

Министерство образования Республики Башкортостан
ГАПОУ
НЕФТЕКАМСКИЙ НЕФТЯНОЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по учебной работе:

_____ Бадикшина Ф.А.

«___» _____ 2018г.

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

программа, методические указания и задания на контрольную работу
студентов-заочников колледжа

по специальности:

13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования »

Нефтекамск
2018г.

Программу, методические указания и задания на контрольную работу подготовила преподаватель Нефтекамского нефтяного колледжа:

Г.М. Хуснуллина

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры электрических дисциплин:
«__» _____ 2018 г.

Председатель цикловой комиссии электрических дисциплин

Г.М. Хуснуллина

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН КУРСА

Введение.

Раздел 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ.

Тема 1.1. Назначение релейной защиты и требования, предъявляемые к ней.

Тема 1.2. Повреждения и аномальные режимы работы электроэнергетических систем.

Тема 1.3. Основные принципы построения схем релейной защиты.

Тема 1.4. Измерительные трансформаторы тока и напряжения для релейной защиты.

Тема 1.5. Измерительные органы, реагирующие на одну электрическую величину.

Раздел 2. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА.

Тема 2.1. Токовые защиты.

Тема 2.2. Защита от замыкания на землю в электрических сетях.

Тема 2.3. Дифференциальные защиты.

Тема 2.4. Защита трансформаторов и автотрансформаторов.

Тема 2.5. Защита электродвигателей.

Тема 2.6. Защита сборных шин. Резервирование отказа выключателей.

Раздел 3. АВТОМАТИКА.

Тема 3.1. Автоматическое повторное включение.

Тема 3.2. Автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин.

Тема 3.3. Автоматическое регулирование напряжения в электрических сетях.

Тема 3.4. Автоматическая частотная разгрузка.

Раздел 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

Тема 4.1. Организация токовых цепей и цепей напряжения.

Тема 4.2. Постоянный и переменный оперативный ток.

Тема 4.3. Управление электрическими аппаратами.

Тема 4.4. Сигнализация на электростанциях и подстанциях.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ КУРСА

В процессе изучения курса «Релейная защита и автоматика» учащийся должен выполнить одну домашнюю контрольную работу. Предлагается следующий порядок работы над курсом: ознакомиться с настоящим пособием, подобрать необходимую литературу приступить к изучению темы 1. После изучения темы рекомендуется ответить на контрольные вопросы, и если материал темы ясен, можно приступить к изучению темы 2.

После изучения всех тем курса нужно выполнить контрольное задание отправить его в колледж.

При работе над курсом рекомендуем вести краткий конспект, который окажется полезным при выполнении контрольной работы. Отвечать на контрольные вопросы по темам рекомендуем письменно — в конспекте.

Особенностью данного курса является то, что большинство вопросов каждой темы взаимосвязаны, поэтому только систематическая, последовательная работа над курсом в соответствии с тематическим планом и методическими указаниями даст глубокие и прочные знания.

Домашняя контрольная работа должна быть выполнена аккуратно в тетради с полями. Страницы нужно пронумеровать по порядку. Рисунки, чертежи, графики выполняются в тетради на формате тетрадного листа или большем. Использование кальки, ватмана, синьки, миллиметровки не допускается. Миллиметровку допускается использовать для вычерчивания графиков, диаграмм. В схемах условные графические обозначения элементов должны соответствовать действующим стандартам. Все рисунки и чертежи должны иметь порядковый номер и название. В тексте работы следует делать ссылки на рисунки. Итоги расчётного материала рекомендуется сводить в таблицы; таблицы нужно пронумеровать по порядку.

При выполнении расчетов следует написать формулу в буквенном выражении и указать литературу, из которой она взята. Затем расписывается значение букв, входящих в формулу с указанием единиц измерения. Затем пишется формула в цифровом выражении и результат подсчета с указанием единицы измерения.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ М В А} \quad [1]$$

где P — активная мощность, МВт,

Q — реактивная мощность, Мвар

$$S = \sqrt{48^2 + 36^2} = 60 \text{ М В А}$$

В конце контрольной работы приводится список использованной литературы, в которой указываются порядковый номер, фамилия и инициалы автора, наименование, издательство, год издания.

Контрольная работа должна быть подписана учащимся с указанием даты ее выполнения.

Ниже приводятся рекомендации по изучению каждой темы.

ВВЕДЕНИЕ.

Характеристика дисциплины и ее связь с другими дисциплинами, ее роль и значение в области развития техники релейной защиты, в обеспечении экономичной и безаварийной работы энергетических систем.

Релейная защита как один из важнейших видов автоматизации энергетических систем обеспечивающих высокое качество электрической энергии. Современное состояние и перспективы развития техники релейной защиты и автоматики.

Раздел 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ.

Тема 1.1. НАЗНАЧЕНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕЙ.

Данная тема знакомит с назначением релейной защиты /основной и резервной/, обосновывает основные требования к релейной защите. После изучения темы необходимо хорошо знать назначение релейной защиты и автоматики. Требования, предъявляемые к релейной защите. Комплексное действие устройства релейной защиты. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.4-5

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Какие нарушения работы систем приводят в действие релейную защиту?
2. С какой целью на линиях и электрических машинах устанавливаются устройства релейной защиты и автоматики?
3. Что такое селективность релейной защиты?
4. Чем обеспечивается надежность защиты?
5. Как оценивается чувствительность релейной защиты?

Тема 1.2 ПОВРЕЖДЕНИЯ И АНОРМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.

Данная тема знакомит с видами повреждений; их опасностью, видами аномальных режимов и их опасностью.

После изучения темы необходимо уметь построить векторные диаграммы токов и напряжений при различных видах КЗ, знать виды повреждений, их опасность. Векторные диаграммы токов и напряжений при коротких замыканиях /КЗ/ в месте установки релейной защиты и автоматики. Определение остаточных напряжений. Виды аномальных режимов, их опасность. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.11-37

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Назвать виды повреждений в электроэнергетических системах.
2. Какие нарушения работы систем приводят в действие релейную защиту?

Тема 1.3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ.

Данная тема знакомит с видами схем РЗ; устройством РЗ; классификацией реле; назначением оперативного тока, его видами и источниками.

После изучения темы необходимо уметь:

- графически изобразить и позиционно обозначить реле и его элементы в

соответствии с действующими стандартами ЕСКД.

Знать виды схем, способы изображения реле и его элементов в соответствии с действующими стандартами ЕСКД.

Измерительная и логическая части устройств релейной защиты. Классификацию реле. Назначение постоянного и переменного оперативного тока. Источники оперативного тока для питания устройств релейной защиты и автоматики. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.6-11

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Какие существуют виды схем релейной защиты и автоматики?
2. В чем достоинства и недостатки постоянного оперативного тока?
3. В чем достоинства и недостатки переменного оперативного тока?
4. По каким признакам классифицируются реле?

Тема 1.4. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ.

Данная тема знакомит с параметрами и погрешностями трансформаторов тока и напряжения; схемами соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и реле; схемами соединения первичных и вторичных обмоток трансформаторов напряжения;

После изучения темы необходимо уметь изобразить схемы соединения обмоток трансформаторов тока и напряжения, знать параметры трансформаторов тока; вольтамперные характеристики. Погрешности трансформаторов тока. Требования к точности работы трансформаторов тока для устройств релейной защиты. Причины, влияющие на погрешность трансформаторов тока. Схемы соединения вторичных обмоток трансформатора тока и реле. Коэффициент схемы. Схемы питания РЗА, контрольно-измерительных приборов от вторичных обмоток трансформаторов тока. Погрешности трансформаторов напряжения. Требования к точности трансформаторов напряжения для РЗА, измерительных и регистрирующих приборов. Схемы соединения обмоток трансформаторов напряжения. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.102-139

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Каково назначение трансформаторов тока?
2. Какие требования предъявляются к трансформаторам тока в устройствах релейной защиты.
3. Что такое коэффициент схемы и почему его надо учитывать при определении тока срабатывания реле?
4. Какие существуют схемы соединения обмоток трансформаторов напряжения?

Тема 1.5. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ, РЕАГИРУЮЩИЕ НА ОДНУ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ВЕЛИЧИНУ.

Данная тема знакомит с видами реле, реагирующих на одну электрическую величину, их устройством, принципом действия и особенностями, назначением, конструкцией вспомогательных реле, требованиями, предъявляемыми к ним. После изучения темы необходимо знать предохранители, их характеристики, область применения. Встроенные реле, их устройство, регулирование уставок, область применения. Принципы выполнения и действия электромагнитных реле. Ток срабатывания, ток воз-

врата, коэффициент возврата. Способы регулирования параметров.

Конструктивные особенности электромагнитных реле тока и напряжения, регулирование параметров. Полупроводниковые реле тока и напряжения, регулирование параметров. Принципы выполнения и действия индукционного реле тока с зависимой характеристикой. Времятоковая характеристика реле. Конструктивные особенности реле типа РТ-80. Регулирование параметров. Промежуточные реле, их назначение, требования к ним. Конструктивные особенности реле на постоянном и переменном оперативном токе, быстродействующих и с замедлением. Реле времени, их назначение, требования к ним. Конструктивные особенности электромеханических и полупроводниковых реле времени.

Сигнальные элементы, схемы их включения. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.51-102

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что такое ток срабатывания и ток возврата реле?
2. Что такое коэффициент возврата и какова его величина для реле максимального тока?
3. Перечислить основные элементы реле РТ-80.
4. Каково назначение промежуточных реле?

Раздел 2. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА.

Тема 2.1. ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ.

Данная тема знакомит с принципом действия максимальной токовой защиты, ее основными органами, условиями выбора уставок пусковых реле, областью применения ступенчатых токовых защит.

После изучения темы необходимо уметь составить принципиальную схему ступенчатой защиты от междуфазных коротких замыканий; рассчитать ступенчатую максимальную токовую защиту. Знать принципы выполнения и действия максимальной токовой защиты. Схемы, назначение элементов схемы. Условия выбора уставок по току, времени. Проверку чувствительности. Токовую отсечку, принцип обеспечения селективности. Условия выбора уставок пусковых реле. Оценку эффективности. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.150-181

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Чем обеспечивается селективность максимальной токовой защиты?
2. Каково назначение блокировки по напряжению в максимальной токовой защите?
3. Как определяется зона действия отсечки?
4. Чем обеспечивается селективность токовой отсечки.
5. Из каких органов состоит направленная максимальная токовая защита?
6. Какая защита называется направленной?
7. Чем обусловлено наличие "мертвой зоны" реле направления мощности?

Тема 2.2. ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.

Данная тема знакомит с устройством и особенностями конструкций трансформаторов тока нулевой последовательности;

После изучения темы необходимо уметь построить векторную диаграмму токов и напряжений при однофазном замыкании на землю в сетях с малым и большим током замыкания на землю, знать, векторные диаграммы токов и

напряжений при однофазном замыкании на землю в электрических сетях с малыми токами замыкания на землю; требования, предъявляемые к защите. Защиту кабельных электрических линий от замыканий на землю, реагирующую на естественный емкостный ток. Устройство и особенности конструкций трансформатора тока нулевой последовательности, реагирующего реле типа РТЗ-51. Векторные диаграммы токов и напряжений при замыканиях на землю в электрических сетях с большими токами замыкания на землю. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.174-176, 212-219

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Чем определяется значение тока повреждения при однофазном замыкании в сети с малым током замыкания на землю?
2. Как выполняется общая неселективная сигнализация от замыканий на землю в сети 6-10 кВ и 35 кВ?
3. Каков принцип работы трансформатора тока нулевой последовательности?
4. Какие защиты применяются в сетях 110 кВ и выше от КЗ на землю?

Тема 2.3. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ЗАЩИТЫ.

Данная тема знакомит с принципами выполнения и действия продольной и поперечной дифференциальной защиты, область применения.

После изучения темы необходимо уметь проверить работу комплекта дифференциальной защиты /продольной или поперечной/ на лабораторном стенде. Знать принципы выполнения и действия продольной дифференциальной защиты с циркулирующими токами. Токи небаланса. Выбор параметров срабатывания, оценка чувствительности. Область применения защиты.

Принципы выполнения и действия токовой поперечной дифференциальной защиты двух параллельных кабельных электрических линий. Зона нечувствительности защиты. Принципы выполнения и действия поперечной направленной дифференциальной защиты двух параллельных электрических линий. Каскадное действие, автоматическая блокировка, мертвая зона защиты. Выбор уставок, проверка чувствительности. Оценка и область применения защиты. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.181-195

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. В чем заключается принцип действия продольной дифференциальной защиты линии?
2. Какова область применения поперечной дифференциальной токовой защиты линии?
3. Почему дифференциальная защита линии выполняется без выдержки времени?

Тема 2.4. ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ.

Данная тема знакомит с видами повреждений и аномальных режимов работы трансформаторов и автотрансформаторов, типами защиты устанавливаемых на трансформаторах, их принципом действия и конструкции.

После изучения темы необходимо читать полные схемы защит трансформаторов, обосновать выбор и расчет резервных защит от всех видов КЗ и перегрузок, знать виды повреждений и аномальных режимов работы трансформаторов и автотрансформаторов.

Газовая защита, принцип работы. Устройство наиболее распространенных газовых реле, струйные реле. Оперативные цепи газовой

защиты. Токовую отсечку понижающего двухобмоточного трансформатора, ее выполнение, область применения дифференциальной защиты на трансформаторах /автотрансформаторах/. Особенности конструктивного выполнения дифференциальной защиты. Причины повышения токов небаланса. Способы отстройки от повышенных токов небаланса и от бросков тока намагничивания. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.232-265

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Перечислить основные виды защит, устанавливаемых на трансформаторах?
2. В чем заключаются особенности продольной дифференциальной защиты трансформатора?
3. В чем принципиальное отличие реле РТН-565 от реле РТ-40?
4. Как выполняется защита от внешних КЗ на понижающих трансформаторах?

Тема 2.5. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.

Данная тема знакомит с видами повреждений и аномальных режимов работы электродвигателей, их опасностью, разновидностями защит, особенностями защит синхронных и асинхронных электродвигателей.

После изучения темы необходимо уметь рассчитать защиту двигателей от КЗ и перегрузок читать полную схему защиты электродвигателей, знать виды повреждений и аномальных режимов работы электродвигателей, их опасность, характеристика пускового хода.

Защиту асинхронных электродвигателей от междуфазных КЗ и перегрузок. Разновидности защит, схемы, выбор первичных и вторичных уставок. Защиту электродвигателей от однофазных замыканий на землю.

Защиту минимального напряжения. Полную схему защиты асинхронного электродвигателя, особенности защиты синхронных электродвигателей Рекомендуем изучать тему по [1] стр.311-326

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

- 1.Какая защита является основной от многофазных КЗ в обмотке статора?
2. Как выполняется защита обмотки ротора от перегрузки?
3. Как выполняется защита от замыканий между витками обмотки статора?
4. Что такое самозапуск двигателей?
5. Как выполняется защита асинхронного электродвигателя от междуфазных КЗ?
6. В чем особенности защиты синхронных электродвигателей?
7. Какие требования предъявляются к защитах электродвигателей?

Тема 2.6 ЗАЩИТА СБОРНЫХ ШИН. РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ОТКАЗА ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ.

Данная тема знакомит с видами повреждений на шинах, требования к защитах шин; принципом выполнения и действия дифференциальной защиты шин, принципом выполнения устройства резервирования отказа выключателей. После изучения темы необходимо знать виды повреждений на шинах, их опасность. Способы выполнения защиты шин.

Принципы выполнения и действия дифференциальной защиты шин. Условия выбора уставок. Контроль токовых цепей. Особенности выполнения дифференциальной защиты шин при фиксированном присоединении элементов. Дифференциальную защиту ошиновки цепей трансформаторов. Обслуживание дифференциальной защиты оперативным персоналом. Операции, выполняемые оперативным персоналом в цепях дифференциальной защиты шин при разных

режимных ситуациях. Выполнение устройства резервирования отказа выключателей /УРОВ/. УРОВ в первичной сети высокого напряжения при разных электрических схемах первичных соединений. Оперативное обслуживание устройств УРОВ Рекомендуем изучать тему по [1] стр340-369.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. В чем принцип действия дифференциальной защиты шин?
2. В чем отличие полной и неполной дифференциальной защиты шин?
3. Каково назначение УРОВ?

Раздел 3. АВТОМАТИКА.

Тема 3.1. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ.

Данная тема знакомит с назначением и областью применения автоматического повторного включения /АПВ/, элементами схемы; требованиями, предъявляемыми к устройствам АПВ; После изучения темы необходимо уметь читать схемы трехфазного АПВ однократного действия линий с односторонним питанием. Знать назначение и область применения автоматического повторного включения /АПВ/. Требования, предъявляемые к устройствам АПВ.

Схема трехфазного АПВ однократного действия для электрических линий с односторонним питанием. Элементы схемы, их назначение. Особенности выполнения АПВ линий с двухсторонним питанием /быстродействующее АПВ, АПВ с ожиданием синхронизма/. Рекомендуем изучать тему по [1] стр464-475

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Каково назначение АПВ?
2. Какие требования предъявляются к АПВ?
3. Чем обеспечивается однократность действия АПВ?
4. Перечислить виды АПВ.

Тема 3.2. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ МАШИН.

После изучения темы необходимо знать назначение автоматического регулирования возбуждения /АРВ/ синхронных машин. Требования к устройствам АРВ синхронных машин. Устройство компаундирования с электромагнитным корректором напряжения. Устройства быстродействующей форсировки возбуждения синхронных машин. Автоматические регуляторы возбуждения сильного действия. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.464-475

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Каковы основные требования к устройствам АРВ?
2. Каково назначение пускового органа минимального напряжения?
3. Какие виды АРВ применяются на подстанциях?
3. Что такое синхронизация генераторов?
4. Какие существуют способы синхронизации генераторов?
5. В чем сущность метода самосинхронизации?
6. Каково назначение устройства АРВ?
7. Почему при наличии устройств АРВ повышается устойчивость параллельной работы синхронных генераторов?
8. Каково назначение релейной форсировки при наличии устройств компаундирования с электромагнитным корректором?

9. Перечислить требования к устройствам АРВ.

Тема 3.3. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

После изучения темы необходимо знать назначение регулирования напряжения. Автоматический регулятор напряжения трансформаторов, его структурную схему. Встречное регулирование. Управление батареями конденсаторов. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.337-347

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Как регулируется напряжение на подстанциях?
2. Для чего необходимо регулировать напряжение на шинах питающих подстанций?
3. Каково назначение устройства АРНТ?
4. Какие виды блокировок применяются в схемах АРНТ?

Тема 3.4. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА.

После изучения темы необходимо знать назначение автоматической частотной разгрузки /АЧР/. Принципы выполнения АЧР. Категории АЧР, их назначение. Автоматическое повторное включение потребителей после АЧР /ЧАПВ/. Схемы устройств АЧР и ЧАПВ. Оперативное обслуживание устройств АЧР. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.464-467

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Каково назначение АЧР?
2. На какие категории подразделяются устройства АЧР?
3. В каких случаях применяется ЧАПВ?

Раздел 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

Тема 4.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТОКОВЫХ ЦЕПЕЙ И ЦЕПЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

После изучения темы необходимо знать назначение токовых цепей. Схемы подключения релейных защит, автоматики, контрольно-измерительных приборов к трансформаторам тока при различных схемах первичных соединений элементов электрических подстанций. Технические требования к режиму работы трансформаторов тока, к заземлению вторичных обмоток. Испытательные блоки, специальную контактную арматуру. Правила обеспечения безопасной работы во вторичных цепях трансформаторов тока. Назначение цепей напряжения, технические условия по их выполнению. Отсоединение трансформаторов напряжения от вторичных цепей при ремонте. Защиту трансформаторов напряжения при повреждениях во вторичных цепях. Разводку цепей напряжения к устройствам РЗА, контрольно-измерительным приборам и расчетным счетчикам. Контроль исправности вторичных цепей трансформаторов напряжения. Технические требования к заземлению вторичных обмоток трансформаторов напряжения. Резервирование трансформаторов напряжения при различных схемах первичных соединений. Способы переключения вторичных цепей трансформаторов напряжения. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.326-337

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Каково назначение противоаварийной автоматики?
2. Что понимается под статической устойчивостью энергосистемы?

3. Что понимается под динамической устойчивостью энергосистемы?
4. Перечислить виды противоаварийной автоматики.
5. Перечислите технические требования к режиму работы трансформаторов тока.
6. Как осуществляется защита трансформаторов напряжения при повреждениях во вторичных цепях?
7. Как выполняется переключение вторичных цепей трансформаторов напряжения?

Тема 4.2. ПОСТОЯННЫЙ И ПЕРЕМЕННЫЙ ОПЕРАТИВНЫЙ ТОК.

После изучения темы необходимо знать источники постоянного оперативного тока, их характеристики, и требования к ним. Общие принципы распределения постоянного оперативного тока. Схемы распределения оперативного постоянного тока к цепям управления, сигнализации и устройствам РЗА на щитах управления, открытых и закрытых распределительных устройствах. Защиту цепей оперативного тока от коротких замыканий и контроль за их состоянием. Автоматические выключатели и предохранители в цепях управления, сигнализации, РЗА; их краткую характеристику. Требования к изоляции цепей постоянного оперативного тока, контроль состояния изоляции. Порядок отыскания места замыкания на землю в сети постоянного тока.

Использование реле прямого действия, встроенных в приводы выключателей. Область применения реле прямого действия. Применение схем с дешунтированием катушки отключения выключателя. Область применения этих схем. Организацию и распределение выпрямленного оперативного тока. Применение блоков питания оперативных цепей, питаемых от измерительных трансформаторов тока и напряжения, а также от трансформаторов собственных нужд. Использование энергии предварительно заряженных конденсаторов. Использование комплектных устройств питания электромагнитов включения выключателей типа УКП.

Область применения выпрямленного оперативного тока. Организация и распределение переменного оперативного тока. Резервирование питания оперативных цепей. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.139-150

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Каково назначение оперативного тока?
2. Назвать источники постоянного оперативного тока.
3. В каких случаях на подстанциях применяется переменный, выпрямленный ток?

Тема 4.3. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ.

После изучения темы необходимо знать общие принципы управления электрическими аппаратами на подстанциях. Оперативные пункты управления ОГОУ. Конструкции и типы панелей щитов управления. Аппаратура, устанавливаемая на щитах управления. Типы ключей управления, их диаграммы, область применения, Размещение аппаратуры схем управления, сигнализации, измерения на панелях управления. Принципы ручного, дистанционного и автоматического управления. Общие требования к схемам управления выключателями. Схемы управления масляными выключателями с электромагнитным приводом. Блокировку от многократных включений, ограничение командных импульсов, контроль исправности цепи последующей операции. Особенности схем управления воздушными выключателями.

Блокировку цепей управления при понижении давления. Защиту электромагнитов управления воздушных выключателей. Релейную схему управления выключателями. Дистанционное управление выключателями с пружинно-грузовым приводом. Особенности схемы управления выключателями с электромагнитным приводом на переменном оперативном токе. Дистанционное управление разъединителями. Блокировка от неправильных операций с разъединителями. Схемы управления короткозамыкателями и отделителями на постоянном и переменном оперативном токе Рекомендуем изучать тему по [1] стр.480-489

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Какие устройства предусматриваются на подстанциях для управления оборудованием?
2. Каково назначение ключей управления?
3. Как предотвращается повторное включение выключателя КЗ, если после подачи команды на включение ключ управления длительно задерживается в положении "включено"?
4. В чем особенности схем управления воздушным выключателем?

Тема 4.4. СИГНАЛИЗАЦИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ И ПОДСТАНЦИЯХ.

После изучения темы необходимо знать общие сведения о сигнализации. Объектную и центральную сигнализация. Схемы сигнализации положения элементов первичной цепи при использовании различных ключей в схеме управления выключателями.

Сигнализацию аварийного отключения выключателя. Организацию цепей мигающего света. Объектную предупредительную сигнализацию. Схемы центральной аварийной и предупредительной сигнализации. Элементы схем: реле РИС, РТД, приборы звуковой и световой сигнализации, указательные реле. Выполнение сигнализации действия релейной защиты и автоматики. Пожарная сигнализация. Рекомендуем изучать тему по [1] стр.480-489

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

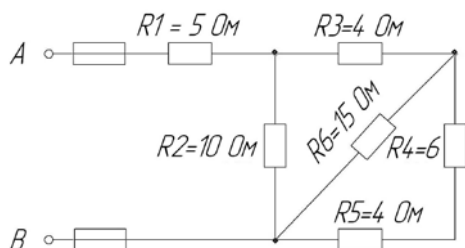
1. Каково назначение предупредительной сигнализации?
2. Каково назначение сигнализации аварийного отключения выключателя?
3. Как выполняется общая аварийная звуковая сигнализация?

3. ЗАДАНИЯ К ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.

Вариант – 1.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «МТЗ с реле прямого действия» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



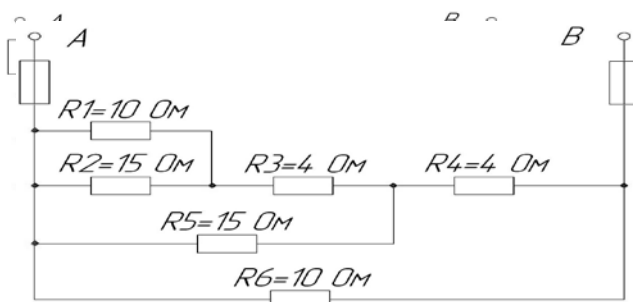
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 1,6 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора $S_{ном} = 1,6 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$

Вариант – 2.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «МТЗ с независимой характеристикой времени срабатывания на постоянном оперативном токе» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



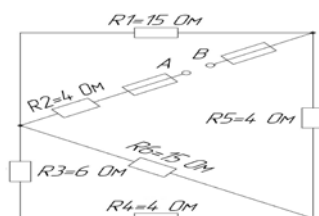
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 2,5 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора: $S_{ном} = 2,5 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$

Вариант – 3.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «МТЗ с блокировкой минимального напряжения» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



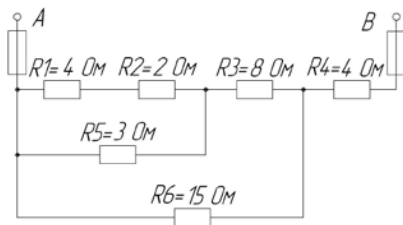
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 4 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора: $S_{ном} = 4 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$

Вариант – 4.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «МТЗ от однофазных К.З.» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



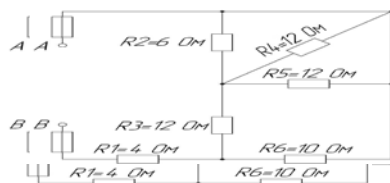
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 6,3 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора: $S_{ном} = 6,3 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Вариант – 5.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «Максимальная направленная защита» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



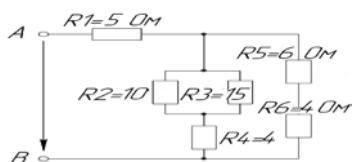
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 10 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора $S_{ном} = 10 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Вариант – 6.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «Поперечная дифференциальная защита параллельных линий» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



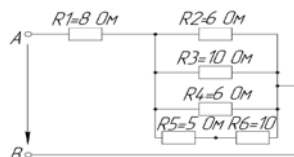
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 16 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора: $S_{ном} = 16 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 35 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Вариант – 7.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «Направленная поперечная дифференциальная защита параллельных линий» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



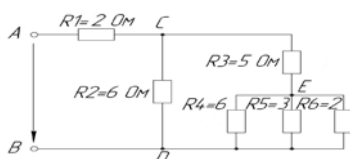
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 40$ МВА; $U_{ном1} = 35$ кВ; $U_{ном2} = 11$ кВ.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора $S_{ном} = 40$ МВА; $U_{ном1} = 35$ кВ; $U_{ном2} = 11$ кВ.

Вариант – 8.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «Дифференциальная отсечка двух обмоточного трансформатора» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



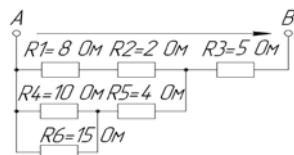
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 63$ МВА; $U_{ном1} = 115$ кВ; $U_{ном2} = 38,5$ кВ.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора: $S_{ном} = 63$ МВА; $U_{ном1} = 115$ кВ; $U_{ном2} = 38,5$ кВ.

Вариант – 9.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «Защита ЭД напряжением до 500В» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



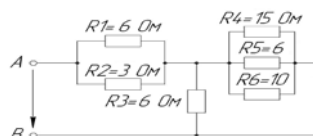
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 2,5$ МВА; $U_{ном1} = 110$ кВ; $U_{ном2} = 6,6$ кВ.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора: $S_{ном} = 2,5$ МВА; $U_{ном1} = 110$ кВ; $U_{ном2} = 6,6$ кВ.

Вариант – 10.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «Защита СД от выпадания из синхронизма» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



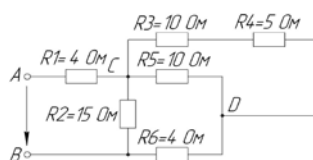
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 40$ МВА; $U_{ном1} = 115$ кВ; $U_{ном2} = 38,5$ кВ.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора: $S_{ном} = 40$ МВА; $U_{ном1} = 115$ кВ; $U_{ном2} = 38,5$ кВ.

Вариант – 11.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «Максимальная направленная защита» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



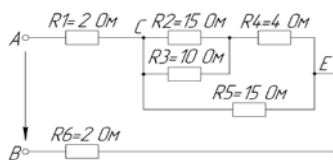
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 6,3$ МВА; $U_{ном1} = 115$ кВ; $U_{ном2} = 6,6$ кВ.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора $S_{ном} = 6,3$ МВА; $U_{ном1} = 115$ кВ; $U_{ном2} = 6,6$ кВ.

Вариант – 12.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «МТЗ с зависимой характеристикой времени срабатывания на постоянном оперативном токе» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



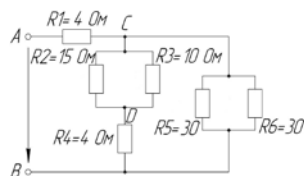
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 10$ МВА; $U_{ном1} = 121$ кВ; $U_{ном2} = 38,5$ кВ.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора $S_{ном} = 10$ МВА; $U_{ном1} = 121$ кВ; $U_{ном2} = 38,5$ кВ.

Вариант – 13.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «МТЗ от междуфазных и однофазных К.З.» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



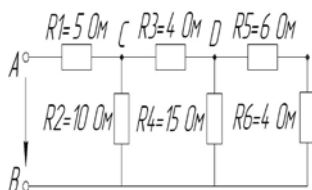
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 16 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 115 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 6,6 \text{ кВ}$.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора $S_{ном} = 16 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 115 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 6,6 \text{ кВ}$.

Вариант – 14.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «МТЗ с реле прямого действия» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы



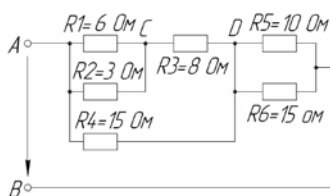
Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 16 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 115 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора $S_{ном} = 16 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 115 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 11 \text{ кВ}$.

Вариант – 15.

Задача 1. Привести принципиальную схему защиты «МТЗ с блокировкой минимального напряжения» и описать её работу.

Задача 2. Определить результирующее сопротивление, ток в месте КЗ и распределение токов КЗ по ветвям схемы:



Задача 3. Подобрать трансформаторы тока для дифференциальной защиты трансформатора, определить ток прохождений по реле и подобрать промежуточный автотрансформатор: $S_{ном} = 25 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 113 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 38,5 \text{ кВ}$.

Задача 4. Рассчитать продольную дифференциальную защиту трансформатора $S_{ном} = 25 \text{ МВА}$; $U_{ном1} = 113 \text{ кВ}$; $U_{ном2} = 38,5 \text{ кВ}$.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнять контрольные задания следует только после изучения всех тем курса, относящихся к данному заданию, так как большинство вопросов различных тем связаны друг с другом и для того, чтобы понять последующий материал и написать по нему работу, нужно хорошо знать предыдущий. Помимо этого многие вопросы контрольных заданий поставлены

таким образом, что охватывают материал нескольких тем, и дать на такой вопрос правильный и исчерпывающий ответ можно только при знании всех разделов курса.

Контрольные задания нужно выполнять аккуратно, небрежное выполнение работы снижает ее ценность. Ответы на вопросы должны быть четкими и отражать суть данного вопроса. Отвечать необходимо своими словами, избегая книжных формулировок.

Там, где это необходимо, ответы должны сопровождаться схемами, даже если в задании не указано на необходимость представления их. Схемы необходимо выполнять четко и аккуратно, проставлять все буквенные обозначения, используя их при описании работы схемы. Рисунки, эскизы и чертежи электрических аппаратов и приборов должны иметь цифровые обозначения деталей или элементов. Этими обозначениями нужно пользоваться при описании аппарата.

При вычерчивании электрических схем нужно пользоваться условными обозначениями элементов в соответствии с действующими стандартами ЕСКД.

Задача 1. Для выполнения этой задачи необходимо изучить принцип действия защиты по лит.1. Затем зарисовав схему описать последовательность срабатывания элементов схемы с соответствующими пояснениями.

Задача 2. Расчеты токов КЗ и напряжений в разветвленной сети. В сложной разветвленной сети для того, чтобы определить ток в месте КЗ, необходимо предварительно преобразовать схему замещения так, чтобы она имела простой вид, по возможности с одним источником питания и одной ветвью сопротивления. С этой целью производится сложение последовательно и параллельно включенных ветвей, треугольник сопротивлений преобразуется в звезду и наоборот.

Пример решения задачи приведен в литературе 1 стр. 32

Пример 1. Преобразовать схему замещения, приведенную на рис. 1.27, определить результирующее сопротивление и ток в месте КЗ. Значения сопротивлений указаны на рис. 1.27.

Решение. Преобразование схемы замещения производят в следующей последовательности.

Складывают параллельно включенные сопротивления X_2 и X_3 :

$$X_6 = \frac{X_2 X_3}{X_2 + X_3} = \frac{20 \times 40}{20 + 40} = 13,3 \text{ Ом}$$

Складывают последовательно включенные сопротивления X_5 и X_6 :

$$X_7 = X_5 + X_6 = 5 + 13,3 = 18,3 \text{ Ом.}$$

Производят сложение параллельно включенных сопротивлений X_4 и X_7 :

$$X_8 = \frac{X_4 X_7}{X_4 + X_7} = \frac{20 \times 18,3}{20 + 18,3} = 9,6 \text{ Ом}$$

Определяют результирующее сопротивление как сумму сопротивлений X_1 и X_8 :

$$X_{\text{рез}} = X_1 + X_8 = 10 + 9,6 = 19,6 \text{ Ом.}$$

После подсчета результирующего сопротивления определяют ток в месте КЗ:

$$I_k = \frac{U_c}{\sqrt{3} X_{\text{рез}}} = \frac{115}{\sqrt{3} \times 19,6} = 3,4 \text{ кА}$$

Распределение токов КЗ производят последовательно в обратном порядке, начиная с последнего этапа преобразования схемы замещения. Для распределения токов по ветвям схемы можно воспользоваться формулами, приведенными в табл. 1.1.

Пример 2. Распределить ток КЗ по ветвям схемы, приведенной на рис. 1.27.

Решение. Определим токи в параллельных ветвях 4 и 7 в соответствии с формулами табл. 1.1:

$$I_4 = I_{\text{сум}} \frac{X_8}{X_4} = I_{\text{сум}} \frac{X_7}{X_7 + X_4} = 3,4 \frac{18,3}{18,3 + 20} = 1,63 \text{ кА}$$

$$I_7 = I_{\text{сум}} \frac{X_8}{X_7} = I_{\text{сум}} \frac{X_4}{X_7 + X_4} = 3,4 \frac{20}{18,3 + 20} = 1,77 \text{ кА}$$

Ток I_7 проходит по сопротивлению X_5 и затем разветвляется по параллельным ветвям X_2 и X_3 :

$$I_2 = I_7 \frac{X_6}{X_2} = I_7 \frac{X_3}{X_2 + X_3} = 1,77 \frac{40}{20 + 40} = 1,18 \text{ кА};$$

$$I_3 = I_7 \frac{X_6}{X_3} = I_7 \frac{X_2}{X_2 + X_3} = 1,77 \frac{20}{20 + 40} = 0,59 \text{ кА}.$$

Остаточное напряжение в любой точке разветвленной схемы можно определить последовательным суммированием или вычитанием падений напряжений в ее ветвях.

Пример 3. Определить остаточное напряжение в точках a и b схемы, приведённой на рис. 1.27.

Задача 3.

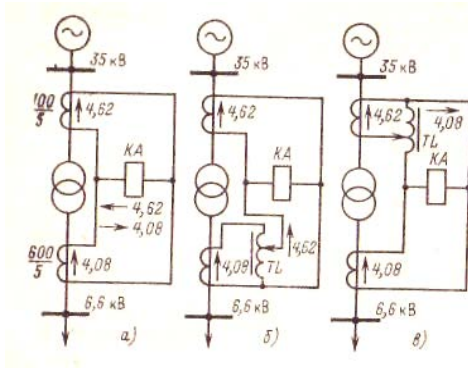


Рис. 8.3. Соотношение вторичных токов в схеме дифференциальной защиты трансформатора и схемы включения промежуточного автотрансформатора тока для выравнивания вторичных токов.

Неравенство вторичных токов и разнотипность трансформаторов тока.

Поскольку у трансформаторов и автотрансформаторов токи со стороны обмоток высшего, среднего и низшего напряжений не равны, трансформаторы тока, выбираемые по номинальным токам обмоток, имеют разные коэффициенты трансформации и различное конструктивное выполнение. Вследствие этого они имеют различные характеристики и погрешности.

Номинальные токи обмоток трансформаторов (автотрансформаторов), как правило, не совпадают со шкалой номинальных токов ТТ. Поэтому при выборе ТТ принимается трансформатор тока, номинальный ток которого является ближайшим большим по отношению к номинальному току обмотки трансформатора (автотрансформатора). Так, например, номинальные токи обмоток трансформатора мощностью 5600 кВ-А, напряжением 35/6,6 кВ составляют:

со стороны обмотки 35 кВ

$$I_{35} = \frac{5600}{\sqrt{3} \times 35} = 92,5 \text{ А}$$

со стороны обмотки 6,6 кВ

$$I_{6,6} = \frac{5600}{\sqrt{3} \times 6,6} = 490 \text{ А}$$

При определенных выше номинальных токах ТТ должны иметь коэффициенты трансформации: со стороны 35 кВ—100/5 и со стороны 6,6 кВ — 600/5. При этом вторичные токи ТТ составляют (рис. 8.3, а):
со стороны обмотки 35 кВ

$$I'_{35} = \frac{92,5}{100/5} = 4,62 \text{ А}$$

со стороны обмотки 6,6 кВ

$$I'_{6,6} = \frac{490}{600/5} = 4,08 \text{ А}$$

Таким образом, вследствие неравенства вторичных токов в плечах дифференциальной защиты в дифференциальном реле при номинальной нагрузке трансформатора проходит ток небаланса, равный:

$$I_{p,нб} = I'_{35} - I'_{6,6} = 4,62 - 4,08 = 0,54 \text{ А}$$

При сквозном КЗ этот ток возрастает пропорционально току КЗ, а также вследствие возрастания погрешностей ТТ, имеющих неодинаковые характеристики, что может вызвать ложное действие дифференциальной защиты.

Поэтому для снижения тока небаланса, вызванного неравенством вторичных токов ТТ дифференциальной защиты, производится выравнивание этих токов путем включения специальных промежуточных автотрансформаторов тока *TL* или путем использования выравнивающих или уравнительных обмоток дифференциальных реле (см. ниже).

Промежуточные автотрансформаторы тока, как показано на рис. 8.3, б и в, могут включаться со стороны обмотки как низшего, так и высшего напряжения. Рекомендуется включать их со стороны более мощных ТТ.

Для рассмотренного выше трансформатора промежуточный автотрансформатор тока *TL*, установленный со стороны 6,6 кВ (рис. 8.3, б), должен повышать ток с 4,08 до 4,62 А, т. е. должен включаться как повышающий и иметь коэффициент трансформации:

$$n_{TL} = \frac{4,08}{4,62} = 0,88.$$

Поскольку у трансформаторов и автотрансформаторов токи со стороны обмоток высшего, среднего и низшего напряжений не равны, трансформаторы тока, выбираемые по номинальным токам обмоток, имеют разные коэффициенты трансформации и различное конструктивное выполнение. Вследствие этого они имеют различные характеристики и погрешности.

Номинальные токи обмоток трансформаторов (автотрансформаторов), как правило, не совпадают со шкалой номинальных токов ТТ. Поэтому при выборе ТТ принимается трансформатор тока, номинальный ток которого является ближайшим большим по отношению к номинальному току обмотки трансформатора (автотрансформатора) таким образом, вследствие неравенства вторичных токов в плечах дифференциальной защиты в дифференциальном реле при номинальной нагрузке трансформатора проходит ток небаланса. При сквозном КЗ этот ток возрастает пропорционально току КЗ, а также вследствие возрастания погрешностей ТТ, имеющих неодинаковые характеристики, что может вызвать ложное действие дифференциальной защиты.

Поэтому для снижения тока небаланса, вызванного неравенством вторичных токов ТТ дифференциальной защиты, производится выравнивание этих токов путем включения специальных промежуточных автотрансформаторов тока *TL* или путем использования выравнивающих или уравнительных обмоток дифференциальных реле.

Промежуточные автотрансформаторы тока, могут включаться со стороны обмотки как низшего, так и высшего напряжения. Рекомендуется включать их со стороны более мощных ТТ.

Пример решения задачи дан в литературе 1 стр. 125-127

Задача 4. Схема ДТЗ работает по принципу сравнения токов по концам

защищаемого элемента сети.

Для работы этой защиты с обеих сторон защищаемого объекта установлены трансформаторы тока. При нормальном режиме и при коротких замыканиях вне защищаемого контура, ток в реле РНТ будет равен токам погрешности трансформаторов тока от чего и отстраивается ток небаланса.

Среднее значение первичных и вторичных токов для всех сторон защищаемого трансформатора.

Таблица 4.

Наименование величины	Численное значение для сторон	
	ВН	НН
Номинальный ток трансформатора	$I_{Н1} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} U_{НОМ}}$	$I_{Н2} = \frac{S_{НОМ}}{2 \sqrt{3} U_{НОМ2}} A$
Коэффициент трансформации трансформаторов тока, K_y	$K_{y1} = \frac{\sqrt{3} I_{та1}}{I_{та2}}$	$K_{y2} = \frac{I_{та1}}{I_{та2}}$
Схема соединения трансформаторов тока	Δ	Y
Вторичный ток в плечах защиты, I_B, A	$I_{B1} = \frac{I_{НОМ1} K_{сх}}{K_{y1}}$	$I_{B2} = \frac{I_{НОМ2} K_{сх}}{K_{y2}}$

где: $K_{сх}$ - коэффициент схемы табл.9.2 [1]

Дифференциальная защита отстраивается от тока небаланса.

$$I_{сз} > K_n * I_{нб}$$

где K_n - коэффициент надёжности для реле РНТ-565 равен 1,3 [1],

$I_{нб}$ - ток небаланса, А

$$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб}$$

$I'_{нб}$ - ток небаланса, обусловленный погрешностью ТТ, А,

$I''_{нб}$ - ток небаланса, вызванный различием сопротивлений А,

$$I'_{нб} = \varepsilon \cdot I_{\infty}$$

ε - относительная погрешность трансформатора тока равная 0,1

Ток срабатывания защиты из условия отстройки от расчётного тока небаланса при внешнем коротком замыкании:

$$I_{с.з} \geq K_{отс} \cdot I'_{нб}, \text{кА}$$

где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки реле § 9.3

Первичный ток срабатывания защиты из условия отстройки от бросков тока намагничивания:

$$I_{с.з} = 1.3 \cdot I_H, A$$

$$Z_{2нно} = \frac{S_{2нно}}{I_{2н}^2}, \text{Ом}$$

За предварительное значение $I_{c.3}$ принимается большее значение из двух условий:
 Расчётный ток срабатывания реле отнесённый к основной стороне:

$$i_{\text{ср.расч.}\Delta} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{c.3}}{K_{y1}}, \text{ А}$$

Расчётное число витков обмотки реле включенного в плечо защиты на основной стороне:

$$\omega_{\text{осн.расч.}} = \frac{100}{i_{\text{ср.расч.}\Delta}}$$

где 100 (А) – магнитодвижущая сила срабатывания реле РНТ –565 [1].

$$\omega_{\text{осн.расч.}} = \frac{100}{16,3} = 6,1$$

Принятое число витков обмотки реле, включенное в плечо защиты на основной стороне:

$$\omega_{\text{прин.осн.}} =$$

Расчётное число витков обмотки реле включенного в плечо защиты на неосновной стороне:

$$\omega_{\text{неосн.расч}} = \omega_{\text{осн}} \cdot \frac{I_{\text{в.осн}}}{I_{\text{в.неосн}}}$$

$$\omega_{\text{прин.неосн}} \geq \omega_{\text{расч.неосн}} \Rightarrow \omega_{\text{прин.неосн}}$$

Первичный ток небаланса при внешнем коротком замыкании обусловленный округлением расчётного числа витков обмотки реле, включенного в плечо защиты на основной стороне:

$$I''_{\text{нб}} = \frac{\omega_{\text{неосн.расч}} - \omega_{\text{неосн}}}{\omega_{\text{неосн.расч}}} \cdot I_{\infty}, \text{ кА}$$

$$I'_{\text{нб}} = I'_{\text{нб}} + I''_{\text{нб}}, \text{ кА}$$

$$I_{\text{нб}} = I'_{\text{нб}} + I''_{\text{нб}}, \text{ А}$$

$$i_{\text{ср.}\Delta} = \frac{I_{c.3}}{K_{y1}}, \text{ А}$$

Проверка реле на чувствительность:

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к}}^{(3)}}{2}, \text{ кА}, \quad \text{где } I_{\text{к}}^{(2)} - \text{двухфазное короткое замыкание.}$$

$$I_p = \frac{1,5 \cdot I_K^{(2)}}{K_{y1}}, A$$

$$K_{ч.р} = \frac{I_p \cdot \omega}{K_{y1}},$$

$K_{ч.р} > K_{доп}$ следовательно защита будет чувствительной.

Литература:

1. Беркович М.А. , Молчанов В.В., Семенов В.А. Основы техники релейной защиты. М.: Энергоатомиздат, 1984. -376с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М.: Высшая школа, 2006. -639с.: ил.

