Анализом частного технического задания на предпроектное обследование объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения
ПК-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.2 Подготовка к выпуску проектной документации системы электроснабжения объектов капитального строительства	<b>знает</b> Типовые проектные решения системы электроснабжения объекта капитального строительства
		<b>умеет</b> Выполнять расчеты для разработки комплекта конструкторской документации для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства
		<b>владеет навыками</b> Выбором оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства.
ПК-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.3 Разработка концепции системы электроснабжения объекта ПД	<b>знает</b> Основной состав проектной и технической документации в области релейной защиты и автоматики энергосистем
		<b>умеет</b> составлять техническую и проектную документацию по релейной защите
		<b>владеет навыками</b> Навыками выполнения проектов и расчетов в области релейной защиты и автоматики энергосистем
ПК-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.4 Разработка проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов ПД	<b>знает</b> Основные задачи эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики
		<b>умеет</b> составлять эксплуатационную документацию по релейной защите
		<b>владеет навыками</b> Навыками выбора оборудования для системы электроснабжения объектов капитального строительства

			<p><b>знает</b> Принципы построения и функционирования релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем</p> <p><b>умеет</b> Составлять схемы для реализации релейной защиты и автоматики электроэнергетического оборудования</p> <p><b>владеет навыками</b> Навыками проверки и определения параметров устройств релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем</p>
ПК-3	Способен проводить инженерно-техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту объектов ПД	ПК-3.2 Обоснование планов и программ технического обслуживания и ремонта электрооборудования объектов ПД	<p><b>знает</b> Принципы оценки и расчета нормальных и аварийных режимов работы электроэнергетического оборудования</p> <p><b>умеет</b> Рассчитывать уставки релейной защиты и автоматики на основе данных о нормальных и аварийных режимах работы электро-энергетического оборудования</p> <p><b>владеет навыками</b> Навыками выбора и построения систем релейной защиты и автоматики объектов электроэнергетических систем.</p>
ПК-3	Способен проводить инженерно-техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию и ремонту объектов ПД	ПК-3.3 Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования объектов ПД	<p><b>знает</b> принципы расчетов нормальных и аварийных режимов работы электрических сетей</p> <p><b>умеет</b> рассчитывать рабочие и аварийные токи и напряжения электрооборудования</p> <p><b>владеет навыками</b> Навыками расчета аварийных режимов электроэнергетических систем сложной конфигурации</p>

## 2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем			
1.1.	Назначение релейной защиты	6	ПК-2.1	Устный опрос
1.2.	Пассивные линейные преобразователи синусоидальных напряжений и токов	6	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Устный опрос, Задачи
1.3.	Электромеханические реле Полупроводниковая и микропроцессорная база	6	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Устный опрос, Задачи

1.4.	Токовые защиты.	6	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Устный опрос, Задачи
1.5.	Токовые направленные защиты	6	ПК-2.2, ПК-2.4	Устный опрос, Задачи
1.6.	Защиты от замыканий на землю в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью	6	ПК-2.1, ПК-2.3	Устный опрос, Задачи
1.7.	Защита трансформаторов	6	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4	Устный опрос, Задачи
1.8.	Дистанционная защита	6	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Устный опрос, Задачи
1.9.	Дифференциальная токовая защита линий	6	ПК-2.2, ПК-2.4	Устный опрос, Задачи
1.10.	Микропроцессорные комплектные устройства РЗ, управления и автоматики	6	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Устный опрос, Задачи
1.11.	Защита синхронных генераторов	6	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Устный опрос, Задачи
1.12.	Защиты электродвигателей	6	ПК-2.1, ПК-2.3	Устный опрос, Задачи
1.13.	Экзамен	6	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	
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) "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем"**

*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 контрольной точки №1

- 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?

Типовые вопросы для сдачи контрольной точки №2

- 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 поверка работы реле и оценка точности его работы на выставленной уставке?
- 34 Приведите схему испытания реле времени и как выполняется поверка 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.

### Типовые вопросы для сдачи контрольной точки №3

- 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 контрольной точки №1

### Задача 1

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.

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

### 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.

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

## Типовые практико-ориентированные задачи для сдачи контрольной точки №2

### 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  $K_{сз}=2,5$ ,  $K_n = 1,2$ ,  $K_v=0,95$ ,  $K_{отс}=1,1$  рж=0,027 мкОм·м,  $t_{кр}=0,004$ .

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

### 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);  $K_{зап}=1,5$ ,  $K_{ап} = 1$ ,  $K_{отс} = 1,5$ ,  $\varepsilon=0,1$ ,  $\text{tg}\alpha=0.7$ ,  $K_{одн} = 1$ ,

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

### Задача 5

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

$S_H = 63 \text{ МВa}$ ,  $U_{ВН} = 115 \text{ кВ}$ ,  $U_{НН} = 11 \text{ кВ}$ ,  $P_{ХХ} = 70 \text{ кВт}$ ,  $P_{КЗ} = 250 \text{ кВт}$ ,  
 $U_K = 10,5 \%$ ,  $I_{ХХ} = 0,6\%$ ,  $X_S = 10 \text{ Ом}$ ,  $K_{сз} = 1,5$   $t_f = 0,9 \text{ с}$ .

#### 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  $X_{S1max}$  и  $X_{S1min}$ ,  $X_{S2max}$  и  $X_{S2min}$ , индуктивное сопротивление трансформатора ХТ1, максимальный рабочий ток в линии Л1  $I_{1max}$ , сопротивление первой, второй и третьей линии, соответственно ХЛ1, ХЛ2, ХЛ3. 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  $\phi_{мч} = 65^\circ$ ,  $\phi_{раб} = 30^\circ$ . 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.

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

#### 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.

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

#### 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  $K_{сз} = 2,5$ ,  $K_n = 1,2$ ,  $K_v = 0,95$ ,  $K_{отс} = 1,1$   $\rho_{ж} = 0,027 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$ ,  $t_{кр} = 0,004$ .

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

### Задача 10

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  $I(3)_{кз\max}$ , минимальном режиме  $I(2)_{кз\min}$ , обмотки трансформатора соединены по слеме звезда-треугольник (11);  $K_{зап}=1,5$ ,  $K_{ап} = 1$ ,  $K_{отс} = 1,5$ ,  $\epsilon=0,1$ ,  $\text{tg}\alpha=0.7$ ,  $K_{одн} = 1$ ,

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

### 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  $X_{S1\max}$  и  $X_{S1\min}$ ,  $X_{S2\max}$  и  $X_{S2\min}$ , индуктивное сопротивление трансформатора  $X_{T1}$ , максимальный рабочий ток в линии  $I_{л1}$   $I_{л\max}$ , 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  $\text{фмч}=65^\circ$ ,  $\text{фраб} = 30^\circ$ . При расчете активным сопротивлением трансформатора, системы и линий пренебречь, уставки по активному сопротивлению принять как  $0,75 X_{уст}$ , коэффициент трансформации ТТ  $n_T$ .

$$n_T=600/5, X_{S1\max}=6 \text{ Ом}, X_{S1\min}=8 \text{ Ом}, X_{S2\max} = 20 \text{ Ом}, X_{S2\min} = 26 \text{ Ом}, I_{л\max} = 350 \text{ А}, \\ X_{Л1}=15 \text{ Ом}, X_{Л2} = 30 \text{ Ом}, X_{Л3} = 25 \text{ Ом}, X_{T1} = 24 \text{ Ом}$$

### Задача 13

Линейное напряжение в сети равно 110 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 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  $K_{сз}=2,5$ ,  $K_n = 1,2$ ,  $K_v=0,95$ ,  $K_{отс}=1,1$   $\rho_{ж}=0,027 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$ ,  $t_{кр}=0,004$ .

$L=8 \text{ км}$ ,  $S=95 \text{ мм}^2$ ,  $S_{кз\text{мин}}=100 \text{ МВА}$   $S_{кз\text{макс}}=200 \text{ МВА}$   $U_{ном}=10 \text{ кВ}$ ,  $S_H = 1,0 \text{ МВА}$ .

#### Задача 16

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  $I(3)_{кз\text{мах}}$ , минимальном режиме  $I(2)_{кз\text{мин}}$ , обмотки трансформатора соединены по слеме звезда-треугольник (11);  $K_{зап}=1,5$ ,  $K_{апс} = 1$ ,  $K_{отс} = 1,5$ ,  $\epsilon=0,1$ ,  $\text{tg}\alpha=0,7$ ,  $K_{одн} = 1$ ,

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

Типовые задачи для сдачи контрольной точки №3

#### Задача 17

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  $t_f$

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

#### 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  $X_{S1\text{мах}}$  и  $X_{S1\text{мин}}$ ,  $X_{S2\text{мах}}$  и  $X_{S2\text{мин}}$ , индуктивное сопротивление трансформатора ХТ1, максимальный рабочий ток в линии Л1  $I_{1\text{мах}}$ , 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  $\text{фмч}=65^\circ$ ,  $\text{фраб} = 30^\circ$ . При расчете активным сопротивлением трансформатора, системы и линий пренебречь, уставки по активному сопротивлению принять как  $0,75 X_{уст}$ , коэффициент трансформации ТТ  $n_T$ .

$n_T=600/5$ ,  $X_{S1\text{мах}}=4 \text{ Ом}$ ,  $X_{S1\text{мин}}=6 \text{ Ом}$ ,  $X_{S2\text{мах}} = 18 \text{ Ом}$ ,  $X_{S2\text{мин}} = 23 \text{ Ом}$ ,  $I_{1\text{мах}} = 300 \text{ А}$ ,  
 $X_{Л1}=40 \text{ Ом}$ ,  $X_{Л2} = 20 \text{ Ом}$ ,  $X_{Л3} = 20 \text{ Ом}$ ,  $X_{Т1} = 24 \text{ Ом}$

#### Задача 19

Линейное напряжение в сети равно  $110 \text{ кВ}$ , 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.

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

#### 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  $X_L = 0,08$  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,  $t_{кр} = 0,004$ .

$$L = 9 \text{ км}, S = 95 \text{ мм}^2, S_{кз\text{мин}} = 80 \text{ МВА}, S_{кз\text{макс}} = 120 \text{ МВА}, U_{ном} = 6 \text{ кВ}, S_H = 1 \text{ МВА}.$$

#### Задача 21

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  $t_f$

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

#### Вопросы к экзамену

1. Повреждения и ненормальные режимы работы электроэнергетических систем
2. Функции РЗ и основные требования к РЗ
3. Элементы, функциональные части и органы РЗ.
4. Первичные измерительные преобразователи тока и схемы их соединения.
5. Первичные измерительные преобразователи напряжения
6. Устройство и принцип работы токовых измерительных органов.
7. Устройство и принципы работы реле напряжения
8. Принцип действия и устройство индукционных реле тока
9. Реле направления мощности и способы их включения.
10. Логическая и исполнительная часть устройств релейной защиты
11. Промежуточные реле, типы и назначение
12. Схемы управления выключателями и контроль их исправности.
13. Особенности работы трансформаторов тока в цепях релейной защиты, кривые предельных кратностей.
14. Принципы построения защиты на переменном оперативном токе
15. Защита с дешунтированием, схема защиты, особенности, область применения.
16. Виды оперативного тока на подстанциях и способы его получения.
17. Типовой состав и схема токовой защиты в сетях с изолированной нейтралью.
18. Обеспечение селективности токовых защит. Карта селективности, зона действия защиты.
19. Токовые защиты в сетях с глухозаземленной нейтралью
20. Принцип действия и основные органы токовой направленной защиты
21. Защита от замыканий на землю, реагирующая на токи и напряжения нулевой последовательности.
22. Блокировка от качаний и принцип ее действия.
23. Устройство обнаружения неисправностей цепей напряжения.
24. Защита от замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью
25. Назначение, принцип действия и основные органы дистанционной защиты
26. Характеристики реле сопротивления

27. Назначение и виды дифференциальных защит.
28. Виды повреждений и ненормальные режимы работы трансформаторов
29. Защиты силового трансформатора
30. Продольная дифференциальная защита
31. Дифференциальная защита с торможением.
32. Максимальная токовая защита трансформатора.
33. Схема коммутации и защит на подстанции без выключателей на стороне высшего напряжения.
34. Типы защит синхронных генераторов и принципы их функционирования.
35. Защита систем сборных шин, дифференциальная и логическая защита, принципы выполнения.
36. Защита батарей статических конденсаторов.
37. Газовая защита трансформатора
38. Резервные защиты трансформаторов и автотрансформаторов
39. Защита синхронных и асинхронных двигателей.
40. Автоматическое повторное включение
41. Автоматический ввод резерва
42. Автоматическая частотная разгрузка
43. Принципы построения устройств микропроцессорной релейной защиты и автоматики
44. Функционально-логическая схема устройства микропроцессорной релейной защиты и автоматики
45. Основные коды функций устройств релейной защиты согласно стандарту ANSI C37.2.
46. Принципы построения цифровой подстанции, основные положения стандарта МЭК61850

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