

Библия релейной защиты и автоматики

Федоров В.А.

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 . Дайте определение релейной защите ?

Релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможна нормальная и надежная работа современных энергетических систем и предназначенная для защиты энергосистем и ее элементов от опасных последствий повреждений и ненормальных режимов. Релейная защита производит автоматическую ликвидацию аварии (при возникновении ненормальных режимов) или ее локализацию (отключение поврежденного элемента). Она тесно связана с другими видами электрической автоматики, предназначенной для предотвращения развития аварийных нарушений и быстрого восстановления нормального режима работы энергосистемы и электроснабжения потребителей; автоматического повторного включения (АПВ); автоматического включения резервных источников питания (АВР); автоматической частотной разгрузки (АЧР) и др.

Релейная защита – непрерывно изменяющаяся и расширяющаяся область электроэнергетики, использующая сейчас микропроцессорную аппаратуру и компьютерные программы не только для защиты, но и для комплексного управления электроустановками.

Есть еще одно определение: *релейной защитой* называется устройство, реагирующее на возникновение в электрической установке аварий или ненормальных режимов. Релейная защита представляет собой электрическую схему, состоящую из одного или несколько реле – специальных электрических или неэлектрических приборов, работающих при возникновении аварийного или ненормального режима. Релейная защита автоматически определяет участок с аварией или ненормальным режимом и подает команду на отключение соответствующего выключателя или сигнал обслуживающего персонала.

Только та система, которая достаточно хорошо защищена, гарантирует удовлетворительную работу.

«Будущее потребует более совершенных защит, принципы в основном останутся те же» (В.И. Иванов 1900-1964г.г.).

«Релейная защита – постоянно изменяющаяся и расширяющаяся наука, что восхищает даже тех, кто глубоко и всеобъемлюще вовлечен в эту науку, и в первую очередь я» М.А.Шабад.[9]

1.2. Дайте определение термину реле .

Согласно ГОСТ 16022-70 , под термином реле принято понимать автоматически действующий аппарат ,предназначенный при заданном значении воздействующей величины, характеризующей определенное внешнее явление, производить скачкообразные изменения в управляемых системах. Иными словами реле – это автоматический аппарат, контролирующий значение какой-либо физической величины, называемой управляющей величиной, и воздействующий на значение другой физической величины, называемой управляемой величиной. Отличительный признак реле – скачкообразное изменение управляемой величины при достижении управляющей величиной определенного, заранее установленного значения.

Реле является основным элементом всякой схемы релейной защиты. Реле предназначены для организации управления, контроля и автоматизации процессов, реализуемых электротехническими устройствами, а также для защиты электрооборудования и электрических сетей от нормальных режимов работы.

Реле управления. В их составе реле промежуточные, указательные. реле напряжения, реле времени.

Реле защиты, куда входят реле контроля напряжения, реле тока (в т.ч. дифференциальные), реле повторного включения, электротепловые и температурные реле, реле мощности, реле сопротивления, реле частоты и фазы, а также специальные реле.

Реле было сконструировано в 1835 г. физиком Генри . В переводе с французского означает «перекладные лошади».

Реле защиты имеющие электрические воздействующие величины называются электрическими. Элементной базой электрических реле является:

- электромеханическая конструкция, принципом действия которых основан на притяжении стальной подвижной системы к электромагниту при прохождении тока по его

обмотке. Они подразделяются на электромагнитный, индукционный и магнитоэлектрический принцип работы;

- полупроводниковые приборы, изготавливаемые из отдельных диодов, транзисторов и вспомогательных деталей, интегральных микросхемах или так называемые, *статические* реле;

- микропроцессорные (цифровые) устройства РЗА основаны на программированных цифровых устройствах, так называемые микропроцессорные системы, обрабатывающие вводимые в них данные и управляющие внешними устройствами. При использовании микропроцессоров (МП) алгоритм функционирования РЗ задается программой, хранящейся в памяти МП. Для изменения алгоритма достаточно изменить программу, не меняя элементы РЗ и связи между ними. Выполняемые таким образом РЗ называются программными, или микропроцессорными.

[9]

1.3. Что называется устройством РЗА и на какие группы они делятся ?

Устройство РЗА – это совокупность элементов (аппаратов, реле, цепей и др.), установленных на одном энергетическом объекте и предназначенных для решения конкретной задачи РЗА. Устройство может являться самостоятельной единицей учета, если оно содержит сигнальный элемент, по которой можно судить о его срабатывании.

Все устройства РЗА делятся независимо от ведомственной или хозяйственной принадлежности энергообъектов на четыре группы:

- 1-я группа – устройства, находящиеся в оперативном управлении диспетчера ЦДУ;
- 2-я группа – устройства, находящиеся в оперативном управлении ОДУ;
- 3-я группа – то же энергосистем (АО-энерго);
- 4-я группа – то же ПЭС, ПМЭС, а так же дежурных инженеров ТЭС, АЭС, ГЭС.

1.4. Какие устройства РЗА считаются простыми и сложными?

Согласно рекомендаций фирмы ОРГРЭС (УДК 621.316.925.2), в качестве простых устройств РЗА названы:

- максимальные токовые защиты с пуском по напряжению и без него (кроме направленных) и токовые отсечки, а так же аналогичные им ;
- защиты минимального и максимального напряжения без контроля перетока мощности;
- дифференциальные токовые отсечки и защиты с реле РНТ;
- трехфазное простое АПВ и АВР;
- газовая защита;
- устройства защиты от замыканий на землю ,контролирующие один параметр и действующие на сигнал или отключение.

Все остальные устройства РЗА отнесены к разряду сложных.

Кроме этого существует термин *прочая электроавтоматика*, к ней можно отнести:

- автоматические осциллографы;
- устройства сигнализации замыкания на землю;
- контроль изоляции постоянного тока (на аккумуляторных батареях);
- устройство питания постоянного тока (ШУОТы), щиты постоянного тока ГЩУ;
- устройство питания выпрямленным током (БПТ, БПН, БПЗ,БПНС, УСН);
- шкафы отбора напряжения (ШОНы);
- выпрямительные подзарядные агрегаты типа ВАЗП, ВУК;
- схемы управления выключателями на постоянном оперативном токе;
- схемы управления выключателями на переменном оперативном токе;
- схемы автоматики ТН 110-220 кВ.

1.5. Какие существуют виды защит?

1. *Основная защита* – защита, предназначенная для действия при всех видах КЗ в пределах всего защищаемого элемента, со временем меньшим, чем у других установленных на этом элементе защит.

2. *Резервная защита* – защита, предназначенная для резервирования действия основных защит при КЗ в пределах зоны действия основной защиты, а также для резервирования в полном или частичном объеме основной и резервной защит смежных присоединений. Резервная защита, как правило, выполняется многоступенчатой. Резервная защита ВЛ может дублировать основную защиту при наличии телеускорения, действующего при всех видах КЗ в пределах защищаемой ВЛ, а также выполнять функцию основной защиты, если по условиям устойчивости допускается ее использовать при всех видах КЗ.

3. *Защита с абсолютной селективностью* – защита без выдержки времени, зона действия которой не выходит за пределы защищаемого элемента. Основные быстродействующие защиты (например, дифференциальные, высокочастотные), как правило, имеют абсолютную селективность

4. *Защита с относительной селективностью* – защита, защищающая не только «свой» элемент, но и смежные. Селективность обеспечивается выбором выдержек времени.

5. *Дублирующая защита* – защита, которая по своим параметрам и характеристикам полностью дублирует основную или резервную защиту, но имеющая цепи оперативного тока, ТН и ТТ, независимые от них, при этом коммутационный аппарат не дублируется.

6. *Дальнее резервирование* – наличие на смежных элементах сети резервных защит с относительной селективностью, действующих при отказе защит защищаемого элемента.

7. *Ближнее резервирование* – наличие на защищаемом элементе второго комплекса защит от всех видов КЗ, с временем действия равным или близким времени действия основной защиты и имеющего полностью, или частично независимое от основной защиты питание по цепям оперативного тока, ТН и ТТ.[9].

1.6. Какая документация должна быть в СРЗА?

В СРЗА(ЭТЛ) должна быть следующая документация по техническому обслуживанию устройств РЗА:

- исполнительные принципиально-монтажные схемы;
- паспорт-протокол с указанием результатов наладочных испытаний и последующих проверок;
- указания ЦСРЗА и СРЗА(ЭТЛ) по уставкам, карты уставок, отражающие действительные уставки устройств РЗА;
- инструкции, руководящие указания, противоаварийные циркуляры, рекомендации, информационные сообщения;
- рабочая тетрадь для каждого участка или подстанции.

Перечень групп устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы, утверждается техническим руководителем энергосистемы или энергообъекта.

Можно рекомендовать следующий перечень технической документации для служб РЗА:

1. Текущая документация.
 - 1.1. Приказы и указания вышестоящих организаций (РАО «ЕЭС России»; ОАО-энеого и др.).
 - 1.2. Приказы и указания предприятия.
 - 1.3. Переписка входящая.
 - 1.4. Переписка исходящая.
 - 1.5. Планы работы службы РЗА.
 - 1.6. Документация по работе с персоналом.
 - 1.7. Отчеты службы РЗА.
 - 1.8. Документация по охране труда.
 - 1.9. Информационный материал по РЗА.
 - 1.10. Акты, протокола, предписания.
 - 1.11. Информация по новой технике.
 - 1.12. Программы производства работ.
 - 1.13. Заявки на аппаратуру РЗА.
 - 1.14. Информация о неправильной работе устройств РЗА.
 - 1.15. Положение о службе РЗА.
2. Журналы.
 - 2.1. Журнал регистрации инструктажей.
 - 2.2. Журнал учета проверки знаний, норм и правил работы в электроустановках.

- 2.3. Журнал распоряжений по службе РЗА.
- 2.4. Журнал проработки информационных, распорядительных материалов.
- 2.5. Журнал входящих телефонограмм.
- 2.6. Журнал противопожарных тренировок.
- 2.7. Журнал учета и содержания средств защиты.
- 2.8. Журнал учета и контроля выполнения директивных, распорядительных материалов.
- 2.9. Журнал обхода и осмотра рабочих мест.
- 2.10. Журнал учета работ по нарядам и распоряжениям.

3. Нормативно-техническая документация.

- 3.1. Правила устройств электроустановок.
- 3.2. Правила технической эксплуатации электростанций и сетей.
- 3.3. Межотраслевые правила по охране труда.
- 3.4. Правила пожарной безопасности.
- 3.5. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями.
- 3.6. Правила организации работы с персоналом.
- 3.7. Инструкция по организации и производству работ в устройствах РЗА.
- 3.8. Объем и нормы испытаний электрооборудования.
- 3.9. Правила технического обслуживания устройств РЗА.
- 3.10. Инструкции, методические и руководящие указания, используемые при ведении ТО устройств РЗА.
- 3.11. Карты селективности.
- 3.12. Принципиальные схемы устройств РЗА.

1.7. Каковы основные требования, предъявляемые к релейной защите ?

1.7.1 *Селективность*—селективностью или избирательностью защиты называется способность защиты отключать при КЗ только поврежденный участок сети.

1.7.2. *Быстродействие*—способность работать с минимально допустимой выдержкой времени. Без выдержки времени могут работать только защиты, обладающие абсолютной селективностью (дифференциальные, высокочастотные первые ступени токовых защит – токовые отсечки).

Для сетей 110-220кВ предельное время отключения КЗ составляет 0,15-0,3 сек, для ЛЭП 330-500кВ 0,1-0,12 сек.

В распределительных сетях 6-10кВ КЗ можно отключать со временем 1,5-3сек, так как они не вызывают опасного понижения напряжения на генераторах и не влияют поэтому на устойчивость системы.

Защиты, действующие с временем до 0,1-0,2сек, считаются быстродействующими.

1.7.3. *Чувствительность*—способность релейной защиты реагировать на те отклонения от нормального режима, которые возникают в результате повреждения.

Резервирование следующего участка является важным требованием. Чувствительность защиты принято характеризовать коэффициентом чувствительности Кч.

Для защит, реагирующих на ток КЗ:

$$Kч = \frac{I_{к.з.min}}{I_{с.з}}$$

где $I_{к.з.min}$ — минимальный ток КЗ;

$I_{с.з}$ — наименьший ток, при котором защита начинает работать (ток срабатывания защиты).

1.7.4. *Надежность* — способность защиты безотказно действовать в пределах установленной для нее зоны и не работать ложно в режимах, при которых действие релейной защиты не предусматривается.[32].

1.8. Какие существуют виды технического обслуживания устройств РЗА?

Устанавливаются следующие виды технического обслуживания устройств РЗА:

Н — проверка при новом включении(наладка);

К1 — первый профилактический контроль;

- К — профилактический контроль;
- В — профилактическое восстановление(ремонт);
- Т — тестовый контроль;
- О — опробование;
- технический осмотр.

Кроме того, в процессе эксплуатации могут проводиться следующие виды внепланового технического обслуживания:

- внеочередная проверка;
- после аварийная проверка.

Профилактический контроль заключается в проверке работоспособности всего устройства РЗА. Первый профилактический контроль УРЗА, дистанционного управления и сигнализации должен проводиться через 10-15 месяцев после включения УРЗА в эксплуатацию.

Тестовый контроль как дополнительный вид ТО применяется для УРЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе имеющих соответствующие встроенные средства и производится не реже одного раза в 12 месяцев.

Допускается, с целью совмещения проведения ТО УРЗА с ремонтом основного оборудования, перенос запланированного вида ТО на срок до года.

Для таких устройств вторичных соединений, как дистанционное управление, сигнализация, блокировка, проводятся только профилактические восстановления, опробования и осмотры с периодичностью, установленной для соответствующих УРЗА.

Кроме профилактического контроля, в период нормальной эксплуатации предусмотрено при необходимости проведение периодических опробований, назначение которых является дополнительной проверкой работоспособности наименее надежных элементов УРЗА:

- реле времени с часовым механизмом, технологических датчиков, приводов коммутационных аппаратов(исполнительных механизмов).

При частичном изменении схем или реконструкции УРЗА, при восстановлении цепей, нарушенных в связи с ремонтом основного оборудования, при необходимости изменения уставок или характеристик реле и устройств проводятся внеочередные проверки.

После аварийные проверки проводятся для выяснения причин отказов функционирования или неясных действий УРЗА.

Периодически должны проводиться внешние технические осмотры аппаратуры и вторичных цепей, проверка положения переключающих устройств и испытательных блоков. [32].

1.9. Какие приняты оценки срабатывания УРЗА?

Принимаются следующие оценки срабатывания УРЗА:

- ПС- правильные срабатывания;
- НС- неправильные срабатывания;
- ИС- излишние срабатывания;
- ЛС- ложные срабатывания;
- ОС- отказы срабатывания;
- НВС невыясненные срабатывания.

К числу общей оценки, приняты следующие оценки:

- правильно;
- правильно с замечанием;
- неправильно.

Дополнительной категорией учета являются допущенные неправильные срабатывания и несрабатывания РЗА, к которым относятся случаи неправильных действий, возможность которых была заранее известна, что было признано допустимым из-за малой вероятности события или малой тяжести последствий. Допущенные неправильные срабатывания и несрабатывания учитываются отдельно и не суммируются с неправильными срабатываниями. Причинами допущенных неправильных срабатываний и не срабатываний могут быть:

а) не учет маловероятных режимов (например, с большим объемом ремонтных и аварийных отключений линий, трансформаторов, автотрансформаторов, генераторов) при выборе уставок РЗА, что может привести к их излишеству (неселективному) действию или отказу. Не учет таких режимов должен специально оформляться решением главного инженера или главного диспетчера согласно подведомственности устройств РЗА;

б) заранее известное техническое несовершенство того или иного устройства. Например, возможность неправильного действия поперечной дифференциальной токовой направленной защиты параллельных линий при КЗ с одновременным обрывом провода; возможность срабатывания дистанционной защиты при асинхронном режиме (с пуском устройства блокировки при качаниях от внешнего КЗ) и другие аналогичные причины;

в) заранее известная возможность неправильного действия устройств РЗА, исходя из его принципа действия. Например, излишнее действие полностью исправного полукомплекта защиты ДФЗ при внешнем КЗ из-за неисправности полукомплекта на противоположном конце линии.

К допущенным неправильным срабатываниям относятся также срабатывания исправных исполнительных устройств противоаварийной автоматики, действующих на отключение нагрузки, генераторов, деление сети и другое, если эти срабатывания не требовались по режиму и вызваны ложной или излишней пусковой командой.

Неправильная работа одного и того же устройства РЗА, происходящая (повторяющаяся) в течение одних суток, учитывается как один случай, одно неправильное срабатывание. [17].

1.10. Как выполняются работы по техническому обслуживанию устройств РЗА?

Работы в действующих электроустановках по ТО УРЗА со сложными связями или требующие координации отдельных этапов работ, особенно охватывающих несколько объектов или связанных с большим объемом работ по сложной реконструкции УРЗА, выполняются, как правило, по программам.

Программы составляются в целях обеспечения такого порядка работ в УРЗА действующих электроустановках, который не привел бы к снижению надежности работы электростанций и подстанций и был бы безопасным для персонала, проводящего эти работы. [17].

1.11. Назовите содержание программы работ?

Программа работ должна содержать:

- объект, наименование, цель, объем работ;
- исходное состояние прилегающей части энергосистемы, первичного оборудования и устройств РЗА;
- порядок производства тех этапов работ, проведение которых связано с возможным нарушением режимов работы энергооборудования и технологических систем;
- перечень мер, предотвращающих непредусмотренные воздействия на первичное оборудование и на цепи других УРЗА:

а) УРЗА, которые выводятся из работы, УРЗА, которые при этом остаются в работе, дополнительные устройства, вводимые постоянно или на определенных этапах работы;

б) дополнительные меры безопасности – отсоединение и изоляция проводов в цепях воздействия, закрытием изоляционным материалом других цепей и т. п.;

в) порядок ввода УРЗА в работу после окончания работ, вывода дополнительных устройств и т.п. , т.е. восстановление нормального режима работы УРЗА с указанием возможного опробования работы РЗА на коммутационную аппаратуру;

- определенную последовательность операций с коммутационными аппаратами первичной сети и с УРЗА ,если при производстве работ такая последовательность необходима;
- указания о выполнении схемы первичных соединений и режимах работы электрооборудования, которые требуются по завершению работы;
- остальные этапы работы, например, собственная проверка УРЗА, в программе не описывается ,а дается ссылка на соответствующие НТД.

Программа на проведение ТО УРЗА должна составляться ответственным исполнителем и утверждаться в установленном в энергосистеме порядке. [17].

1.12. Когда используются типовые программы?

Для облегчения составления программ службами РЗА(ЭТЛ) могут быть подготовлены типовые программы. Перечень таких программ определяется на месте. Требования к содержанию типовых программ такие же, как к программам разового действия. При наличии

типовых программ составление программы работ упрощается и сводится к ссылке на типовую программу и при необходимости к записи дополнений к ней. Если в типовой программе содержатся исчерпывающие сведения о порядке проведения работы, то допускается рабочую программу не составлять, сделав запись в заявке о том, что работы будут выполняться согласно типовой программе.

В качестве типовых программ или их составных частей могут быть использованы правила ТО УРЗА, инструкции и методические указания по ТО УРЗА, (Образцы программ проведения сложных типовых операций с устройствами РЗА .СПО Союзтехэнерго, 1980).[17].

1.13. В каком порядке выводятся устройства РЗА для технического обслуживания ?

На все работы по ТО и испытаниям устройств РЗА действующих электроустановок оформляются оперативные заявки.

Ввод в работу новых УРЗА на действующем оборудовании должен оформляться соответствующими плановыми заявками.

Допускается оформление одной заявкой ввод нескольких УРЗА с указанием очередности ввода каждого устройства.

При вводе в работу нового оборудования отдельных заявок на ввод в действие УРЗА этого оборудования не требуется.

Производство работ в цепях УРЗА, требующих отключения первичного оборудования, должно оформляться как заявка на вывод оборудования в ремонт.

Оперативные заявки должны оформляться независимо от того, включена ли данная работа в утвержденный план или на ее проведение имеются указания руководства или вышестоящих организаций.[17].

1.14. На какие виды делятся заявки?

Заявки делятся на следующие виды:

- плановые - подаются на работы ,выполняемые в соответствии с графиками ТО УРЗА;
- неплановые – подаются на работы , необходимость проведения которых возникла в процессе эксплуатации ,например , для изменения уставок и внесения изменений в схемы согласно указаний вышестоящих служб РЗА, направленных на улучшение параметров устройств РЗА;
- неотложные — подаются на работы, не являющиеся аварийными , но которые необходимо выполнять для предотвращения возможных аварийных отключений, а также для выявления причин отказов, излишней работы или неясных случаев срабатывания УРЗА, для выявления и устранения причин действия предупредительной сигнализации о неисправности аппаратуры, отклонения от нормы контрольных параметров и др.;
- аварийные -подаются на работы, которые требуют срочного отключения устройств РЗА в целях устранения возникших неисправностей и восстановления работоспособности устройств РЗА.[17].

1.15. Каковы сроки службы устройств РЗА ?

По опыту эксплуатации устройств РЗА на электромеханической элементной базе полный срок службы составляет 25 лет, превысив более чем в два раза средний срок службы 12 лет установленный техническими условиями на электромеханические устройства и релейную аппаратуру: реле электромеханические, реле статические, блоки испытательные, зажимы соединительные – 12 лет; реле магнитоэлектрические – 6 лет; монтажный провод – 15 лет; ключи серии ПМО – 8 лет; переключатели – 10 лет.

Технической документацией на устройства РЗА на микроэлектронной и цифровой базе полный средний срок службы установлен равным 12 годам. Действующими стандартами установлены средние сроки службы контрольных и радиочастотных (ВЧ) кабелей – 20 лет для контрольных кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией,

проложенных на улице, и 25 лет – в помещении (ГОСТ1508-78); для ВЧ кабелей – 13 – 15 лет в зависимости от марки кабелей (ГОСТ 11326.0-78).

1.16. Какова периодичность осмотра устройств РЗА персоналом служб РЗА?

В некоторых энергосистемах принята следующая периодичность осмотра устройств РЗА:

- начальник и зам начальника СРЗА — один раз в год ПС 110-5000кВ;
- старший мастер, мастер, инженер за закрепленными ПС — один раз в месяц ПС со сложными защитами, один раз в 3 месяца ПС с простыми защитами.

Независимо от периодических осмотров персоналом службы РЗА оперативно-диспетчерский персонал должен отвечать за правильное положение тех элементов РЗА, с которыми ему разрешено выполнять операции.

1.17. Какие категории оперативной подчиненности установлены в структуре диспетчерского технологического управления?

Все органы диспетчерского технологического управления (ДТУ) независимо от форм собственности соответствующего субъекта рынка, являющегося субъектом РЭС (ОЭС, ЕЭС), должны подчиняться командам (указаниям) вышестоящего технологического диспетчера.

Предусматривается две категории оперативной подчиненности—оперативное управление и оперативное ведение.

В *оперативном управлении* соответствующего диспетчера должны находиться силовое оборудование и средства управления, операции с которыми требуют координации действий подчиненного диспетчерского персонала и согласованного выполнения операций на нескольких объектах разного оперативного подчинения.

В *оперативном ведении* диспетчера должны находиться силовое оборудование и средства управления, состояние и режим которых влияют на режим работы соответствующей РЭС (ОЭС, ЕЭС). Операции с таким оборудованием и средствами управления должны проводиться с разрешения соответствующего диспетчера.

Перечни энергетического оборудования, ЛЭП и средств управления, находящихся в оперативном управлении или ведении диспетчеров и дежурного персонала соответствующих энергообъектов должны формироваться с учетом решений вышестоящего органа ДТУ и утверждается соответствующим руководителем. [65].

1.18. Какие схемы называются технологическими ?

Под технологической схемой понимается условное графическое изображение совокупности основных и вспомогательных элементов (оборудования) и связей между ними, определяющее основной технологический процесс.

К технологическим схемам электростанций и сетей относятся в частности схемы первичных и вторичных электрических соединений, а также оперативной блокировки разъединителей, источники собственных нужд. [23].

1.19. Назовите назначение и правильность ведения журналов по РЗА?

1.19.1. Журнал по РЗА состоит из двух частей (каждая часть оформлена отдельной книгой). В первую часть записываются необходимые сведения для дежурного персонала о работах в цепях и на панелях устройств РЗА, в том числе оперативные указания, во вторую – работа устройства РЗА.

1.19.2. Устанавливается следующий порядок по заполнению и ведению журналов по РЗА:

1.19.2.1. Журналы по РЗА для записи о работах на панелях и в цепях РЗА, произведенных персоналом СРЗА, и необходимых оперативных указаний дежурному персоналу (часть первая), должны быть на всех щитах управления подстанций напряжением 35кВ и выше, на главных щитах управления станций, на блочных щитах управления, а также на всех диспетчерских пунктах системы.

1.19.2.2. Журналы по РЗА для записи о работе устройств РЗА (часть вторая) должны находиться в СРЗА.

1.19.2.3. В журнал по РЗА, предназначенный для записи о произведенных работах на панелях и в цепях РЗА и оперативных указаний дежурному персоналу электростанций и подстанций, делаются записи о всех произведенных работах по модернизации, наладке при новом включении, при плановых и внеплановых проверках устройств РЗА и о работе в цепях вторичной коммутации любого объекта электростанции и подстанции.

Записи в журнале должны производиться в следующем объеме:

- дата, время записи;
- краткий перечень произведенных работ;
- результаты опробования действия всей схемы устройств РЗА, в том числе действие РЗА на выключатель;
- результаты проверки УРЗА током нагрузки с указанием числовых значений измеряемых величин;
- выводы о готовности УРЗА к включению в работу;
- оперативные указания по обслуживанию и эксплуатации УРЗА. Как правило, эти указания являются временными, до включения их в соответствующие инструкции, эксплуатационные схемы или исключения их при исчезновении обстоятельств, в связи с которыми произведена соответствующая запись (изменение первичной схемы, и т.д.);
- подписи производителя работ.

Если УРЗА может быть включено в постоянную работу только после его проверки током нагрузки, то об этом указывается в журнале и перечисляются мероприятия, которые необходимо выполнить для осуществления этой проверки (например, защиту выполнить направленной, и т.д.)

После проверки УРЗА током нагрузки делается вторая запись, в которой указывается, что данное УРЗА проверено и может быть включено в работу.

1.19.2.4. Записи в журнале по РЗА (часть первая) подтверждаются подписью лица, производящего эту запись, как правило, производителя работ или руководящего персонала СРЗА предприятия.

Если работа в УРЗА и запись в журнале производилась наладочной организации то эта запись должна быть также подписана лицом из релейного персонала, закрепленного за данным объектом, или лицом из руководящего состава СРЗА предприятия. При этом за достоверность записи несет ответственность лицо, производившее запись, в данном случае представитель наладочной организации.

Лицо из состава релейного персонала, закрепленного за данным объектом, или лицо из руководящего персонала СРЗА предприятия, поставившего свою подпись, отвечает за возможность включения в работу данного устройства (по данным записи), за правильность данных оперативному персоналу указаний по эксплуатацию данного устройства

1.19.2.5. Записи о осмотрах УРЗА персоналом СРЗА. При этом должно обязательно указываться, что все накладки и другие переключающие устройства РЗА соответствуют нормальной эксплуатационной схеме электростанции или подстанции, или ремонтной схеме (с указанием какой), если в момент проверки была ремонтная схема.

Записи в журнале подтверждаются подписью лица, производившего осмотр, и указывается дата и время, когда выполнен осмотр и эта запись.

1.19.2.6. Дежурный оперативный персонал электростанций и подстанций и диспетчерских пунктов, после записи релейным персоналом в журнал по РЗА различных оперативных указаний по обслуживанию УРЗА, обязан ознакомиться с содержанием записи и расписаться в соответствующей графе журнала. При принятии смены дежурный оперативный персонал обязан ознакомиться с записями в журнале по РЗА, которые были произведены в перерыве между его дежурством. После ознакомления дежурный оперативный персонал должен расписаться в соответствующей графе журнала.

1.19.2.7. Персонал СРЗА и ЦСРЗА при посещении щитов управления электростанций, подстанций и диспетчерских пунктов должен знакомиться с записями в журнале по РЗА и при необходимости делать соответствующие записи – замечания о порядке ведения этого журнала.

1.20. Как показываются контакты реле и сигнальные контакты первичного электрооборудования на схемах ?

Положение контактов реле на схемах условлено изображать в состоянии, соответствующем отсутствию тока в обмотках реле и отключенном положении первичного

электрооборудования (выключателей, отделителей, разъединителей, короткозамыкателей когда взведены пружины привода).[9].

1.21. Чем определяется необходимость мгновенного отключения КЗ на ЛЭП ?

Повреждения вызывают появление значительных аварийных токов и сопровождаются глубоким понижением напряжения на шинах электростанций и подстанций. Ток повреждения выделяет большое количества тепла, которое вызывает сильное разрушение в месте повреждения и опасное нагревание проводов неповрежденных ЛЭП и оборудования ,по которым проходит ток.

Для уменьшения разрушений в месте повреждения и обеспечения нормальной работы неповрежденной части энергосистемы необходимо возможно быстрее выявлять и отделять место повреждения от неповрежденной части энергосистемы. [9].

1.22. Какой вид КЗ и в какой точке сети является наиболее и менее опасным ?

1.22.1. При трехфазном КЗ векторные диаграммы токов и напряжений являются симметричными и уравновешенными (система векторов, геометрическая сумма которых равна нулю), так как в них отсутствуют составляющие обратной и нулевой последовательностей, и сопровождается резким снижением всех междуфазных напряжений (как в месте КЗ , так и вблизи от него). В результате этого трехфазное КЗ является самым опасным повреждением для устойчивости параллельной работы энергосистемы и потребителей электроэнергии).

1.22.2. Угол короткого замыкания для ЛЭП 35кВ равен 45-55 град., 110кВ 60-78 град., 220кВ-73-82 град., 330кВ-80-85 град., 500кВ-84-87 град., 750кВ-86-88 град. Больше значение угла КЗ соответствует большему сечению провода, так как чем больше сечение, тем меньше R исходя из формулы [9] :

$$\varphi_k = \arctg \frac{X_{л.к}}{R_{л.к}}$$

где: $X_{л.к}$, $R_{л.к}$ —индуктивное, активное сопротивление поврежденного участка ЛЭП.

1.22.3. При двухфазном КЗ векторы токов и напряжений образуют несимметричную, но уравновешенную систему, что говорит об отсутствии составляющих нулевой последовательности. Наличие несимметрии указывает, что токи и напряжения имеют составляющие обратной последовательности наряду с прямой; фазные напряжения даже в месте КЗ существенно больше нуля, а значение двух других равно $1,5U_{ф}$. Поэтому двухфазное КЗ менее опасно для устойчивости энергосистемы и потребителей электроэнергии.

1.22.4. При однофазном КЗ токи и напряжения образуют несимметричную и неуравновешенную систему векторов, что говорит о наличии кроме прямой составляющих обратную и нулевую последовательности; междуфазные напряжения в точке КЗ больше нуля, площадь треугольника, образованного этими напряжениями, отличается от нуля. Однофазное КЗ является наименее опасным видом повреждения с точки зрения устойчивости энергосистемы и работы потребителей.

1.22.5. При двухфазном КЗ на землю токи и напряжения несимметричны и неуравновешены, что обуславливает появление кроме прямой составляющих нулевую и обратные последовательности; из-за резкого снижения напряжений в месте КЗ этот вид повреждения после трехфазного является наиболее тяжелым для устойчивости энергосистемы и потребителей электроэнергии.[67].

1.23. Что называется током (напряжением)срабатывания минимального и максимального реле ?

Током срабатывания минимального реле называется наибольший ток (напряжение) при котором отпадает якорь реле, а током (напряжением) возврата — наименьший ток, при котором притягивается якорь реле

Минимальный ток (напряжение), при котором реле срабатывает, называется током (напряжением) срабатывания реле.

Таким образом, измерительные реле, действующие при возрастании величины, на которую они реагируют (тока, напряжения) тназываются *максимальными*, а при снижении этой величины – *минимальными*.[9].

1.24. Что называется коэффициентом возврата реле ?

Наименьший ток, при котором реле срабатывает, называется током срабатывания и обозначается $I_{с.р}$. В большинстве конструкций предусматривается возможность регулирования тока срабатывания, которое, можно осуществлять путем изменения числа витков обмотки реле,

Момент противодействующей пружины, размера воздушного зазора. Током возврата реле $I_{воз}$ называется наибольший ток в реле, при котором якорь реле возвращается в начальное положение. Отношение тока возврата и тока срабатывания называется коэффициентом возврата

$$K_{воз} = \frac{I_{воз}}{I_{с.р}}$$

Различие в значении тока возврата и тока срабатывания вызывается различием (не идентичностью) характера изменения моментов электромагнитного (вращающего) и момента противодействующей пружины при перемещении якоря из начального положения в конечное. [9].

1.25. На каких ВЛ применяются фиксирующие приборы ?

Для определения мест повреждений на ВЛ-110кВ и выше длиной более 20км должны предусматриваться фиксирующие приборы. В настоящее время применяются следующие индикаторы для определения места повреждения:

- полупроводниковые приборы ранних разработок: ФИП, ЛИФП, ФПТ, ФПН, ФИС;
- микропроцессорные:

ИМФ-1С – предназначены для непосредственного определения расстояния до мест двухфазных и трех фазных КЗ на линиях с изолированной и компенсированной нейтралью напряжением 6-35 кВ и протяженностью до 200 км;

ИМФ-2 – предназначены для фиксации значений тока и напряжения нулевой последовательности КЗ на трех ВЛ напряжением 110-750 кВ и последующего расчетного определения расстояния до места повреждения;

ИМФ-3С, ИМФ-3Р – предназначены для непосредственного определения расстояния до места повреждения при однофазных, 2-х и 3-х фазных КЗ на ВЛ-110-750 кВ протяженностью до 400 км;

ИМФ-10Т – предназначены для селективного определения поврежденного присоединения при однофазных замыканиях на землю в сетях 6-35 кВ, при токах замыкания на землю от 0,25 до 40 А. Устройство фиксирует дату и время повреждения, а также параметры векторной диаграммы аварийного режима.

Переносной прибор типа «Квант» предназначен для определения места однофазного замыкания на землю в сетях 6-35 кВ с изолированной и компенсированной нейтралью, но может использоваться также для поиска обрывов, повреждения изоляции опор и дистанционного контроля тока нагрузки и напряжения в сети 0,4 кВ. Кроме того, прибор позволяет обнаружить хищение электроэнергии в быту бесконтактным способом. [62].

1.26. Допускается ли неселективное действие защиты ?

Релейная защита, действующая на отключение, как правило, должна обеспечивать селективность действия, с тем, чтобы при повреждении какого-либо элемента электроустановки отключаться только этот поврежденный элемент.

Допускается неселективное действие защиты (исправляемое последующим действием АПВ и АВР):

- для обеспечения, если это необходимо, ускорения отключения КЗ т.к. устройство РЗ должны обеспечивать наименьшее возможное время отключения КЗ в целях сохранения бесперебойной работы неповрежденной части системы и ограничения области и степени повреждения элемента;
- при использовании упрощенных главных электрических схем с отделителями в цепях линий или трансформаторов, отключающими поврежденный элемент в бестоковую паузу. [62].

1.27. Как позиционно обозначают элементы (устройства) на электрической схеме?

Позиционное обозначение каждого элемента (устройства) на электрической схеме состоит из одно-или двухбуквенного кода и порядкового номера элемента

(устройства) среди элементов данного вида в схеме, записанных в одну строку без пробелов, например реле тока КА1,КА2, указательное реле КН1 и т.д.

Чтобы показать, что элемент принадлежит какому-либо устройству или блоку, используют позиционное обозначение устройства (блока), а через тире указывают позиционное обозначение элемента ,например А2-КТ2 означает: реле времени КТ2 входит в состав устройства (блока) А2.[9].

1.28. В каких случаях применяется контрольный кабель с медными жилами ?

На электростанциях и подстанциях для вторичных цепей следует применять контрольные кабели с алюминиевыми жилами из полутвердого алюминия.

Контрольные кабели с медными жилами следует применять только во вторичных цепях:

- 1) электростанций генераторами мощностью более 100 Мвт;
- 2) РУ и подстанций с высшим напряжением 330кВ и выше, а также РУ и ПС ,включаемых в межсистемные транзитные ЛЭП;
- 3) дифференциальных защит шин и устройств резервирования отказа выключателей 110-220кВ, а также средств системной противоаварийной автоматики;
- 4) технологических защит тепловых электростанций;
- 5) с рабочим напряжением не выше 60 В при диаметре жил кабелей и проводов до 1 мм;
- 6) размещаемых во взрывоопасных зонах классов В-1 и В-1а ЭС и ПС. [62].

1.29. Каковы наименьшие сечения жил кабелей по механической прочности применяются во вторичных цепях ?

По условию механической прочности:

- 1) жилы контрольных кабелей для присоединения под винт к зажимам панелей и аппаратов должны иметь сечение не менее 1,5 мм². (а при применении специальных зажимов- не менее 1,0 мм²) для меди и 2,5 мм². для алюминия; для токовых цепей-2.5 кв.мм. для меди и 4 мм² для алюминия; для неответственных вторичных цепей, для цепей контроля и сигнализации допускается присоединение под винт кабелей с медными жилами сечением 1 мм²;
- 2) в цепях с рабочим напряжением 100 В и выше сечение медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, должен быть не менее 0.5 мм².
- 3) в цепях с рабочим напряжением 60 В и ниже диаметр медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, должен быть не менее 0.5 мм.[62]

1.30. Какие объединения по назначению разрешаются в одном кабеле ?

В одном контрольном кабеле допускается объединение цепей управления, измерения, защиты и сигнализации постоянного и переменного тока, а также силовых цепей, питающих электроприемники небольшой мощности . Во избежание увеличения индуктивного сопротивления жил кабелей разводку вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения необходимо выполнять так, чтобы сумма токов этих цепей в каждом кабеле была равна нулю в любых режимах.

Допускается применение общих кабелей для цепей различных присоединений, за исключением взаимно резервируемых.

Кабели вторичных цепей трансформаторов напряжения 110кВ и выше , прокладываемые от ТН до щита , должны иметь металлическую оболочку или броню, заземленную с обеих сторон. Кабели в цепях основных и дополнительных обмоток одного ТН напряжением 110кВ и выше по всей длине трассы следует прокладывать рядом.[62].

1.31. Какие существуют обозначения элементов в электрических схемах ?

Маркировка (обозначение) вторичных цепей служит для их опознания в электрической схеме. Маркировку цепей выполняют на схемах и на концах физических проводников, подключаемых к зажимам изделий. Ее выполняют арабскими цифрами, а в ряде случаев – с буквенной приставкой из заглавных букв латинского алфавита.

Участки цепей обозначают независимо от условных обозначений зажимов аппаратов, к которым подключают проводники цепей. Участки цепей, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, резисторами, конденсаторами и другими элементами, считаются разными, поэтому они имеют разную маркировку. Участки цепей, сходящиеся в одном узле схемы, имеют одинаковую маркировку, при этом при переходе через зажимы маркировка цепи не меняется.

При горизонтальном способе изображения цепей на схеме маркировку проставляют над изображением цепей, а номера зажимов аппаратов – под изображением цепей. Разветвляющиеся участки цепи маркируют последовательно от источника питания (автомата, предохранителей) слева направо в направлении сверху вниз.

При вертикальном способе изображения цепей на схеме маркировку проставляют слева от изображения цепи, а номер зажимов – справа, разветвляющиеся участки цепи маркируют сверху вниз в направлении слева направо.

Для присвоения кода уровня напряжения применяются буквенные обозначения:

Напряжение ,кВ 1150 750 500 330 220 154 110 35 10 6 0,4

Код А В С Д Е F G H К Р N

Для присвоения кода электрооборудования применяются буквенные обозначения сведенные в таблицу 1.1.[33]:

Таблица 1.1.

Наименование оборудования, аппаратуры	Латинское(новое) обозначение	Русское (старое) обозначение
1	2	3
Генератор	G	Г
постоянного тока	GE	Г
переменного тока	G	Г
Синхронный компенсатор	GC	СК
Автотрансформатор	T	АТ
Выключатель в силовых цепях	Q	В
автоматический	QF	ВА
нагрузки	QW	ВН
обходной	QO	ОВ
секционный	QB	СВ
шиносоединительный	QA	ШСВ
Электродвигатель	M	Д
Сборные шины	A	СШ
Отделитель	QR	ОД
Короткозамыкатель	QN	КЗ
Разъединитель	QS	ШР,ЛР,ОШР, ТР
Разъединитель заземляющий	QSG	ЗН
Линия электропередач	W	ВЛ
Разрядник	FV	Р
Плавкий предохранитель	F	ПП
Реактор	LR	Р
Аккумуляторная батарея	GB	АБ
Конденсаторная силовая батарея	CB	КС
Зарядный конденсаторный блок	CG	БК
Трансформатор напряжения	TV	ТН
Трансформатор тока	TA	ТТ
Электромагнитный стабилизатор	TS	СТ
Промежуточный трансформатор	TL	ПТ
насыщающийся трансформатор тока	TLA	НТТ
насыщающийся трансформатор напряжения	TLV	НТН

Трансформатор	T	T
Трансформатор нулевой последовательности	TAN	TNP
Трансреактор	TAV	TP
Трансформатор регулировочный	TUV	
Измерительный прибор	P	ИП
Амперметр	PA	A
Вольтметр	PV	V
Ваттметр	PW	W
Частотомер	PF	Hz
Омметр	PR	Ω
Варметр	PVA	Var
Часы, измеритель времени	PT	
Счетчик импульсов	PC	СИ
Счетчик активной энергии	PI	Var
Счетчик реактивной энергии	PK	Wh
Регистрирующий прибор	PS	
Указатель положения	PHE	УП
Указатель РПН	PQ	
Синхроскоп	PS	T
Секундомер электронный	PTV	
Секундомер электрический	PTY	
Резисторы	R	R
Терморезистор	RK	TR
Потенциометр	RP	
Шунт измерительный	RS	ШИ
Варистор	RU	
Реостат	RR	
Преобразователи неэлектрических величин в электрические	B	
Громкоговоритель	BA	Гр
Датчик давления	BP	Дд
Датчик скорости	BR	Дс
Датчик температуры	BK	Дт
Датчик уровня	BL	Ду
Сельсин датчик	BG	Сд
Датчик частоты вращения (тахогенератор)	BR	Tax
Пьезоэлемент	BQ	
Фотоприемник	BL	
Тепловой датчик	BK	
Детектор ионизирующих элементов	BD	
	BM	
Микрофон		
Звукосниматель	BS	
Комплект защиты, блок реле	AK	
Устройство блокировки	AKB	
Устройство АВР	AC	ABP
Устройство регулирования напряжения	AV	APHT
Устройство блокировки типа КРБ	AKB	КРБ
Устройство АПВ	AKS	АПВ
Устройство комплектное продольной дифзащиты ЛЭП	AKW	
Устройство комплектное реле сопротивления	AKZ	PC
Устройство комплектное реле УРОВ	AR	УРОВ
Реле	K	P
Блокировки	KB	PB
Блокировки от многократных включений	KBS	PBM
Блокировки от нарушений цепей напряжения	KBV	KPB

Времени	КТ	РВ
Газовое	KSG	РГ
Давления	KSP	Д
Импульсной сигнализации	KHA	РИС
Команды «включить»	KCC	РКВ
Команды «отключить»	KCT	РКО
Контроля	KS	РК
Сравнения фаз	KS	РСФ
Контроля синхронизма	KSS	РКС
Контроля цепи напряжения	KSV	РКН
Мощности	KW	РМ
Тока	КА	РТ
Напряжения	KV	РН
Указательное	KH	РУ
Частоты	KF	РЧ
Положения разъединителя повторительное	KQS	РПР
Промежуточное	KL	РП
Напряжения прямого действия с выдержкой времени	KVT	РНВ
Фиксации положения выключателя	KQ	РФ
Положения выключателя «включено»	KQC	РПВ
Положения «отключено»	KQT	РПО
Фиксации команды включено	KQQ	РФ
Расхода	KSF	
Контроля напряжения на шинах	KVA	РНШ
Контроля напряжения на линии	KVW	РНЛ
Термо реле	KST	РТ ⁰
Скорости	KSR	
Сопrotивления, дистанционная защита	KZ	РС
Струи, напора	KSH	
Тока с насыщающимся трансформатором	KAT	РТН
Тока с торможением, баласное	KAW	РТТ
Уровня	KSL	
Контактор, магнитный пускатель	KM	ПМ
Фильтр реле напряжения	KVZ	ФРН
Фильтр реле мощности	KWZ	ФРМ
Фильтр реле тока	KAZ	ФРТ
Устройства механические с электромагнитным приводом	Y	
Электромагнит	YA	
Электромагнит включения	YAC	ЭВ
Электромагнит отключения	YAT	ЭО
Тормоз с электромагнитным приводом	YB	
Муфта с электромагнитным приводом	YC	
Электромагнитный патрон или плита	YH	
Электромагнитный ключ блокировки	YAB	КЭЗ
Электромагнитный замок блокировки	YAB	ЭМБЗ
Разъединителя	Y	ЭР
Заземляющего ножа	YG	ЭРЗ
Короткозамыкателя	YN	ЭКЗ
Отделителя	YR	ЭОД
Тележки выключателя КРУ	YSQ	
Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	S	
Рубильник	S	Р
Переключатель (ключ цепей управления)	SA	КУ
Ключ, переключатель режима	SAC	КР

Выключатель кнопочный	SB	КН
Переключатель блокировки	SAB	ПБ
Выключатель автоматический	SF	АВ
Переключатель синхронизации	SS	КСС
Коммутатор	SC	
Выключатель, срабатывающий от различных воздействий:	S	
От уровня	SL	
От давления	SP	
От положения (путевой)	SQ	
От частоты вращения	SR	
От температуры	SK	
Переключатель измерений	SN	ПИ
Вспомогательный контакт выключателя	SQ	
Вспомогательный контакт разъединителя	SQS	
Испытательный блок	SG	БИ
Накладка оперативная	SX	Н
Устройства индикационные и сигнальные	H	
Прибор звуковой сигнализации	HA	Зв
Прибор световой сигнализации	HL	ЛС
Индикатор символьный	HG	
Табло сигнальное	HLA	ТС
Лампа осветительная	EL	ЛО
Лампа сигнальная	HL	ЛС
С белой линзой	HLW	ЛБ
С зеленой линзой	HLG	ЛЗ
С красной линзой	HLR	ЛК
Приборы электровакуумные и полупроводниковые	V	
Диод	VD	Д
Стабилитрон	VD	СТ
Выпрямительный мост	VS	В
Тиристор	VD	Т
Транзистор, фототранзистор	VT	ТР
Прибор электровакуумный	VL	
Конденсатор	C	С
Катушки индуктивные	L	
Дроссель, дугогасящая катушка	L	Др
Реактор	LR	
Обмотка возбуждения генератора	LG	
Обмотка возбуждения возбудителя	LE	
Обмотка возбуждения электродвигателя	LM	
Преобразователи электрических величин в электрические	U	
Модулятор	UB	
Демодулятор	UR	
Дискриминатор	UI	
Инвертор	UZ	
Преобразователи тока	UA	
Преобразователь частоты	UF	
Блоки питания БП	UG	БП
Фазорегулятор, преобразователь напряжения	UV	
Фазорегулятор моторный	UVM	ФР
Схемы интегральные, микросборки:	D	
Схема интегральная аналоговая	DA	
Схема интегральная цифровая, логический элемент	DD	
Устройство хранения информации	DS	
Устройство задержки	DT	

Устройства соединительные	X	
Токоъемник, контакт скользящий	XA	
Штырь	XP	
Гнездо	XS	Гн
Соединение разборное	XT	
Соединитель высокочастотный	XW	
Перемычка	XB	П
Испытательный зажим	XG	
Соединение не разборное	XN	
Элементы разные	E	
Нагревательный элемент	EK	
Реагирующий элемент (нуль-индикатор)	EA	
Пирапатрон	ET	
Фильтр тока	ZA	
Фильтр частоты	ZF	
Фильтр напряжения	ZV	

1.32. В чем отличие телеотключение от телеускорения ?

Телеотключение- передача на противоположный конец ВЛ команды на отключение трех фаз (как правило, с запретом АПВ) с помощью специальной аппаратуры передачи команд с использованием в.ч. каналов по ЛЭП или кабелей связи. С приемной стороны команда может реализовываться без контролей, или с контролем пусковыми и измерительными органами резервных защит.

Телеускорение- ускорение до 0 с (или другого заданного времени) срабатывания ступеней резервных защит от однофазных или междуфазных КЗ с использованием аппаратуры передачи команд. Пуск команд с противоположной стороны ВЛ осуществляется по факту действия защит на отключение (отключающая команда), или по факту срабатывания направленных пусковых и измерительных органов (разрешающая команда). С приемной стороны телеускоряемые ступени могут действовать на отключение одной фазы (с пуском ОАПВ), либо 3-х фаз (с пуском УТАПВ).[9].

1.33. Кто производит контроль за переключающими устройствами РЗА ?

Контроль правильности положения переключающих устройств на панелях и шкафах РЗА, крышек испытательных блоков ; контроль исправности предохранителей или автоматических выключателей в цепях управления и защит; контроль работы устройств РЗА по показаниям имеющихся на аппаратах и панелях (шкафах) устройств внешней сигнализации и приборов; опробование выключателей и прочих аппаратов; обмен сигналами высокочастотных защит; измерения контролируемых параметров устройств высокочастотного телеотключения, низкочастотной аппаратуры каналов автоматики, высокочастотной аппаратуры противоаварийной автоматики; измерение напряжения небаланса в защите шин и устройства контроля изоляции вводов; измерение напряжения небаланса в разомкнутом треугольнике трансформатора напряжения; опробование устройств автоматического повторного включения, автоматического включения резерва и фиксирующих приборов; завод часов автоматических осциллографов и т.п. должен осуществлять оперативный персонал.

Периодичность контроля и опробования, перечень аппаратов и устройств, подлежащих опробованию, порядок операций при опробовании, а также порядок действий персонала при выявлении отклонений от норм должны быть установлены местными инструкциями. [23].

1.34. Назовите допустимые отклонения уставок устройств РЗА от заданного значения ?

Уставки устройства РЗА следует настраивать при новом включении и при ТО в случаях, если отклонения уставок устройств РЗА отличаются от заданных на значения более, чем указанные в табл.1.2. Допустимое отклонение выражено в единицах измерения параметра или в процентах от заданного значения уставки.

Таблица 1.2.

Наименование параметра	Допустимое отклонение
1. Выдержка времени быстродействующих защит без Элементов задержки	Не должно превышать значения отклонений, Указанных в техническом Паспорте устройства РЗА
2. Выдержка времени УРЗА с элементами задержки на базе электромеханических реле, с:	
- с реле времени с максимальной уставкой более 3,5 с	$\pm 0,1$
- с реле времени с максимальной уставкой менее 3,5 с	$\pm 0,06$
- устройств БАПВ, УРОВ, ПА, выполненной с реле времени повышенной точности (с макс. уставкой по времени 1,3 с)	$\pm 0,03$
3. Выдержка времени УРЗА с зависимой характеристикой, с	
- в зависимой части (контрольные точки)	$\pm 0,15$
- в независимой части	$\pm 0,1$
4. Выдержка времени встроенных в привод реле в независимой части (с учетом времени отключения выключателя), с	$\pm 0,15$
5. Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных в привод, %	± 5
6. Сопротивление срабатывания дистанционных органов УРЗА, %	± 3
7. Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения, %	± 3
8. Токи напряжение срабатывания для отключающих и включающих катушек приводов коммутационных аппаратов, %	± 5
9. Мощность срабатывания реле мощности, %	
- УРЗА (кроме измерительных органов ПА)	± 5
- измерительных органов ПА	± 3
10. Ток и напряжение срабатывания реле постоянного тока, %	$\pm 3-5$
11. Коэффициент возврата реле :	
- не встроенного в привод	$\pm 0,03$
- встроенного в привод	$\pm 0,05$
12. Напряжение и ток прямой, обратной и нулевой последовательности пусковых органов УРЗА, %	± 5
13. Выходные напряжения блоков питания полупроводниковых защит, %	
- стабилизированные	$\pm 1-3$
- нестабилизированные	$\pm 5-10$

14. Угол между векторами напряжения реле контроля синхронизма, %	±10
15. Угол срабатывания панели угловой автоматики, %	±2
16. Параметры срабатывания и возврата поляризованных реле измерительных органов УРЗА, %	±5-10
17. Напряжение срабатывания устройства блокировки неисправности цепей напряжения, %	±10-15
18. Координаты особых точек характеристик реле сопротивления, %	±15-20
19. Время срабатывания и возврата промежуточных реле, для которых оно задано в уставках или определено в инструкциях или методических указаниях, %	±10

1.35. Какие защиты должны быть выведены из действия на время операций с испытательными блоками ?

При операциях с крышками токовых блоков возможно срабатывание УРЗА, которые по параметрам срабатывания не отстроены от появляющейся при этом кратковременной несимметрии токов, приводящей к протеканию в цепях РЗА повышенных токов небаланса, токов обратной и нулевой последовательности.

Такие устройства должны на время операций с испытательными блоками выводиться из действия. К таким УРЗА относятся:

- дифференциально-фазные защиты с токовым пусковым органом типа ДФЗ ВЛ 110-330кВ (выводится из действия на той стороне, где производится операция с испытательными блоками);
- земляные комплекты в.ч. защит, в.ч. блокировок и блокировок по проводам в схемах РЗ ВЛ 110-330кВ(выводится из действия на стороне , где производятся операции с испытательными блоками);
- последние ступени земляных защит, у которых ток срабатывания меньше тока нагрузки;
- дифференциальные защиты трансформаторов, автотрансформаторов и генераторов, если их ток срабатывания меньше номинального тока элемента. Вышеуказанное возможно, если применены защиты серии ДЗТ-20, новые полупроводниковые или микропроцессорные защиты;
- защиты по току обратной последовательности на генераторах, автотрансформаторах, линиях;
- кроме того, возможна ложная работа земляной защиты генераторов ЗЗГ-1 и БРЭ-1301 при операциях с блоками в цепях напряжения этой защиты. [23].

1.36. Какую маркировку имеют шинки вторичных цепей ?

Шинки маркируют условными обозначениями, состоящими из трех частей: EXX N (N или X). Расшифровка в порядке написания. Первая часть EXX состоит из трех букв латинского алфавита, имеющих смысловое значение: E – общий код шинки; X – код функционального назначения шинки (Y – питание электромагнитов включения, C – управление, H – сигнализация, S – синхронизация, V – напряжение, A – вспомогательная и т.д.); X – дополнительные сведения о шинке (A – аварийная, P – предупредительная и т.д.). Третья буква может быть опущена. Допускается в дополнение к трем буквам использовать четвертую, например, EPDT – шинка съема мигания технологической сигнализации. Вторая часть N состоит из цифры, обозначающей порядковый номер шинки, она может быть опущена, если в ней нет необходимости. Третья часть

(N или X) состоит из цифры или буквы, обозначающих соответственно для шинок центральной сигнализации – номер участка, а для напряжения и синхронизации – фазу. Обозначения шинок приведены в табл. 1.3.[33]:

Таблица 1.3.

Назначение шинки	Обозначение шинки латинское (новое)	Обозначение шинки русское (старое)	Цифровое обозначение шинки
Шинки питания электромагнитов включения выключателей или механизмов заводки включающей пруж.	+ EY - EY	+ШП -ШП	
Шинки управления	+EC -EC	+ШУ -ШУ	1, 101,201,301 2, 102, 202, 302
Шинки «мигания» ламп сигнализации положения выключателей	(+) EP	(+)ШМ	100
«Темный» плюс сигнализации (при питании ламп сигнализации от цепей управления)	(+) EC	(+)ШУ	200
Шинки сигнализации	+EH -EH	+ШС -ШС	701 702
«Темная» шинка сигнализации	(+) EH	(+)ШС	703
Шинка проверки исправности ламп сигнальных табло	EHL	ШПЛ	704
Шинка звуковой сигнализации аварийного отключения	EHA	ШЗА	707
Шинки звуковой предупредительной сигнализации:			
Мгновенного действия	ENP1	1ШЗП	709(715)
С выдержкой времени	ENP2	2ШЗП	717
Общеподстанционных или других сигналов	ENP3	3ШЗП	713
Шинка «съема мигания»	EPD	ШСМ	805
Шинка звуковой сигнализации неисправности	ENP	ШЗС	727
Шинка контроля цепей управления	ENC	ШКЦ	
Вспомогательные шинки	EA1 EA2	ВШ1 ВШ2	711 713
Шинка вызова к секции КРУН с.н. при неисправности на секции (N – секции)	EAN	НВШ	
Шинки защиты от дуговых замыканий в КРУ	ED1 ED2	1ШД 2ШД	
Шинки питания технологической сигнализации	+ENT -ENT	+ШСТ -ШСТ	811 812
Шинка «мигания» тобло технологической сигнализации	EPT	ШМТ	800
Шинка «съема мигания» табло технологической сигнализации	EPDT	ШСМТ	804
Шинки звуковой технологической сигнализации:			
Мгновенного действия	ENPT1	1ШЗТ	813
С выдержкой времени	ENPT2	2ШЗТ	815
Шинки автоматической частотной разгрузки	EPF1 EPF2	1ШАЧР 2ШАЧР	801 803
Шинки (минусовая) устройства АЧР	-EAF1 -EAF2	-1ШАЗ -2ШАЗ	

Шинка блокировки сигнала аварийного отключения при работе АЧР	ЕНВ1 ЕНВ2	1ВШС 2ВШС	
Шинки импульсов регулирования частоты при синхронизации	ЕРФ1 ЕРФ2	1ШРЧ 2ШРЧ	717 718
Шинки уставок времени опережения автоматического синхронизатора	ЕСТ1 ЕСТ2 ЕСТ3	1ШРС 2ШРС 3ШРС	719 723 725
Шинки импульсов включения при синхронизации	ЕСС1 ЕСС2	1ШИС 2ШИС	721 722
Питание и промежуточные шинки цепей синхронизации	ЕСС	ШСХ	
Шинки вспомогательные для синхронизации	ЕА.А ЕА.С	Вша ВШс	А790 С790
Шинки напряжения для синхронизации	ЕS1.А ЕS1.В ЕS1.С ЕS2.А ЕS2.В ЕS2.С ЕSD	1ШСХа 1ШСХв 1ШСХс 2ШСХа 2ШСХв 2ШСХс ШСХд	А610 В610 С610 А620 В620 С620 А780
Шинки напряжения	ЕV1.А ЕV1.В ЕV1.С ЕV1.Н ЕV1.Н ЕV1.И ЕV1.У ЕV1.К ЕV1.Ф	1ШНа 1ШНв 1ЩНс 1ШНо 1ШНн 1ШНи 1ШНк 1ШНф	661-662 – ТН- 6-10 кВ; 631-632 –ТН- 35 кВ; 611-612 – ТН- 110 кВ; 621-622 – ТН- 220 кВ; 641-642 – ТН- 330 кВ; 651-652 – ТН 500 кВ
Шинки оперативной блокировки разъединителей	+ЕВ -ЕВ ЕВQ	+ШБ -ШБ ШБР	880
Шинки обеспеченного питания	ЕУG	ШОП	
Шинки замыкания на землю	ЕG	ШЗ	
Шинка освещения	ЕЕL	ШЛ	
Шинка обогрева	ЕК	ШО	
Шинка защиты минимального напряжения секции РУ СН	ЕVМ1 ЕVМ2	1ШМН 2ШМН	011 013
Шинки цепей напряжения устройства ЗЗП-1	ЕVС1 ЕVС2	ШНВ1 ШНВ2	

1.37. В какой последовательности осуществляется очередность допуска персонала СРЗА к самостоятельной работе с устройствами РЗА ?

Можно рекомендовать следующую последовательность допуска персонала СРЗА к самостоятельной работе с УРЗА :

1. Вторичная коммутация:
 - 1.1 Трансформаторы тока и схемы их соединений.
 - 1.2 Трансформаторы напряжения и схемы их соединений.

- 1.3 Оперативные цепи переменного, постоянного и выпрямленного напряжения.
- 1.4 Контроль изоляции в цепях постоянного и переменного тока.
- 1.5 Устройство электромагнитной блокировки разъединителей.
2. Простые защиты.
 - 2.1 МТЗ, ТО ВЛ-10-35кВ.
 - 2.2. Защита и автоматика силовых трансформаторов 35кВ и трансформаторов 110кВ с применением реле РНТ.
 - 2.3. Защита и автоматика секционных выключателей 6-35кВ.
 - 2.4. Сигнализация замыкания на "землю" в сети 10-35кВ.
 - 2.5. АВР-0,4кВ.
 - 2.6. Газовая и струйная защита трансформаторов .
 - 2.7. Схема обдува трансформаторов.
 - 2.8. Защита от перегрева и контроля уровня масла трансформаторов и автотрансформаторов.
3. Защиты средней сложности.
 - 3.1. Схемы управления и автоматики выключателей 6-10-35-110-220кВ
 - 3.2. Схемы центральной сигнализации .
 - 3.3. Защита трансформаторов 110кВ с реле ДЗТ, реакторов 35кВ.
 - 3.4. Схема РПН трансформаторов и автотрансформаторов.
 - 3.5. Схема охлаждения (ШАОТ) автотрансформаторов.
 - 3.6. Схема пуска устройств регистрации аварий и фиксирующих приборов.
 - 3.7. Защита ШСВ-110-220кВ.
- Сложные защиты.
 - Защита автотрансформаторов 220кВ и выше.
 - Схемы выпрямительных, зарядных агрегатов, блоков питания .
 - Панели защит ВЛ 110кВ и выше: ПЗ-2, ЭПЗ-1636, ЭПЗ – 1643, ДФЗ, ШДЭ, ПДЭ и другие.
 - Схемы противоаварийной автоматики (АЧР, АРЛ, АПН, АПАХ и другие).
 - Схемы ДЗШ, УРОВ.
 - ВЧ аппаратура (АВЗК, ПВЗУ, АКПА, АКАП и другие).
 - Микропроцессорные защиты (SPAC-800, SPAD, REL-511, SPAM-150, RET-316, Alstom, БМРЗ, «Сириус», «Орион», ТЭМП-2501 и др.)
 - Микропроцессорные индикаторы определения места КЗ.

1.38. Назовите основные требования к персоналу СРЗА.

Работы в устройствах РЗА должен выполнять персонал, обученный и допущенный к самостоятельной проверке соответствующих устройств. Персоналу, допущенного к проверкам сложных защит, делается запись в удостоверении о предоставлении ему таких прав. Персонал обязан знать принципиальные схемы всех установленных на ПС устройств РЗА и их уставки и маркировки, инструкции по обслуживанию этих устройств и места расположения устройств РЗА, ТТ, ТН, источников оперативных цепей , накладок в цепях отключения и включения, испытательных блоков и испытательных зажимов, автоматических выключателей и предохранителей в цепях оперативного тока.

Каждый допущенный к самостоятельному обслуживанию защит рабочий или специалист должен не менее одного раза в год провести полное обслуживание этих защит на действующей или учебной установке.

Каждый работник службы РЗА должен ежегодно пройти обучение на краткосрочных специальных курсах.

Каждый специалист службы РЗА должен один раз в два-три года с отрывом от производства пройти курсы повторного обучения.

Каждый специалист и руководящий работник службы РЗА должен не реже одного раза в пять лет с отрывом от производства пройти курс повышения квалификации.

Для достижения необходимой квалификации персонал до назначения на самостоятельную работу обязан пройти обучение и проверку знаний (первичную проверку). Каждый прошедший первоначальную подготовку работник должен пройти стажировку на рабочем месте под наблюдением опытного специалиста . Кроме первичной проверки знаний, проводятся периодические инструктажи и противопожарные тренировки.

При работах на панелях, в шкафах и в цепях управления РЗА должны быть приняты меры против ошибочного отключения оборудования. Работы должны выполняться только изолированным инструментом, металлический стержень отверток должен быть изолирован от ручки до жала отвертки.

Выполнение этих работ без исполнительных схем, протокола проверки и типовой или специальной рабочей программы вывода (ввода) устройства РЗА не допускается.

Операции во вторичных цепях ТТ и ТН (в том числе с испытательными блоками) персонал СРЗА должен производить с выводом из действия устройств РЗА (или отдельных их ступеней), которые по принципу действия и параметрам настройки (уставкам) могут сработать ложно в процессе выполнения указанных операций.

По окончании работ персонал СРЗА должен проверить исправность и правильность присоединения цепей тока, напряжения и оперативных цепей. Оперативные цепи РЗА и цепи управления должны быть проверены, как правило, путем опробования в действии.

В системе должностных перемещений персонала служб РЗА должны быть разработаны, задействованы и доведены до всех работников показатели приоритета, в том числе:

- отсутствие отказов и ошибок в работе по вине персонала;
- способность к освоению новых устройств;
- организованность;
- умение мыслить и самостоятельно принимать решения;
- работоспособность;
- умение обучать и передавать свой опыт;
- организаторские способности;
- стремление к повышению своих знаний;
- отношения с коллективом и т.д.[23].

1.39. В каком состоянии могут быть устройства РЗА ?

Каждое устройство РЗА может находиться в состоянии:

- включенном (введенном) в работу;
- отключенном (выведенном) из работы;
- отключенном для технического обслуживания.

Устройство РЗА считается включенным в работу, если все выходные цепи, в том числе контакты выходных реле этого устройства, с помощью накладок (блоков, ключей) подключены к цепям управления включающих или отключающих электромагнитов управления коммутационных аппаратов.

Устройство РЗА считается отключенным, если все выходные цепи, в том числе контакты выходных реле этого устройства, отключены накладками (блоками, ключами) от включающих или отключающих электромагнитов управления коммутационных аппаратов.

Устройство РЗА считается отключенным для технического обслуживания (эксплуатационной проверки), если его нельзя включить в работу из-за неисправности самого устройства или его цепей, а также для проведения профилактических работ на устройстве или в его цепях.[65].

1.40. Кто переводит устройства РЗА из одного состояния в другое ?

В нормальном режиме работы электроустановки переключения при переводе оборудования и устройств РЗА из одного состояния в другое, а также переключения, связанные с изменением эксплуатационных режимов работы оборудования и устройств РЗА, должны выполняться местным оперативным персоналом по распоряжению оперативного руководителя, в оперативном управлении которого находится это оборудование и устройства РЗА.

В нормальном режиме работы операции с оборудованием и устройствами РЗА, находящимися в оперативном ведении диспетчера, могут выполняться только после получения его разрешения.

В распределительных электросетях напряжением 35 кВ включительно при отсутствии оперативно-диспетчерского управления переключения могут выполняться по

распоряжению уполномоченного административно-технического персонала, выполняющего в этом случае функции диспетчера.

Перечень электроустановок, для которых принят такой порядок выполнения переключений, должен устанавливаться распоряжением по предприятию электрических сетей.[65].

1.41. Какое управление коммутационными аппаратами применяется в энергетике ?

Дистанционное управление — управление коммутационным аппаратом с удаленного на безопасное расстояние поста (щита, пульта) управления.

Местное управление — управление коммутационным аппаратом от местной кнопки или ключа управления, расположенных вблизи коммутационного аппарата.

Автоматическое включение – включение коммутационного аппарата через устройство автоматического повторного включения [65].

1.42. Привлекается ли персонал СРЗА к оперативным переключениям в электроустановках?

При сложных переключениях в электроустановках с применением обычных и типовых бланков переключений допускается привлекать к выполнению отдельных операций в схемах релейной защиты и автоматики лиц из числа работников местных служб РЗА, закрепленных за этими устройствами. Привлеченный к переключениям работник службы РЗА должен проверить правильность и очередность операций, записанных в бланке переключений, подписать бланк переключений как участник переключений и выполнять очередные операции в цепях РЗА по распоряжению лица, выполняющего переключения в схеме первичных соединений. При этом распоряжения и сообщения об выполнении могут передаваться с помощью средств связи.[65].

1.43. Каковы особенности при производстве операций с линейными разъединителями ?

При производстве операций с линейными разъединителями ВЛ 110 кВ и выше или при переводе их через обходной выключатель необходимо на время операций с линейными разъединителями, как правило, выводить из работы устройство АПВ линии с противоположной стороны.[65].

1.44. Что называется каскадным действием защиты?

Невозможность срабатывания защиты вследствие ее недостаточной чувствительности при наличии КЗ на защищаемой линии до момента отключения линии с противоположного конца носит название *каскадного* действия защиты. Можно пояснить на примере : при КЗ в кольцевой сети с одним источником питания вблизи шин источника с противоположной подстанции ток КЗ, проходящий через место установки защиты на ней, может оказаться недостаточным для ее срабатывания. После отключения линии со стороны источника ток с противоположного конца защищаемой линии увеличится, что приведет к ее срабатыванию и отключению поврежденной линии. Таким образом, каскадное действие защит связано с недостаточной чувствительностью токового органа.[9].

1.45. Что называется мертвой зоной защиты?

При трехфазном КЗ вблизи места установки направленной защиты напряжение, подводимое к реле направления мощности, может оказаться настолько малым, что реле направления мощности РМ не работает, а следовательно, защита откажет в действии. Доля длины защищаемой линии, при КЗ в которой защита не срабатывает из-за недостаточного напряжения, подводимого к реле направления мощности, носит название *мертвой зоны*. Мертвая зона возникает лишь при трехфазных КЗ вблизи места установки защиты при включении органа направления мощности на полные напряжения. Недостатком направленных реле сопротивления как пусковых органов может являться наличие мертвой зоны по напряжению не только при трехфазных, но и при всех

видах двухфазных металлических замыканий. Мертвые зоны обычно устраняются использованием токовых ненаправленных отсечек. Для устранения мертвых зон у первых ступеней дистанционной защиты работающих без выдержки времени, используется устройство «памяти», представляющий собой контуры RLC как бы запоминающие на некоторое время напряжение в месте включения защиты, имеющееся до КЗ.[9]

1.46. Почему электроустановки разделяют на группы до 1 кВ и выше 1 кВ ?

ПУЭ разделяют все электроустановки по условиям электробезопасности на две категории: электроустановки напряжением до 1 кВ и электроустановки выше 1 кВ. Это разделение вызвано различием в типах и конструкциях аппаратов, а также различием в условиях безопасности, в требованиях, предъявляемых при сооружении и эксплуатации электроустановок разных напряжений

1.47. Дайте определение названию станция и подстанция ?

*Электростанция*ми называется предприятие или установки, предназначенные для производства электроэнергии.

Электрическая подстанция – электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии.[45]

1.48. Какие меры применяются для предотвращения феррорезонанса в сети 220-500 кВ ?

Для предотвращения феррорезонанса рекомендуется включать ТН типа НКФ-220-500 кВ в такие точки первичной схемы, где они будут всегда зашунтированы большой емкостью или малым индуктивным сопротивлением, т. е. непосредственно на линии или параллельно силовым трансформаторами или автотрансформаторами. При включении ТН типа НКФ-220-500 кВ на шины следует при выводе в ремонт этих шин отключать ТН разъединителем непосредственно перед снятием напряжения с шин воздушными выключателями. Включение разъединителя ТН должно производиться только после постановки шин под напряжение.[44].

1.49. Для каких режимов работы электроустановки определяются нормальные и максимальные токи ?

Нормальный режим – это такой режим работы электротехнического устройства, при котором значения его параметров не выходят за пределы, допустимые при заданных условиях электроустановки. Ток нагрузки в этом режиме может меняться в зависимости от графика нагрузки. Для выбора аппаратов и токоведущих частей следует принимать наибольший ток нормального режима $J_{норм}$.

Ремонтный режим – это режим плановых профилактических и капитальных ремонтов. В ремонтном режиме часть элементов электроустановки отключена, поэтому на оставшихся в работе элементы ложится повышенная нагрузка. При выборе аппаратов и токоведущих частей необходимо учитывать это повышение нагрузки до тока ремонтного $J_{рем. макс}$.

Послеаварийный режим – это режим, в котором часть элементов электроустановки вышла из строя или выведена в ремонт вследствие аварийного (нетипового) отключения. При этом режиме возможна перегрузка оставшихся в работе элементов электроустановки током послеаварийного режима $J_{пав. макс}$.

Из двух последних режимов выбирают наиболее тяжелый, когда в рассматриваемом элементе электроустановки проходит наибольший ток $J_{макс}$.[45].

1.50. Как определить неполнофазный режим в электрической сети ?

Неполнофазный режим определяется по факту несрабатывания фиксирующих приборов и отсутствию пусков осциллографов при срабатывании 3-х или 4-х ступеней защит от КЗ на землю. Замерить на питающем конце ВЛ токи во вторичных цепях по факту отсутствия или наличия малой величины тока в одной из фаз.

У трансформаторов, работающих с изолированной нейтралью 110 кВ неполнофазный режим

можно выявить по показаниям вольтметра (на 6, 10, 35 кВ) величины в одной из фаз могут значительно отличаться от величин в других фазах.

При неполнофазном режиме в электрической сети запрещаются любые операции с разъединителями, установленными в нейтральных трансформаторов.

На питающем конце ВЛ этот режим может определить непосредственно по показаниям щитовых приборов амперметров (если они установлены в трех фазах), замером токов во вторичных цепях прибором ВАФ (аналогичным ему) или цифровых осциллографов по факту отсутствия или наличия малой величины тока в одной из фаз.[23].

1.51. Чем отличаются колебания напряжения от отклонений напряжения ?

В следствие изменения нагрузки изменяются потери напряжения в линии, а следовательно, изменяется напряжение у потребителя. Постепенные изменения напряжения, вызываемые изменениями нагрузки в течение суток и года, называют **отклонениями напряжения** в отличие от кратковременных **колебаний напряжения**, имеющих место, например, при пуске короткозамкнутых электродвигателей. Величину отклонения напряжения определяют алгебраической разностью между напряжением в данной точке при данном режиме и номинальным напряжением сети.[45].

1.52. Какие приняты условные обозначения типов защит ?

Ступени токовых защит имеют следующие обозначения:

3I >>> - первая ступень МТЗ (отсечка), трехфазная;

3I >> - вторая ступень МТЗ (отсечка с выдержкой времени), трехфазная;

3I > - третья ступень, МТЗ, трехфазная;

I₀ > - защита от замыканий на землю;

ΔI > - защита от несимметрии (обрыва фаз);

СВРР - устройство резервирования выключателя (УРОВ).

Условные обозначения типов характеристик МТЗ :

ТВ - независимая времятоковая характеристика;

Т/В – обратозависимая от тока времятоковая характеристика.

1.53. В чем заключаются отличия электроизоляционных материалов ?

Гетинакс, текстолит и стеклотекстолит являются важнейшими представителями этой группы диэлектриков. Эти материалы представляют собой слоистые электроизоляционные пластмассы, в которых в качестве связующего вещества применяются бакелитовые (резольные) или кремнийорганические смолы, переведенные в неплавкое и нерастворимое состояние.

В качестве наполнителей в слоистых электроизоляционных материалах применяют специальные сорта пропиточной бумаги (гетинакс), а также хлопчатобумажные ткани (текстолит) и бесщелочные стеклянные ткани (стеклотекстолит). Гетинакс и текстолит всех марок может длительно работать в интервале температур от -60 до +105⁰ С а стеклотекстолит в зависимости от марки.

Лакоткани представляют собой гибкие материалы, состоящие из ткани, пропитанной лаком или каким-либо жидким электроизоляционным составом. В зависимости от тканевой основы лакоткани делятся на хлопчатобумажные, шелковые, капроновые и стеклянные (стеклолакоткани)ю. Наибольшей растяжимостью и гибкостью обладают шелковые и капроновые лакоткани на масляных лаках. Они могут работать до температур не выше 105⁰ С. Электроизоляционными материалами, изготовляемыми из щипаной слюды и связующих веществ, являются: миканиты, микафолий и микаленты. [37].

1.54. Какие слова применяются в энергетике для выполнения существующих правил эксплуатации, техники безопасности и др. ?

Для обозначения обязательности выполнения требований ПУЭ, ПТЭ, ПТБ применяются слова «**должен**», «**следует**», «**необходимо**» и производные от них. Слова «**как правило**» означают, что данное требование является преобладающим, а отступление от него должно быть обосновано. Слово «**допускается**» означает, что данное решение применяется в виде

исключения как вынужденное (вследствие стесненных условий, ограниченных ресурсов необходимого оборудования, материалов и т.п.). Слово **«рекомендуется»** означает, что данное решение является одним из лучших, но не обязательным. Слово **«может»** означает, что данное решение является правомерным. Принятые в каких либо правилах нормируемые значения величин с указанием **«не менее»** являются наименьшими, а с указанием **«не более»** - наибольшими.

Все значения величин, приведенные в каких либо правилах с предлогами «от» и «до», следует понимать как **«включительно»**. [62].

1.55. Какие оценки качества выполненных ремонтных работ приняты в энергетике ?

За качество выполненных ремонтных работ может быть установлена одна из следующих оценок:

- *отлично*, устанавливается при выполнении всех основных и дополнительных требований;
- *хорошо*, устанавливается при всех основных и частичном выполнении (не менее 50%) дополнительных требований;
- *удовлетворительно*, устанавливается при выполнении всех основных и частичном выполнении (менее 50%) дополнительных требований;
- *неудовлетворительно*, устанавливается при невыполнении одного или более из основных требований. [8].

1.56. Какие основные термины и определения приняты при ТО и ремонте электрооборудования?

Комплекс – два и более специфицированных изделий, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций

Комплект – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей, комплект инструмента и приспособлений, комплект измерительной аппаратуры и т.п

Нормальная эксплуатация – эксплуатация изделий в соответствии с действующей эксплуатационной документацией (ГОСТ 25866-83).

Нормативный документ – документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов.

Исправное состояние – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации (ГОСТ 27.002-89)

Неисправное состояние – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации (ГОСТ 27.002-89).

Техническая документация – совокупность документов, необходимая и достаточная для непосредственного использования на каждой стадии жизненного цикла продукции.

К технической документации относятся конструкторская и технологическая документация, техническое задание на рабочую продукцию и т.д.

Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации (ГОСТ 27.002-89).

Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до его перехода в предельное состояние.

Предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. При переходе объекта в предельное состояние его эксплуатация должна временно или окончательно прекращена; объект выводится из работы в ремонт или снимается с эксплуатации и уничтожается (списывается).

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Отказ объекта происходит из-за появления в нем дефекта – выхода параметра (характеристики) технического состояния, определяющего работоспособность объекта, за установленные пределы.

Сбой – самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора.

Техническое обслуживание – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировке (ГОСТ 18322-78).

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделия и восстановлению ресурса изделий или составных частей.

Повреждение – изменение в процессе эксплуатации значения любого параметра (характеристики) состояния изделия и (или) его составных частей относительно его номинального уровня, определенного в эксплуатационной, ремонтной или нормативной документации, в сторону установленных пределов, при нарушении которых изделие переходит в неисправное или неработоспособное состояние.

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям (ГОСТ 15467-79);

- несоответствие значения любого параметра или характеристики состояния изделия установленным требованиям;
- термин «дефект» связан с терминами «неисправность» и «отказ», но не является их синонимом.
- Дефект при ремонте – это накопленное повреждение.

Эксплуатация – стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество. Эксплуатация изделия включает в себя в общем случае использование по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт. (ГОСТ 25866-83).

Рабочее напряжение в системе электроснабжения – значение напряжения при нормальном режиме в рассматриваемый момент времени в данной точке системы электроснабжения.

Отклонение напряжения – величина, равная разности между значением напряжения в данной точке системы электроснабжения в рассматриваемый момент времени и его номинальным или базовым значением.

Понижение напряжения – напряжение, значение которого меньше допустимого для нормальной работы электротехнических изделий (устройств) и электрооборудования.

Посадка напряжения – внезапное значительное снижение напряжения в системе электроснабжения.

Потеря напряжения в системе электроснабжения – величина, равная разности между значениями действующего напряжения, измеренными в двух точках системы электроснабжения.

Колесания напряжения – серия единичных изменений напряжения во времени.

Небаланс напряжения (токов) – отличие по модулю значения хотя бы одного из фазных или линейных напряжений (тока) многофазной системы электроснабжения от значений напряжения (тока) других фаз.[8].

1.57. Какие обозначения зажимов применяются в принципиальных схемах ?

Существует определенный порядок следования цепей в ряду зажимов. Далее перечисляются цепи в порядке следования по ряду зажимов сверху вниз (слева направо) при постоянном оперативном токе (при переменном оперативном токе порядок следования аналогичен).

- Токовые цепи фаз А, В, С, N каждой группы трансформаторов тока;
- цепи напряжения фаз А, В, С, N, Н, U, К, F каждого трансформатора напряжения;
- цепи оперативного тока:
 - а) разводка «+» оперативного тока;
 - б) плюсовые цепи устройств автоматики (АПВ, АВР, АЧР, и др.) и защиты;
 - в) плюсовые цепи ламп сигнализации положения выключателя (при их питании от цепей управления), реле контроля положения, фиксации команд и другие промежуточные цепи (нечетные марки по возрастанию);
 - г) цепи включения;
 - д) цепи отключения;
 - е) минусовые промежуточные цепи (четные марки по убыванию);
 - и) разводка «-» оперативного тока;
- отправки к плюсу оперативного тока, цепям отключения или блокировок других монтажных единиц;

- цепи сигнализации: разводка + ШС, вспомогательные и промежуточные шинки сигнализации, промежуточные цепи предупредительной и аварийной сигнализации, лампы сигнализации положения (при их питании от цепей сигнализации), разводка – ШС;
 - цепи от резервных контактов реле и аппаратов;
 - прочие и транзитные цепи. Транзит токовых цепей выполняют через нормальные зажимы. Иногда возникает необходимость показать зажимы на принципиальных (полных) схемах. При этом применяют условные обозначения, показанные на рис. 1.1.

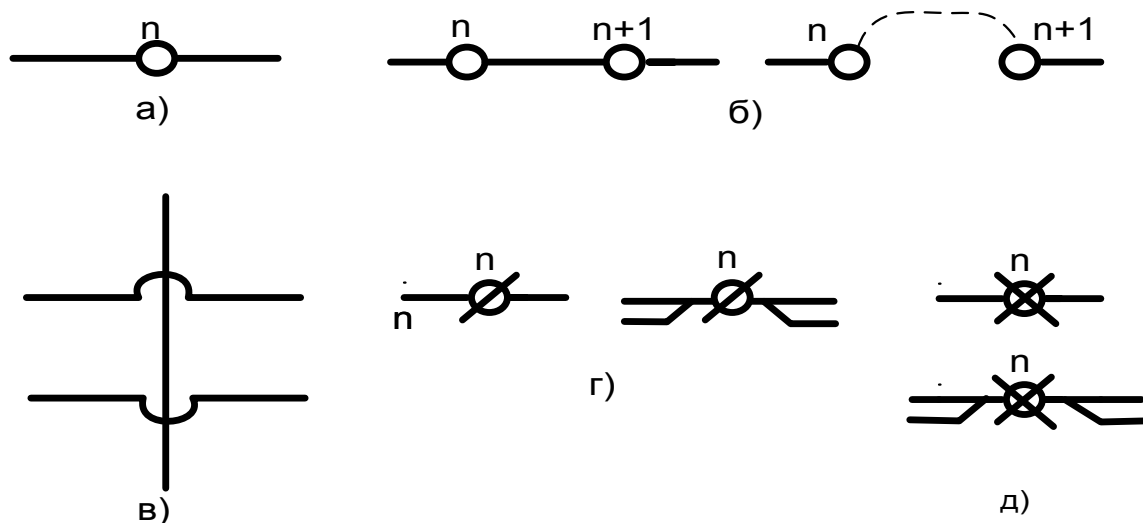


Рис.1.1. Условные обозначения зажимов в принципиальных схемах.

а – нормальный зажим; б – соединительный зажим или перемычка между нормальными зажимами; в – пересечение двух проводников 1-й находится сверху 2-го ; г – испытательный зажим в замкнутом положении; д – испытательный зажим в разомкнутом положении;

Буквенное обозначение панелей: А – панель автоматике, S – панель управления, F – панель защиты, Н – панель сигнализации, Т – панель телемеханики, Р – панель регулирования, N – панель измерения, U – панель связи.[33].

1.58. Какие отечественные микропроцессорные защиты применяются для защиты электроустановок ?

В настоящее время применяются следующие отечественные микропроцессорные защиты: «СИРИУС» «СИРИУС-С» «СИРИУС-В» - предназначены для осуществления функций РЗ и автоматике на отходящих линиях , секционных выключателях и вводах 6-35 кВ. «ОРИОН-М» - предназначены для выполнения функций РЗ, автоматике, управления и сигнализации присоединений напряжением 6-35 кВ. БМРЗ – обеспечивает функции РЗ, автоматике и управления воздушных (БМРЗ-ВЛ) и кабельных ЛЭП (БМРЗ-КЛ), секционных (БМРЗ-СВ) и вводных(БМРЗ-ВВ) выключателей распределительных ПС, шкафов секционирования линий 6-10 кВ, а также трансформаторов до 6,3 МВА (БМРЗ-ТР) и асинхронных двигателей мощностью до 4 МВт (БМРЗ-ДА). «ТЭМП 2501-1Х» - предназначены для выполнения функций РЗ, автоматике и управления различных присоединений на промышленных предприятиях и ПС напряжением 0,4-35 кВ переменного, выпрямленного переменного и постоянного оперативного тока.

1.59. Должна ли выполняться фиксация действия релейной защиты ?

Действие РЗ должно фиксироваться указательными реле, встроенными в реле указателями срабатывания, счетчиками числа срабатываний или другими устройствами в той степени, в которой это необходимо для учета и анализа работы защит.

Устройства, фиксирующие действие РЗ на отключение, следует устанавливать так,

чтобы сигнализировалось действие каждой защиты, а при сложной защите – отдельных ее частей (разные ступени защиты, отдельные комплекты защит от разных видов повреждения и т.п.) [62].

1.60. Укажите основные недостатки существующих устройств РЗА.

В качестве основных недостатков устройств РЗА и аппаратуры энергосистемы отмечают:

- защиты на переменном оперативном токе имеют большое потребление по токовым цепям, защиты с РТВ имеют большой разброс характеристик (по току и времени срабатывания) и низкий коэффициент возврата, защиты с реле РТМ не всегда могут быть отстроены от работы разрядников. Характеристики защит с реле РТВ и РТ-85 плохо согласовываются с характеристиками защит, выполненных на реле РТ-40, что часто приводит к недопустимому увеличению времени действия защит трансформаторов 35-110 кВ;

- на малонагруженных присоединениях с небольшими коэффициентами ТТ, отходящих от шин мощных ПС, значения вторичных токов превышают значения токов, допустимых для контактов реле РТ-85, РП-341. При износе часовых механизмов реле РТВ невозможна их замена из-за отсутствия завода-изготовителя;

- оперативный ток с использованием предварительно заряженных конденсаторов не позволяет контролировать состояние конденсаторов, отсутствует при включении трансформатора в работу.

1.61. Какое явление называется флуктуацией напряжения?

Слово флуктуация с перевода латыни означает колебание, т.е. случайное отклонение величины напряжения от среднего его значения. Флуктуация напряжения, происходит в основном из-за плохого согласования мощности источника с быстро изменяющейся в ходе производственных процессов нагрузкой у потребителей. Изменения в сети происходят из-за изменений не столько активной, сколько реактивной мощности.

Для поддержания в сети постоянного значения напряжения или хотя бы для исключения изменений, поступление реактивной мощности в распределительной сети должно быть нулевым или постоянным.

1.62. В чем заключается отличие паспорт изделия и формуляр изделия ?

Оба эксплуатационного документа содержат: сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения о сертификации и утилизации изделия.

Формуляр дополнительно содержит: сведения, которые вносят в период эксплуатации изделия (длительность и условия работы, ТО, ремонт и другие данные).[8].

1.63. Назовите способы защиты релейной аппаратуры от внешних воздействий, категории размещения и климатические исполнения.

Разнообразные природные явления – осадки, холод, пыль и т.д. оказывают неблагоприятное воздействие на электрические аппараты, поэтому их требуется защищать. Очевидно, что требования к защите реле, работающего в сухом отапливаемом помещении и под открытым небом, будут значительно отличаться. Для приведения к единому образцу были разработаны показатели защиты устройств (IP).

Показатель защиты электроприборов IP состоит из двух цифр.

Первая показывает защиту от проникновения твердых частиц внутрь конструкции:

0 – защиты нет;

1 – размером от 50мм;

2 – размером от 12мм;

3 – размером от 2,5мм;

4 – размером от 1мм;

5 – защита от пыли;

6 – полная защита от пыли.

Вторая показывает защищенность от влаги:

0 – защиты нет;

1 – от вертикально падающих капель;

2 – от капель, падающих под углом 15°;

3 – от наклонно падающих брызг, угол наклона до 60°;

4 – от брызг;

5 – от водяных струй;

6 – от мощных водяных струй;

7 – от временного погружения в воду;

8 – от продолжительного погружения в воду.

Наряду с показателями защиты от внешних воздействий существуют понятия климатического исполнения и категории размещения изделия. Климатическое исполнение показывает, в каком диапазоне температур эксплуатируется устройство. Категория размещения определяет ряд внешних факторов (например, влажность) в месте эксплуатации изделия.

Исполнения изделий	Категория изделий	Значения температуры воздуха при эксплуатации, °С				
		Рабочие			Предельные рабочие	
		Верхнее значение	Нижнее значение	Среднее значение	Верхнее значение	Нижнее значение
У	1, 2, 3	+40	-45	+ 10	+45	-50
ХЛ	1, 2, 3	+40	-60	+ 10	+45	-60
	5	+35	-10	+ 10	+35	-10
УХЛ	1, 2, 3	+40	-60	+ 10	+45	-60
	4	+35	+1	+20	+40	+1
	5	+35	-10	+ 10	+35	-10
Т	1, 2, 3	+45	-10	+27	+55	-10
	4	+45	+1	+27	+55	+1
	5	+35	+1	+ 10	+35	+1
О	1, 2	+45	-60	+27	+55	-60
	4	+45	+1	+27	+55	+1
	5	+35	-10	+10	+35	-10
М	1, 2, 3, 5	+40	-40	+ 10	+45	-40
	4	+40	-10	+20	+40	-10
ТМ	1, 2, 3, 4, 5	+45	+1	+27	+45	+1
ОМ	1, 2, 3, 5	+45	-40	+27	+45	-40
	4	+45	-10	+27	+45	-10

1.64. Назовите категории применения релейной аппаратуры.

Электромагнитные реле представляют собой широкий спектр устройств, предназначенный, прежде всего, для коммутации различных цепей. Поскольку величины токов и напряжений в цепях колеблются в очень широких пределах, соответственно различаются и требования к коммутирующим аппаратам.

Как правило, электромагнитное реле представляет собой устройство, включающее в себя катушку и хотя бы один контакт. Магнитное поле наводится в катушке при приложении напряжения или протекании тока. В зависимости от того, разомкнут либо замкнут контакт при обесточенной обмотке, контакты называются нормально разомкнутыми (НР) либо нормально замкнутыми (НЗ). Также важно знать диапазон коммутируемых токов и напряжений.

В при монтаже и в процессе эксплуатации механизм реле подвержен различным внешним воздействиям, поэтому его необходимо защищать. Как правило, большинство реле общепромышленного исполнения имеют защиту IP40.

Таким образом, основными характеристиками реле являются:

1. Величина напряжения (тока) катушки;
2. Род напряжения (тока) катушки - постоянный или переменный;
3. Количество и род контактов (замыкающих, размыкающих, переключающих);
4. Диапазон коммутируемых токов и напряжений;
5. Способ монтажа реле;
6. Исполнение по наличию защиты деталей реле от внешних воздействий.

В зависимости от того, какие нагрузки коммутируются, включение - выключение потребителей происходит по-разному.

С целью упрощения описания протекающих при этом процессов и приведения их к единому виду были приняты ряды стандартных режимов коммутации для нагрузок переменного и постоянного тока.

Категории применения (режимы коммутации)

Род тока	Категория применения	Область применения
Переменный	АС-1	Электродвигатели сопротивления, неиндуктивная или слабоиндуктивная нагрузка
	АС-2	Пуск и отключение электродвигателей с фазным ротором торможение противотоком
	АС-3	Прямой пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором, отключение вращающихся электродвигателей
	АС-4	Пуск электродвигателей с короткозамкнутым ротором, отключение неподвижных или медленно вращающихся электродвигателей, торможение противотоком
	АС-11	Управление электромагнитами переменного тока
Постоянный	ДС-1	Электродвигатели сопротивления, неиндуктивная или слабоиндуктивная нагрузка
	ДС-2	Пуск электродвигателей постоянного тока с параллельным возбуждением и отключение вращающихся электродвигателей постоянного тока с параллельным возбуждением
	ДС-3	Пуск электродвигателей постоянного тока с параллельным возбуждением, отключение неподвижных или медленно вращающихся электродвигателей, торможение противотоком
	ДС-4	Пуск электродвигателей постоянного тока с последовательным возбуждением и отключение вращающихся электродвигателей постоянного тока с последовательным возбуждением
	ДС-5	Пуск электродвигателей постоянного тока с последовательным возбуждением отключение неподвижных или медленно вращающихся электродвигателей торможение противотоком
	ДС-11	Управление электромагнитами постоянного тока
	ДС-14	Коммутация среднеиндуктивных нагрузок постоянного тока
	ДС-15	Коммутация высокоиндуктивных нагрузок постоянного тока

1.65. Что называется гальванической развязкой ?

Гальванической развязкой называется отсутствие электрической связи между различными цепями устройства (в том числе, между входными и выходными).

Гальваническая развязка применяется для разделения электрических цепей, в том числе и по соображениям безопасности от поражения током. В большинстве низковольтных аппаратов она обеспечивается самой конструкцией устройств (размещением составных элементов на изолированных друг от друга частях). Так, например, в электромагнитных реле катушка и выходные контакты электрически не связаны, что позволяет использовать цепи управления с безопасными напряжениями для коммутации сетевых напряжений.

2. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ.

2.1. Что называется напряжением и электрическим током?

Направленное движение потока свободных электронов вдоль металлического проводника называется *электрическим током* проводимости.

Разность потенциалов между точками в электрическом поле есть *электрическое напряжение*, иначе это отношение работы, которую совершают электрические силы при

перемещении заряда из одной точки в другую точку, к этому заряду. Разность потенциалов получила название вольт(В). Один вольт есть такая разность потенциалов (или такое напряжение) между двумя точками, при которой перемещение между этими точками положительного заряда, равного одному кулону, сопровождается совершением над ним силами электрического поля работы, равной одному джоулю: $1В=1Дж/1Кл$. Ранее *Вольт* – есть напряжение между концами провода с сопротивлением в один Ом при протекании по нему тока в один Ампер.

Разность потенциалов между любыми точками проводника равна нулю.[56].

2.2 В чем заключается суть закона Кулона?

Закон Кулона аналогичен по форме закону всемирному тяготения. При этом роль масс играют электрические заряды. Сила взаимодействия двух точечных зарядов направлено вдоль прямой линии, соединяющей заряды, прямо пропорциональны произведению обоих зарядов и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

В таком виде закон Кулона выражает силу взаимодействия между двумя точечными зарядами в вакууме. Если пространство между зарядами заполнено каким либо диэлектриком, то в формуле появляется еще величина, зависящая от природы диэлектрика.

Единицей заряда служит кулон (Кл). Эта единица является производной. Основной единицей в СИ является единица силы тока ампер (А). Заряд равный одному кулону, определяют как заряд, проходящий за одну секунду через поперечное сечение проводника, по которому течет постоянный ток силы один ампер. В соответствии с этим кулон называют так же ампер-секундой (Ас).[56].

2.3. Что называется электрическим полем ?

Понятие "электрическое поле" обозначается пространство, в котором проявляются действия электрического заряда. Разноименно заряженные тела притягиваются друг к другу, одноименно заряженные – отталкиваются. Взаимодействие зарядов объясняется тем, что каждый из них неразрывно связан с окружающим его электрическим полем. Таким образом, взаимодействие зарядов происходит при посредстве электрического поля. Электрическое поле есть самостоятельная физическая реальность, не сводящаяся ни к тепловым, ни к механическим явлениям. Электрическое поле обладает энергией – электрической энергией.

Если в проводнике возникло электрическое поле, то свободные заряды проводника придут в движение под действием этого поля, т.е. через проводник будет идти электрический ток, но не длительно. После некоторых перемещений приходит равновесие зарядов. Таким образом, при равновесии зарядов напряженность электрического поля в проводнике равна нулю, т.е. электрическое поле в проводнике отсутствует. Линии электрического поля не пересекаются и нигде не обрываются, кроме как на зарядах. Внутри проводников нет линий электрического поля. Линии электрического поля направлены перпендикулярно к поверхности проводника.[56].

2.4. Что называется магнитным полем ?

В пространстве, окружающем электрический ток, возникают магнитные силы, т.е. создается магнитное поле. Магнитное поле, так же как и электрическое поле, является одной из сторон электромагнитного поля и представляет собой один из видов материи. Вокруг всякого тока возникает магнитное поле. Оно не зависит ни от каких специальных свойств того или иного проводника и определяется лишь силой и направлением тока. Эта связь устанавливается правилом буравчика: *если поступательное движение буравчика совпадает с направлением тока, то направление вращения рукоятки буравчика укажет направление магнитных линий*. [56].

2.5. Что называется электрической емкостью?

Емкость конденсатора есть отношение заряда конденсатора к той разности потенциалов, которую этот заряд сообщает конденсатору

$$C = \frac{q}{U}$$

где q - заряд конденсатора, Кл;
 C - емкость конденсатора, Ф;
 U - напряжение, В.

В СИ единица емкости носит название фарада(Ф).Емкостью, равной одному фараду, обладает такой конденсатор, между пластинами которого возникает разность потенциалов, равная одному вольту, при заряде на каждой из пластин, равном одному Кулону: $1\text{Ф} = 1\text{Кл}/1\text{В}$ [56].

2.6. Пояснить термин намагничивающая сила.

Магнитная индукция поля внутри катушки во всех точках этой линии одинакова и направлена вдоль оси катушки. Вне катушки магнитного поля нет. Магнитное поле данной интенсивности можно получить при относительно малом числе витков, но большом токе, или при малом токе но относительно большом числе витков. Произведение тока на число витков называется намагничивающая сила или ампер-витки: $I \cdot N$
 где- I ток, N - число витков.[19].

2.7. Пояснить понятие активное и омическое сопротивление. Как правильно назвать закон Ома ?

Часто закон Ома называют как : величина тока в каждом данном участке электрической цепи равна напряжению между концами этого участка, деленному на его сопротивление. Это не верно. Правильно: *сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его зажимах и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.*

$$I = \frac{U}{R}$$

где I – величина (сила) тока, А;
 U – напряжение, В;
 R – сопротивление, Ом.

Отношение активной мощности цепи к квадрату действующего тока, называется активным электрическим сопротивлением :

$$R = \frac{P}{J^2}$$

где: P - активная мощность цепи;
 J - ток в цепи;
 R - электрическое сопротивление.

В цепи переменного тока электрическое сопротивление *называется активным* , а в цепи постоянного тока *омическим*. Электрическое сопротивление постоянному току равно отношению постоянного напряжения на участке цепи к постоянному току в нем при отсутствии на участке ЭДС В одной и той же цепи часто активное сопротивление существенно отличается от омического (обычно оно больше) за счет поверхностного эффекта при переменном токе. [19].

2.8. Какой прибор называется резистором?

Прибор, включаемый в электрическую цепь для ограничения силы тока или ее регулирования, называется резистором (в переводе с английского – сопротивление). В зависимости от характера изменения сопротивления при протекании электрического тока и внешних воздействующих факторов резисторы делятся на линейные и нелинейные. Под словом «резисторы» традиционно подразумевают резисторы с линейной вольт-амперной

характеристикой. К нелинейным резисторам относят: терморезисторы, варисторы и магниторезисторы.[19].

2.9. Что называется реактивным сопротивлением?

Сопротивление называется реактивным X , если энергия, выделяемая на нем в одну часть периода, вновь полностью возвращается в цепь другую часть периода. Реактивные сопротивления делятся на индуктивные X_L и емкостные X_C . [19].

2.10. Назвать определение сопротивление в один Ом.

В СИ единицей сопротивления в один Ом является сопротивление такого проводника, по которому протекает ток, равный одному амперу, если на концах его поддерживать напряжение, равное одному вольту. Эта единица сопротивления называется ом(Ом).[56].

2.11. В чем отличие линейных и нелинейных сопротивлений?

Линейные сопротивления не изменяют своей величины при изменении силы протекающего через них тока или при изменении величины приложенного напряжения, т.е. характеризуются линейной зависимостью между силой тока и напряжением.

Нелинейные сопротивления изменяют свою величину при изменении силы протекающего через них тока или приложенного напряжения. Что бы иметь полное представление о таком сопротивлении, необходимо знать его значение при различных силе тока или напряжении. [19].

2.12. Как изменяется ЭДС и ток аккумулятора при его заряде и разряде?

ЭДС аккумулятора E при заряде сохраняет то же направление, что и при разряде; ток же в аккумуляторе изменяет свое направление на обратное, т.к. он определяется не направлением э.д.с. аккумулятора, а э.д.с. внешнего источника питания. ЭДС аккумулятора при разряде направлена против тока и поэтому называется противо э.д.с. [19].

2.13. Как распределяется нагрузка при параллельном включении аккумуляторов?

При параллельном соединении источников энергии – источники с относительно большой э.д.с. и меньшим внутренним сопротивлением имеют больший ток, т.е. принимают на себя большую нагрузку. Если э.д.с. и внутреннее сопротивление источников одинаковы, нагрузка между ними распределяется поровну. [19].

2.14. Изменится ли электрическая прочность воздушного конденсатора если внести стекло в воздушный промежуток?

При внесении в воздушный промежуток конденсатора стекло запас электрической прочности конденсатора уменьшится, несмотря на то, что электрическая прочность стекла сама по себе больше, чем воздух. [19].

2.15. В чем отличие линий напряженности электростатического поля от линий индукции магнитного поля?

В отличие от линий напряженности электростатического поля, которые начинаются на положительных, а оканчиваются на отрицательных заряженных телах или уходят в бесконечность; линии индукции магнитного поля всегда замкнуты на себя, т.е. не имеют ни начала, ни конца. [19].

2.16. Что такое гистерезис?

Размагничивание сердечника как бы запаздывает по сравнению с уменьшением напряженности поля. Это явление называют магнитным гистерезисом. Петля гистерезиса представляет собой кривую намагничивания ферромагнетиков. Если первоначально

ненамагниченное вещество намагнитить до насыщения (начальная кривая), а затем уменьшать и потом снова увеличивать напряженность магнитного поля, то изменение индукции не будет следовать начальной кривой: каждому значению напряженности магнитного поля соответствуют два значения магнитной индукции в зависимости от того, увеличивается или уменьшается напряженность поля.[19].

2.17. Затрачивается ли энергия при перемагничивании?

При циклическом перемагничивании с определенной частотой ферромагнитное вещество нагревается, что свидетельствует о затрате энергии на перемагничивание.[19].

2.18. Как получить катушку без индуктивности?

Если требуется получить катушку без индуктивности, можно применить бифилярную катушку, которая выполняется проводом, сложенным вдвое. Бифилярная обмотка выполняется из двух проводов, тем самым уменьшается реактивное сопротивление катушки. Бифилярная катушка обеспечивает компенсацию намагничивающих сил двух смежных витков, вследствие чего индуктивность катушки становится ничтожной. Такие обмотки используются в катушках сопротивления как мера электрического сопротивления.[19].

2.19. Для чего в устройстве изоляции применяются материалы различных диэлектриков ?

Скачкообразное изменение напряженности поля на границе раздела двух диэлектриков, имеющих разные диэлектрические проницаемости, физически объясняется тем, что вследствие разной поляризованности диэлектриков на границе образуется избыточный связанный заряд плотностью:

$$\sigma_{\text{срн}} = \overline{P_2} - \overline{P_1}$$

где- \overline{P} – вектор поляризованности;

Это приводит к усилению поля в одном диэлектрике и ослаблению в другом. Устройство изоляции из нескольких слоев различных диэлектриков в неравномерном электрическом поле позволяет в определенной мере выравнять напряженность электрического поля и тем создать более благоприятные условия для работы изоляции и сократить ее размеры.[19].

2.20. Как определить ток двух фазного КЗ ?

При двух фазном КЗ токи КЗ определяются по выражению:

$$I_k^{(2)} = 0,865 I_k^{(3)}$$

где – 0,865 – коэффициент, показывающий что значение тока при двух фазном КЗ меньше, чем при трех фазном КЗ.[19].

2.21. Как изменится магнитный поток, при втягивании стального сердечника внутрь катушки с током ?

При втягивании стального сердечника внутрь катушки с током, магнитный поток катушки увеличивается, т.к. добавляется действие контуров тока внутри стального сердечника, которые образуются внутриатомным и внутримолекулярным движением заряженных частиц. Если перемещение сердечника ничем не ограничено то он втягивается до тех пор, пока не увеличится до максимальной величины для этой системы.

Магнитный поток на границе двух сред не изменяется. Практически можно считать, что линии магнитной индукции в воздухе у границы со сталью (или др.) перпендикулярны поверхности раздела.

Магнитное сопротивление воздушного зазора в 10 раз больше сопротивления стального сердечника. Поэтому если без воздушного зазора обойтись нельзя, следует по возможности его сократить.[19].

2.22. В чем заключается физический смысл закона Ленца ?

ЭДС самоиндукции противодействует изменению тока, т.е. при увеличении тока препятствует его росту, а при уменьшении задерживает его падение. Если изменение тока в катушке является следствием изменения приложенного к ней напряжения, то э.д.с. самоиндукции направлена против приложенного напряжения, когда ток растет и совпадает по направлению с напряжением, тогда ток уменьшается. При постоянном токе э.д.с. самоиндукции в катушке не возникает. Поэтому индуктивное сопротивление равно нулю. Ток определяется приложенным напряжением и активным сопротивлением.[19].

2.23. Что называется напряжением смещения нейтрали и почему в нулевом проводе не устанавливаются предохранители ?

При наличии сопротивления в нулевом проводе нулевая точка приемника на топографической диаграмме не совпадает с нулевой точкой источника. Поэтому напряжение между нейтралью источника и приемника называют напряжением смещения нейтрали.

Смещение нейтрали – отличие потенциала нейтрали системы электроснабжения от потенциала земли или корпуса электротехнического оборудования. Напряжение смещения нейтрали – напряжение, между реальной или искусственной нейтралью и землей или корпусом электротехнического оборудования.

Вследствие смещения нейтрали напряжение на фазах приемника оказывается неодинаковыми, несмотря на симметрию фазных напряжений источника.

Нулевой провод является уравнивающим. Потенциалы нейтрали источника и приемника с помощью этого провода принудительно уравнены, а поэтому "звезда" векторов фазных напряжений приемника точно совпадает со "звездой" фазных напряжений источника.

При симметричной нагрузке обрыв нулевого провода вызывает значительное изменение токов и фазных напряжений, что в большинстве случаев недопустимо. Поэтому в нулевой провод предохранители не устанавливаются.[19].

2.24. Что называют фазой и сдвигом фаз ?

Угол, характеризующий определенную стадию периодически изменяющегося параметра (в частном случае напряжения) называют фазным углом или просто *фазой*. На практике под фазой трехфазной системы понимают так же отдельный участок трехфазной цепи по которому проходит один и тот же ток, сдвинутый относительно двух других по фазе. Исходя из этого, фазой называют обмотку генератора, трансформатора, двигателя, провод трехфазной ЛЭП, чтобы подчеркнуть принадлежность их к определенному участку трехфазной цепи. Фазы именуют прописными буквами А, В, С или в соответствии с ПУЭ фаза А окрашивается в желтый цвет, фаза В – в зеленый и фаза С – в красный. Поэтому фазы часто называют Ж, З, К. Таким образом, в зависимости от рассматриваемого вопроса фаза – это либо угол, характеризующий состояние синусоидально изменяющейся величины в каждый момент времени, либо участок трехфазной цепи, т.е. однофазная цепь, входящая в состав трехфазной.

Трехфазные системы напряжений и токи могут отличаться друг от друга порядком следования фаз. Если фазы (например сети) следуют друг за другом в порядке А,В,С это так называемый прямой порядок следования фаз.[55].

2.25. В чем отличие понятий порядок следования фаз и чередование фаз?

Порядок, в котором, ЭДС трех фаз (например, в фазных обмотках генератора) непрерывно проходит через одни и те же значения (например, через положительные амплитудные значения), называют *порядком следования фаз*, А,В,С – это так называемый прямой порядок следования фаз. А, С, В – это обратный порядок следования фаз. Иногда вместо термина «порядок следования фаз» говорят «порядок чередования фаз». Во избежание путаницы условимся применять термин «чередование фаз» только в том случае, когда это связано с понятием фазы, как участка трехфазной цепи.

Под *чередованием фаз* понимают очередность, в котором фазы трехфазной цепи (отдельные провода линий, обмотки и выводы электрической машины и т.д.) расположены в пространстве, если обход их каждый раз начинать из одного и того же пункта (точки) и производить в одном и том же направлении, например сверху вниз, по часовой стрелке и т.д.

На основании такого определения говорят о чередовании обозначений выводов электрических машин и трансформаторов, расцветки проводов и сборных шин. В ряде случаев порядок чередования фаз строго регламентирован. ПУЭ предусматривают для закрытых РУ следующий порядок чередования окрашенных сборных шин при их вертикальном расположении: верхняя шина – желтая, средняя – зеленая, нижняя – красная. При расположении шин горизонтально наиболее удаленная шина окрашивается в желтый цвет, а ближняя – в красный.

На открытых ПС чередование окраски СШ ориентируют по силовым трансформаторам. Ближайшая к ним фаза шин окрашивается в желтый цвет, средняя – в зеленой, отдаленная – в красный.[55].

2.26. Что называется феррорезонансом ?

В цепях, содержащих катушку со стальным сердечником и конденсаторов, резонансные явления, связанные с нелинейным характером индуктивности, называют феррорезонансным. Скачкообразное изменение тока сопровождается изменением на 180° фазы тока по отношению к напряжению (опрокидывание фаз).

После точки резонанса т.е. при напряжениях источника, больших напряжения опрокидывания фаз, напряжение на катушке изменяется мало, что связано с переходом по характеристики намагничивания в область магнитного насыщения. Это используется в практике для стабилизации напряжения.

Таким образом, в последовательной феррорезонансной цепи может возникнуть явление резкого изменения тока при небольшом изменении напряжения на входе цепи, а так же при изменении значения емкости или параметров катушки со стальным сердечником. На подстанциях напряжением 220кВ и выше при оперативных переключениях могут образоваться различные последовательные или последовательно-параллельные схемы соединения индуктивности трансформатора напряжения серии НКФ и активного сопротивления его обмоток с емкостью шин и конденсаторов, шунтирующих контактные разрывы воздушных выключателей. В зависимости от соотношений между реактивными элементами в контуре могут возникнуть опасные феррорезонансные явления, при этом на шинах могут появиться повышенные напряжения, а по обмотке ВН трансформатора напряжения серии НКФ будут проходить недопустимые токи, что приводит к их повреждению.

Феррорезонанс токов возникает в схеме, образованной двумя параллельными реактивными сопротивлениями X_L – индуктивным сопротивлением высоковольтной обмотки ТН(НТМИ) и X_c –емкостным сопротивлением ЛЭП. В процессе эксплуатации при однофазных замыканиях наиболее часто высоковольтные обмотки ТН контроля изоляции (ТНКИ) оказываются под напряжением $\sqrt{3} U_\phi$ при металлическом замыкании и $2\div 2,2 U_\phi$ при регулярно перемежающейся дуге. Случаи приложения напряжения более $2,2 U_\phi$ на ВЛ редки. Неблагополучным последствием, которой сопутствует феррорезонансному процессу в нормальном режиме является, как правило при включении силовых трансформаторов на напряжение 6-10кВ. Этот режим характеризуется недопустимыми повышениями фазных напряжений низковольтной обмотки и напряжения на выводах разомкнутого треугольника ТНКИ. Увеличение напряжений на низкой стороне ТН не является следствием перенапряжений в электрической сети 6-10кВ, а происходит за счет прохождения токов феррорезонанса в высоковольтных обмотках ТНКИ. Одним из способов понижения напряжений является включение резистора 25 Ом в обмотку разомкнутого треугольника 3U₀ ТНКИ.

Феррорезонанс на ВЛ 10кВ возникает при длине от 40 до 60 км. Это хорошо подтверждают данные эксплуатации ТНКИ. Феррорезонанс в сети 6-10 кВ с изолированной нейтралью часто возникает при перегорании предохранителей, а также при обрывах проводов ВЛ с падением их на землю. Лишенные симметричного трехфазного питания потребительские трансформаторы 6-10 кВ во взаимодействии с емкостями остальной сети переходят в режим феррорезонансного преобразователя однофазного напряжения в трехфазное. Если чередование фаз во вновь образованной системе изменится на обратное, напряжение на одной из фаз сети может достичь трехкратного значения.

Условия возникновения феррорезонанса для КЛ возможны при длине 3-4 км. Повреждение ТНКИ в городских сетях (где длина кабелей превышает 3-4 км) как правило не имеют места. Условия феррорезонанса исключены, а дуговые замыкания практически мгновенно

переходят в КЗ между фазами.

Условие резонанса: $X_L = X_C$

где $-X_L = 2\pi f L$ Ом $X_C = \frac{3180}{C}$ Ом, здесь L - индуктивность Гн, C - емкость мкФ, f - частота Гц.

При резонансе ток определяется только напряжением и активным сопротивлением.

2.27. В каких режимах рассчитываются эквивалентные сопротивления ?

Эквивалентная индуктивность любой схемы рассчитывается из опыта КЗ, а эквивалентная емкость из опыта ХХ относительно точки коммутации. [19].

2.28. Изменяются ли потери электроэнергии при изменении $\cos\varphi$?

. При увеличении $\cos\varphi$ 0,76 до 0,96 потери энергии уменьшаются в 1,21 раза. Сечение проводов (жил) ЛЭП необходимо увеличивать при пониженном $\cos\varphi$. Например, для трехфазной КЛ [35]:

$\cos\varphi$	1	0,8	0,6	0,4
сечение, мм ²	50	70	95	185

2.29. В чем отличие понятий потеря напряжения и падение напряжения?

Условились называть *потерей напряжения* алгебраическую разность фазных напряжений в начале и конце линии. Потеря напряжения зависит от параметров сети, а также от активной и реактивной составляющих тока или мощности нагрузки. При расчете величины потери напряжений в сети активное сопротивление необходимо учитывать всегда, а индуктивным сопротивлением можно пренебречь в осветительных сетях и в сетях, выполненных сечениями проводов до 6 мм² и кабелей до 35 мм².

Потеря напряжения зависит от величины нагрузки и ее коэффициента мощности.

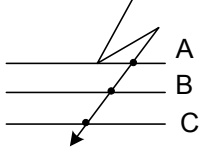
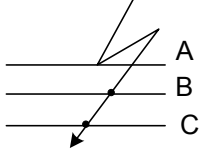
Падение напряжения – это геометрическая разность между векторами напряжений в начале и конце элемента сети. [19].

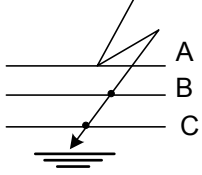
2.30. Какое направление имеет постоянный электрический ток?

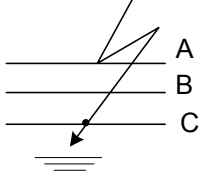
За направление тока условно принимается то направление, в котором двигались бы под действием разности потенциалов положительные заряды, т.е. во внешней цепи генератора ток направлен от положительного его полюса к отрицательному. Но это вовсе не означает, что всегда и во всех проводниках движутся именно положительные заряды. Напротив, в одних случаях в проводнике фактически движутся только отрицательные заряды, в других же имеет место движение зарядов обоих знаков в противоположных направлениях. В частности в металлах могут перемещаться только электроны, несущие отрицательный заряд. При замыкании элемента металлической проволокой электрическое поле движет электроны в сторону возрастания потенциала, т.е. от отрицательного полюса к положительному. Мы видим, что за направление тока принято направление, противоположное движению электронов. Следует признать такое определение направление тока довольно неудачным. Оно было сделано в те времена, когда представление об электронах и их свойствах еще не было введено и природа носителей заряда в металлах была еще неизвестна. [56].

2.31. Чему равны токи и напряжения при различных видах КЗ?

Виды повреждений и ненормальных режимов работы ЛЭП, которые могут применяться для расшифровки осциллограмм.

Схема виды КЗ.	Вид КЗ.	Основные соотношения параметров сети и составляющих КЗ при повреждениях.
	Трехфазное КЗ $K^{(3)}$.	1. Напряжение всех фаз в месте КЗ равны нулю $U_{KA}^{(3)} = U_{KB}^{(3)} = U_{KC}^{(3)} = 0$ 2. Фазные напряжения в месте установки защит (в начале линии), определяются токами КЗ и сопротивлением линии до места повреждения $U_A^{(3)} = Z_{\text{л}} I_A^{(3)} \quad U_B^{(3)} = Z_{\text{л}} I_B^{(3)} \quad U_C^{(3)} = Z_{\text{л}} I_C^{(3)}$ 3. КЗ является симметричным и поэтому отсутствуют составляющие обратной и нулевой последовательностей. 4. Фазные напряжения в месте установки защиты, определяются, как геометрическая сумма падений напряжения в активном сопротивлении $I_{\text{Ак}} R_{\text{л}}$, совпадающего по фазе с вектором тока $I_{\text{Ак}}$, и в реактивном сопротивлении $I_{\text{Ак}} X_{\text{л}}$, сдвинутого на 90° относительно $I_{\text{Ак}}$. Модули фазных напряжений имеют одинаковые значения, каждый из этих векторов опережает ток одноименной фазы на угол $\varphi_{\text{к}} = \arctg(X_{\text{лк}}/R_{\text{лк}})$. Для ЛЭП-35 угол $\varphi_{\text{к}} = 45^\circ - 55^\circ$; для 110кВ - $60^\circ - 78^\circ$; 220кВ - $73^\circ - 82^\circ$; 330кВ (2 провода в фазе) – 80-85кВ; 500кВ (три провода в фазе) $84^\circ - 87^\circ$. Большее значение $\varphi_{\text{к}}$ соответствует большему сечению провода, так как чем больше сечение. Тем меньше R. 5. Остаточные фазные и междуфазные напряжения возрастают вдоль линии по мере удаления от места КЗ. 6. Принимается направление тока КЗ к месту повреждения.
	Двухфазное КЗ $K^{(2)}$. Фаз В и С	1. Ток в неповрежденной фазе без учета токов нагрузки считается отсутствующим ($I_A = 0$). 2. Токи в поврежденных фазах (токи КЗ) равны по значению, но противоположны по фазе $I_B^{(2)} = -I_C^{(2)}$ 3. В месте повреждения линейное напряжение поврежденных фаз равно нулю ($U_{BC}^{(2)} = 0$), а междуфазные напряжения U_{AB} и U_{CA} составляет $1,5 U_{\text{ф}}$ или $0,87 U_{\text{л ном}}$. Фазное напряжение $U_B^{(2)}$, опережающей фазы в общем случае имеет большее значение, чем напряжение $U_C^{(2)}$ отстающей, если рассматривать векторную диаграмму. 4. Сумма токов поврежденных фаз равна нулю. 5. КЗ является не симметричным и содержит составляющие прямой и обратной последовательности. Ток нулевой последовательности отсутствует. 6. Напряжение неповрежденной фазы А одинаково в любой

		<p>точке сети и равно фазной ЭДС.</p> <p>7. В любой точке сети напряжение нулевой последовательности равно нулю $3U_0 = 0$.</p> <p>8. По мере удаления от места повреждения линейное напряжение поврежденных фаз возрастает.</p> <p>9. Напряжение неповрежденной фазы А равно геометрической сумме напряжений прямой и обратной последовательности данной фазы или равно двойному напряжению прямой последовательности фазы А</p> $U_{KA}^{(2)} = U_{KA1}^{(2)} + U_{KA2}^{(2)} = 2U_{KA1}^{(2)}$ <p>10. Фазные напряжения поврежденных фаз вместе КЗ, не содержат составляющих нулевой последовательности, равны по модулю и совпадают по фазе.</p> <p>11. В месте КЗ напряжение каждой поврежденной фазы равно половине напряжения неповрежденной фазы или напряжению прямой последовательности неповрежденной фазы и противоположно им по знаку:</p> $U_{KB}^{(2)} = U_{KC}^{(2)} = -U_{KA1}^{(2)} = -\frac{1}{2}U_{KA}^{(2)}$ <p>12. Ток поврежденной фазы В равен $\sqrt{3}$ току прямой последовательности неповрежденной фазы А:</p> $I_{KB}^{(2)} = \sqrt{3}I_{KA1}^{(2)}$ <p>13. Ток поврежденной фазы С равен $\sqrt{3}$ току прямой последовательности неповрежденной фазы А с обратным знаком:</p> $I_{KC}^{(2)} = -\sqrt{3}I_{KA1}^{(2)}$ <p>14. Ток КЗ поврежденных фаз В и С равны по модулю и составляют 0,865 от тока трехфазного КЗ:</p> $I_{KB}^{(2)} = I_{KC}^{(2)} = 0,865I^{(3)}$ <p>15. На слагающие токи КЗ накладываются токи нагрузки, проходящие по всем трем фазам. В результате по неповрежденной фазе проходит ток нагрузки; полные токи могут в одной из поврежденных фаз возрастать, а в другой уменьшаться.</p> <p>16. Фазные напряжения прямой и обратной последовательности неповрежденной фазы А равны между собой и равны половине фазного напряжения.</p>
	<p>Двухфазное КЗ на землю $K^{(1,1)}$ Фаз В и С.</p>	<p>1. В поврежденных фазах В и С протекают токи, замыкающиеся через землю</p> $I_{K(3)} = I_{BK} + I_{CK} = 3I_0$ <p>2. В неповрежденной фазе ток КЗ отсутствует $I_{KA}^{(1,1)} = 0$</p> <p>3. В месте КЗ напряжения поврежденных фаз В и С, замкнутых на землю, равны нулю</p> $U_{KB}^{(1,1)} = U_{KC}^{(1,1)} = 0$ <p>4. Напряжение между поврежденными фазами в месте КЗ равно нулю $U_{BCK} = 0$.</p> <p>5. Напряжение неповрежденной фазы U_{AK} остается нормальным (если пренебречь индукцией от токов I_{BK} и I_{CK}).</p> <p>6. Междофазные напряжения между поврежденными и неповрежденными фазами U_{AB} и U_{CA} в месте КЗ снижаются до фазного напряжения U_{AK}.</p>

		<p>7. В месте установки защит увеличиваются междуфазные и фазные напряжения поврежденных фаз.</p> <p>8. Напряжение нулевой последовательности в месте установки защит уменьшается.</p> <p>9. Появляются слагающие нулевой и обратной последовательностей в напряжениях и токах КЗ.</p> <p>10. Ток нулевой последовательности $I_0^{(1,1)}$ при 2-х фазном КЗ на землю может быть как больше, так и меньше тока $I_0^{(1)}$ при однофазном КЗ в той же точке.</p> <p>11. Напряжения составляющих неповрежденной фазы равны между собой и равны 1/3 напряжению в месте КЗ: $U_{KA1} = U_{KA2} = U_{KA0} = \frac{1}{3} U_{KA}$ или напряжение неповрежденной фазы U_{KA} равно утроенному значению напряжения прямой последовательности: $U_{KA}^{(1,1)} = 3U_{KA1}^{(1,1)} = 3U_{KA0}^{(1,1)}$</p> <p>12. Векторная диаграмма токов при двухфазном КЗ на землю по своему виду аналогична диаграмме напряжений однофазного КЗ, а диаграмма напряжений – диаграмме токов однофазного КЗ.</p>
	<p>Однофазное КЗ на фазе C $K^{(1)}$</p>	<p>1. Токи неповрежденных фаз без учёта нагрузки равны нулю: $(I_A = I_B = 0)$.</p> <p>2. Токи нулевой последовательности можно рассматривать, как три однофазных тока, протекающих по фазам и возвращающихся, как ток $3I_0$ через землю, заземленные тросы ЛЭП и заземленные нейтрали трансформаторов.</p> <p>3. Ток КЗ I_{CK}, возникающий под действием ЭДС E_C, проходит по поврежденной фазе от источника и возвращается обратно по земле через заземленные нейтрали трансформаторов.</p> <p>4. Напряжение поврежденной фазы C в точке КЗ $U_{CK} = 0$</p> <p>5. Напряжения неповрежденных фаз A и B несколько превышают ЭДС соответствующих фаз системы.</p> <p>6. Напряжение нулевой последовательности поврежденной фазы в месте КЗ равно 1/3 геометрической суммы напряжений неповрежденных фаз.</p> <p>7. Напряжение поврежденной фазы в месте установки защит определяются сопротивлением петли: провод-земля, оно возрастает при удалении от места КЗ и опережает ток КЗ на землю.</p> <p>8. Ток и напряжения образуют несимметричную и неуравновешенную систему векторов, что говорит о наличии кроме прямой составляющих обратной и нулевой последовательности.</p> <p>9. Вектор тока нулевой последовательности I_{0K} в точке КЗ совпадает с током однофазного КЗ в поврежденной фазе I_{CK}.</p> <p>10. Вектор напряжения нулевой последовательности U_{0K} противоположен по фазе ЭДС E_C и равен 1/3 нормального (до КЗ) значения напряжения поврежденной фазы.</p> <p>11. Ток нулевой последовательности в точке повреждения I_{0K} опережает напряжение нулевой последовательности</p>

		<p>$U_{0к}$ на 90°.</p> <p>12. В точке установки защит напряжение неповрежденных фаз не изменяется. Междофазные напряжения увеличиваются.</p> <p>13. Междофазные напряжения в точке повреждения больше нуля.</p> <p>14. Напряжения неповрежденных фаз, хотя токи в них отсутствуют, тоже изменяются обычно возрастая вследствие наводимых ЭДС взаимной индукции. Поэтому при $K^{(1)}$ в общем случае, но неповрежденным фазам, даже при отсутствии токов нагрузки, проходят токи КЗ. В прицеле они достигают значения тока в поврежденной фазе.</p> <p>15. Максимальное значение напряжения $3U_0$ в месте КЗ равно утроенному значению фазного напряжения, что соответствует режиму работы сети с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю.</p>
--	--	---

2.32. Следует ли учитывать переходное сопротивление в месте КЗ ?

При замыканиях между фазами сопротивление в месте КЗ определяется сопротивлением электрической дуги R_p между фазами, а при замыканиях на землю к сопротивлению дуги добавляется сопротивление опоры и заземления $R_{п.з}$. Сопротивление электрической дуги, которой сопровождаются большинство повреждений на ЛЭП, практически является чисто активным и характеризуется градиентом напряжения в дуге 1,4-1,5 кВ(max) на 1м длины дуги. В соответствии с этим

$$R_d = 1050 L_d / I_d, \text{ Ом}$$

где- I_d - действующее значение тока в дуге, A , L_d - длина дуги, м.

При замыкании на землю (перекрытие гирлянды) длительностью 4-5 периодов можно в расчетах принять длину дуги равной 1,2 длины гирлянды.

Следует, однако, иметь ввиду, что при затяжных КЗ длина дуги имеет тенденцию к быстрому возрастанию во время (под влиянием ветра и пр.), вследствие чего R_p может сильно увеличиться.

Сопротивление заземления $R_{п.з}$ металлических и ж/б опор в большой степени зависит от характера грунта и его влажности, наличия заземленных грозозащитных тросов и др.; сопротивлением самой опоры такого типа можно пренебречь. Следует учитывать, что для ЛЭП с многократно заземленными тросами (ВЛ-110-154 кВ) сопротивление системы опоре-тросе в подавляющем числе случаев не превосходит 3-5 Ом. Для ЛЭП 220 кВ и выше, для которых тросы разрезаны на отдельные участки, причем каждый трос заземлен с одного конца, а с другого установлен искровой промежуток, сопротивление $R_{п.з}$ увеличивается.

В некоторых случаях замыкания на землю не связаны с перекрытием или пробоем изоляции на опоре, а именно повреждения с падением провода на землю, перекрытием на деревья и др., причем сопротивления заземления в этих случаях могут достигать сотен Ом.[51].

2.33. Назовите меры для снижения токов КЗ ?

Наиболее распространенными и действенными способами ограничения токов КЗ являются: секционирование электрических сетей; установка токоограничивающих реакторов; широкое использование трансформаторов с расщепленными обмотками низкого напряжения.

В распределительных электрических сетях 10 кВ и ниже широко применяется раздельная работа секций шин, питающихся от различных трансформаторов подстанции.[9].

2.34. Объяснить понятие ударный ток ?

Максимальное мгновенное значение полного тока наступает обычно через 0,01с после

начала процесса КЗ. Оно носит название ударного тока. Поэтому ударный ток определяется для момента времени $t = 0,01$ с и применяется при выборе оборудования. [45].

2.35. Могут ли КЗ привести к снижению частоты ?

КЗ в небольших по мощности изолированных энергосистемах или районах сети 6-35кВ(а в отдельных случаях и 110 кВ),обладающей значительным активным сопротивлением, могут приводить к снижению частоты. В ряде случаев такое снижение частоты может сопровождаться срабатыванием АЧР. При КЗ из-за снижения напряжения в узлах происходит некоторое снижение нагрузки потребителей, но из-за возрастания токов увеличиваются активные потери. Если рост потерь превышает снижение мощности нагрузки, на генераторы происходит наброс мощности (при отсутствии резерва генерирующей мощности или его малым значением) и снижается частота в энергосистеме (районе).

Значение снижения частоты при КЗ определяется возникающим дефицитом мощности и длительностью КЗ , т.е. временем действия защиты. Наибольший дефицит мощности, как правило, возникает при КЗ в основной сети (110 кВ и выше), но поскольку в основной сети устанавливаются быстродействующие защиты, частота не успевает снизиться до уставок срабатывания АЧР.[40].

2.36. Чему равны ток и напряжение нулевой последовательности в точке КЗ ?

При однофазном КЗ ток нулевой последовательности в месте повреждения $I_{0к}$ равен $1/3$ тока КЗ в поврежденной фазе и совпадает с ним по фазе, а напряжение $U_{0к}$ в точке КЗ равно $1/3$ геометрической суммы напряжений неповрежденных фаз. При КЗ на землю появление токов I_0 возможно только в сети , где имеются трансформаторы с заземленными нейтральными и их распределение определяется расположением не генераторов , а заземленных нейтралей.

Чем дальше отстоит точка установки защиты от места повреждения, тем меньше напряжение U_0 . В месте заземленных нейтралей трансформаторов напряжение нулевой последовательности равно нулю, т. к. эта точка непосредственно связана с землей. Напряжение $3U_0$ имеет наибольшее значение (равное фазному) в месте КЗ,

Необходимо объяснить понятие коэффициент токораспределения Коэффициент токораспределения учитывает влияние тока подпитки от нейтрали трансформатора, подключенного к шинам противоположной подстанции и равен отношению токов нулевой последовательности смежных линий питающих ПС с трансформатором имеющего заземленную нейтраль.[9].

2.37. Почему нулевая последовательность равна $1/3$ тока в нулевом проводе ?

Сумма линейных токов равна току в нулевом проводе, поэтому составляющая тока нулевой последовательности равна $1/3$ тока в нулевом проводе. Отсюда следует, что ток в нулевом проводе можно найти, если утроить величину составляющей тока нулевой последовательности. В трехпроводной системе сумма линейных токов равна нулю. Поэтому данная система не имеет составляющей нулевой последовательности. Это справедливо и для линейных напряжений трехфазной системы, сумма которых тоже равна нулю.

Отсутствие тока в одной или двух фазах при несимметричном режиме означает, что сумма трех симметричных составляющих токов в этих фазах равна нулю.[9].

2.38. Какую опасность производят токи КЗ в цепи постоянного тока ?

Ток КЗ зависит не только от Э,Д,С,, но также и от внутреннего сопротивления источника . Поэтому КЗ представляет различную опасность для различных источников тока. КЗ гальванического элемента сравнительно безвредны, так как при небольшой Э,Д,С, элементов их внутреннее сопротивление велико, и поэтому токи КЗ малы При значительной Э,Д,С, (100 и более вольт) внутреннее сопротивление этих источников ничтожно мало, и поэтому ток КЗ может достигнуть огромной величины и его можно подсчитать по формуле [56]:

$$I_{кз} = \frac{E}{R} = \frac{\text{э.д.с.элемента, В}}{\text{внутреннее сопротивление элемента, Ом}}$$

2.39. Каковы свойства гармоник симметричных составляющих ?

Гармоники кратные трем (3, 6, 9, 12 и т.д.) образуют симметричную систему нулевой последовательности. Гармоники (2, 5, 8, 11 и т.д.) образуют симметричную систему обратной последовательности. Гармоники (1, 4, 7, 10 и т.д.) образуют симметричную систему прямой последовательности. В линейных напряжениях гармоники кратные трем отсутствуют. Смещение нейтрали, связанное с действием гармоник тока, кратных трем, может наблюдаться в электрических сетях 6-35 кВ с изолированной нейтралью т.к. отсутствие нулевого провода для токов нулевой последовательности означает разрыв цепи между нулевыми токами источника и приемника, таким образом между нулевыми точками образуется напряжение (смещение нейтрали) каждой гармоники кратными трем, причем величина смещения равна величине этой гармоники в фазном напряжении источника.

При соединении в треугольник результирующая ЭДС трех фаз равна нулю, но если имеются гармоники, кратные трем, результирующая ЭДС гармоник кратные трем, будет равно утроенной ЭДС одной фазы. [19].

2.40. Влияет ли дуга и другие факторы на ток КЗ в сети до 1000 В ?

В реальных условиях, как показывает статистика, наиболее вероятным видом КЗ в сети до 1000 В являются дуговые, при этом резко снижается значение тока КЗ. В то же время дуга является первоочередной причиной пожара. Кроме того, реальные КЗ носят случайный характер т.е. значение тока замыкания зависит от многих случайных факторов, например, от места КЗ, условий протекания процесса КЗ (в замкнутом или закрытом объеме) от температуры и влажности окружающего воздуха и других условий, влияющих на процесс КЗ. Поэтому современные методические и директивные материалы требуют учета токоограничивающего влияния дуги. На значение тока однофазного КЗ присоединений значительно влияет состояние заземления, т.е. его сопротивление и состояние контактного соединения нулевого провода с землей. [43].

2.41. При каких режимах сети возникают симметричные составляющие ?

В нормальном симметричном режиме, а также при симметричном КЗ полные токи и напряжения равны току и напряжению прямой последовательности. Составляющие обратной и нулевой последовательностей в симметричном режиме равны нулю. Составляющие обратной последовательности возникают при появлении в сети любой несимметрии: однофазного или двух фазного КЗ, обрыва фазы, несимметрии нагрузки. Наибольшие значения ток и напряжение обратной последовательности имеют в месте несимметрии.

Составляющие нулевой последовательности появляются при КЗ на землю (однофазных или двухфазных), а также при обрыве одной или двух фаз. При междуфазных КЗ без земли (двухфазных или трехфазных) токи и напряжения нулевой последовательности равны нулю. [43].

2.42. Что называется фильтром обратной последовательности и способ его включения ?

Фильтр напряжения (тока) обратной последовательности (ФНОП, ФТОП) является устройством, при помощи которого можно получить напряжение на выходе фильтра, пропорциональное составляющей обратной последовательности, содержащей в напряжении (токе) сети. Составляющие прямой и нулевой последовательности такой фильтр не пропускает.

Фильтр напряжения обратной последовательности включается на линейные напряжения, которые не содержат составляющих нулевой последовательности. В схемах РЗ обычно используются фильтры с активными и емкостными сопротивлениями.

Поскольку оба плеча ФНОП находятся под воздействием междофазных напряжений, напряжение нулевой последовательности на его выходе равно нулю. [43].

2.43. Какие процессы возникают при несимметричных нагрузках?

Несимметричные нагрузки, являясь потребителями токов(и мощности) прямой последовательности, одновременно представляют собой источники токов обратной и (возможно) нулевой последовательностей. Эти токи, протекая по элементам систем электроснабжения (СЭС), вызывают в них падение напряжения, а следовательно, и напряжения соответствующих последовательностей. От взаимодействия токов и напряжений отдельных последовательностей возникают искажение потока мощности обратного направления. Поток мощности прямой последовательности направлен от электростанции к потребителям. При наличии несимметричной нагрузки большая часть этого потока потребляется ею, а оставшаяся преобразуется в искажающие потоки мощности обратной и (возможно) нулевой последовательностей, имеющие противоположное направление (от несимметричной нагрузки в СЭС). Наибольшие искажающие потоки мощности и напряжения отдельных последовательностей имеют место на выводах несимметричной нагрузки и по мере удаления от нее уменьшаются.

У двигательной нагрузки сопротивление обратной последовательности в 5-7 раз меньше, чем прямой ($X_0 = 1/I_n$ относительных единицах), в то время как у не двигательной эти сопротивления соизмеримы. Электродвигательная нагрузка аккумулирует на себя токи обратной последовательности, при этом уменьшается суммарное сопротивление обратной последовательности СЭС и, следовательно, снижается напряжение этой последовательности при несимметричной нагрузке. Изменение несимметричной нагрузки от чисто активной до чисто реактивной не влияет на значение напряжения обратной последовательности. На шинах ГПП напряжение нулевой последовательности изменение загрузки электродвигателей от XX до номинальной также не влияет на значение напряжения нулевой последовательности, которое на шинах ГПП линейно зависит от несимметричной нагрузки. [43].

2.44. Из каких составляющих состоит обратный ток диода?

Обратный ток диода разделяется на поверхностную и тепловую (объемную) составляющие. Первая определяется поверхностным сопротивлением утечки, которое практически не изменяется с изменением температуры. Вторая составляющая тока определяется свободными зарядами, возникающими в объеме выпрямляющего перехода. Она практически не зависит от обратного напряжения, но зависит от температуры. Кроме того, обе составляющие увеличиваются под влиянием процессов старения. [56].

2.45. Почему при включении электропотребителей с нагревательными элементами (обогреватели, печи, электролампочки и др.) в первый момент происходит снижение напряжения ?

При включении мощного нагревателя ток в сети возрастает. Сопротивление холодного металла гораздо меньше, чем горячего. Так, вольфрам, из которого изготавливают нагревательные элементы, при температуре 20°C имеет удельное сопротивление $5,4 \cdot 10^{-6}$ Ом/см, а при 600°C – в три раза больше ($16,85 \cdot 10^{-6}$ Ом/см). Из-за этого в первое мгновение ток в сети возрастает особенно сильно и падение напряжения на подводящих проводах становится значительным. [56].

2.46. Можно ли конденсатор на постоянный ток использовать в сети переменного тока ?

При переменном токе через конденсатор проходит ток, он нагревает диэлектрик, что может привести к пробое диэлектрика. Значит конденсаторы постоянного тока для сети

переменного тока не годятся. В крайнем случае, если конденсатор постоянного тока приходится использовать в сети переменного тока, необходимо соблюдать следующие условия: номинальное напряжение конденсатора должно быть значительно выше номинального напряжения сети, причем чем частота больше, тем напряжение сети должно быть ниже. Например, конденсатор постоянного тока на 1000 В при частоте 50 Гц пригоден только на напряжение 200 В, а при 100 Гц до 100 В.[42].

2.47. Почему провода, подводящие ток к электролампам или электронагревательным элементам, практически не нагреваются ?

Если сопротивление какого либо участка цепи значительно больше сопротивления всех остальных участков, то здесь выделяется практически все джоулево тепло. Такой случай осуществляется в лампочках накаливания и в нагревательных приборах, сопротивление которых значительно больше, чем сопротивление подводящих проводов.[56].

2.48. Назовите особенности постоянного магнита ?

Постоянные искусственные магниты всегда изготавливают из специальных сортов стали, а не из железа т.к. железный брусок намагничивается значительно сильнее чем стальной, но зато стальной брусок сохраняет заметную долю намагничивания. Искусственные магниты получают путем намагничивания куска стали размещением вблизи магнита, прикосновением к нему или натиранием в одном направлении. Всякого рода удары и встряхивание во время намагничивания благоприятствует ему. Напротив сотрясение готового постоянного магнита, а также резкие изменения его температуры способствуют размагничиванию. Остаточное намагничивание зависит не только от материала, но и от формы намагничиваемого тела.[56].

2.49. Может ли возникнуть ЭДС индукции на концах стальной оси автомобиля при его движении и от чего она зависит ?

Наибольшая ЭДС возникает при движении автомобиля с запада на восток и тем больше, чем быстрее движется автомобиль. Шасси автомобиля вместе с двумя осями составляют замкнутый проводящий контур, ток в нем не индуцируется, потому что на обеих осях возникает ЭДС.[56].

2.50. Каковы условия возникновения индукционного тока и его направление ?

Индукционный ток возникает тогда и только тогда, когда изменяется магнитный поток, индукционный ток никогда не возникает, если магнитный поток через данный контур остается неизменным. Итак: при всяком изменении магнитного потока через проводящий контур в этом контуре возникает электрический ток.

Индукционный ток всегда имеет такое направление, при котором его магнитное поле уменьшает (компенсирует) изменение магнитного потока, являющееся причиной возникновения этого тока и что взаимодействие его с первичным магнитным полем противодействует тому движению, вследствие которого происходит индукция.[56].

2.51. Какие токи называются токами Фуко ?

При изменении магнитного потока индукционные токи возникают и в массивных кусках металла, а не только в проволочных катушках. Эти токи обычно называют вихревыми токами или токами Фуко. Их направление и сила зависят от формы куска металла, находящегося в поле, от направления изменяющегося потока, от свойства материала, из которого сделан кусок, и, конечно, от скорости изменения магнитного потока.

В кусках достаточно толстых, т.е. имеющих большие размеры в направлении, перпендикулярном к направлению индукционного тока, вихревые токи вследствие малости сопротивления могут быть очень большими и вызывать очень значительное нагревание.[56].

2.52. Назовите свойства парамагнитных и диамагнитных веществ?

Все материалы с большим значением магнитной проницаемостью (величина характеризующая магнитные свойства материала) объединяют в одну группу ферромагнитных материалов. За единицу принята магнитная проницаемость для вакуума. Парамагнитные вещества увеличивают магнитный поток катушки т.к. у них магнитная проницаемость более 1. В парамагнитных веществах под действием внешнего магнитного поля элементарные токи ориентируются так, что направление их совпадает с направлением тока обмотки.

Диамагнитные материалы уменьшают магнитный поток, магнитная проницаемость меньше 1. Уменьшение магнитного потока при заполнении катушки диамагнитным веществом означает, что под действием внешнего магнитного поля возникают элементарные токи, направленные противоположно токам обмотки.

Парамагнитные тела притягиваются к магниту.

Диамагнитные тела отталкиваются от магнита.

В отличие от парамагнетиков и диамагнетиков у ферромагнетиков магнитная проницаемость не остается постоянной, а зависит от напряженности внешнего намагничивающего поля. Важно отметить, что при достижении определенной температуры магнитная проницаемость ферромагнитных тел резко падает до значения, близко к единице. Эта температура, характерная для каждого ферромагнитного вещества, носит название точки Кюри. При температурах выше точки Кюри все ферромагнитные тела становятся парамагнитными.[56].

2.53. Что называется индуктивностью?

Любой проводник с током создает вокруг себя магнитное поле. Отношение магнитного потока этого поля к порождающему его току называется индуктивностью. Индуктивность прямого отрезка проводника невелика и составляет 1-2 мкГн на каждый метр длины в зависимости от диаметра провода (тонкие проводники имеют большую индуктивность).

Чтобы увеличить индуктивность, проводник сварачивают в кольцо. Магнитный поток вокруг кольца возрастает, и индуктивность становится примерно втрое больше.

Дальнейшее увеличение индуктивности происходит при увеличении числа витков, при этом магнитные потоки отдельных витков не только складываются, но и воздействуют на все остальные витки. Поэтому индуктивность возрастает пропорционально квадрату числа витков. Если в катушке N витков, полученную для этого витка индуктивность надо умножить на N^2 .

У катушек с замкнутыми магнитопроводами индуктивность от диаметра провода не зависит.[56].

2.54. Какие физические процессы происходят при включении и отключении катушек индуктивности ?

При включении тока в обмотке электромагнита (реле) полная сила тока устанавливается не сразу а при отключении его ток на мгновение резко возрастает. Данные процессы происходят вследствие большой индуктивности и так называемой самоиндукции. При включении индуктивный ток препятствует мгновенному появлению тока в цепи электромагнита, а при отключении запасенная энергия в процессе самоиндукции превращается в энергию электрического тока в цепи электромагнита.[56].

2.55. Из каких частей состоит любой генератор (двигатель)?

Как бы сложен не был генератор, можно выделить на простой модели. Такими частями являются: а) индуктор – магнит или элетромагнит, создающий магнитное поле; б) якорь – обмотка, в которой при изменении магнитного потока возникает индуцированная э.д.с.; в) контактные кольца и скользящие по ним контактные пластинки (щетки), при помощи которых снимается или подводится ток к вращающейся части генератора, г) неподвижная

часть – статор, д) коллектор – приспособление, дающее возможность превратить переменное напряжение на зажимах (щетках) машины в постоянное. С помощью коллектора производится выпрямление переменного тока, индуцируемого в якоре машины.[56].

2.56. В чем заключается отличие статора генератора переменного и постоянного тока ?

Статор генератора переменного тока собирается из отдельных стальных листов, а статор генератора постоянного тока представляет собой массивную стальную или чугунную отливку потому, что в статоре генератора переменного тока находится якорь, в котором индуцируется переменный ток, а в статоре генератора постоянного тока находится индуктор по обмоткам которого проходит постоянный ток.[56].

2.57. Что произойдет, если пустить генератор постоянного тока в обратную сторону ?

На генераторах постоянного тока всегда указывается в какую сторону нужно вращать их ротор. Никогда не следует пускать генератор в обратную сторону. Если пустить генератор в обратную сторону, то индуцированный ток будет создавать магнитное поле, противоположное остаточному намагничиванию индуктора. Индуктор при этом размагничивается, и генератор не будет работать.[56].

2.58. Какие процессы возникают при размыкании цепи обмотки реле и основные методы ограничения перенапряжений ?

При размыкании цепи обмотки реле ток в индуктивности обмотки уменьшается до нуля и энергия магнитного поля рассеивается в сопротивлении дуги, возникающей между расходящимися контактами, в сопротивлении соединительных проводов и в самой катушке реле. Процесс, возникающий при размыкании цепи обмотки реле, можно представить (с некоторыми допущениями) следующим образом (рис. 2.1)

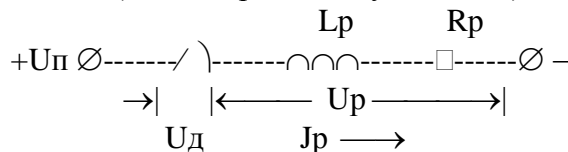


Рис. 2.1. Распределение напряжений при разрыве активно – индуктивной цепи.

При расхождении контактов в образовавшемся воздушном промежутке возникает электрическая дуга. Ток в цепи обмотки реле сохраняет при этом ту же величину и направление, что и в предшествующем режиме. По мере увеличения расстояния между размыкающимися контактами напряжение дуги возрастает, а ток уменьшается. При определенном расстоянии между подвижными и неподвижными контактами дуга гаснет, и ток в цепи контакта прекращается.

В цепи катушки еще протекает ток, который идет на заряд емкости катушки реле и монтажных проводов, и напряжение на катушке продолжает возрастать. В момент, когда напряжение на катушке достигает максимума, ток в катушке становится равным нулю. Далее напряжение уменьшается по закону, определяемому разрядом заряженной емкости катушки реле и монтажных проводов на сопротивление и индуктивность катушки. Полагая, что основная часть энергии магнитного поля расходуется в сопротивлении дуги и анализируя время дуги между расходящимися контактами, следует, что чем быстрее размыкаются контакты, а следовательно, меньше время горения дуги, тем большей величины достигает напряжение горения дуги. Поскольку предметом исследования является напряжение в обмотке реле при ее размыкании, следует иметь в виду, что данное напряжение является разностью между напряжением питания $U_{п}$ и напряжением горения дуги. Когда напряжение горения дуги превышает напряжение питания, напряжение на катушке имеет знак, обратный напряжению питания. В качестве примера на рис.2.2 приведена осциллограмма напряжения на обмотке реле РП-23 при разрыве цепи питания контактом реле РП-252. Как видно из осциллограммы, напряжение на обмотке может достигать опасных значений

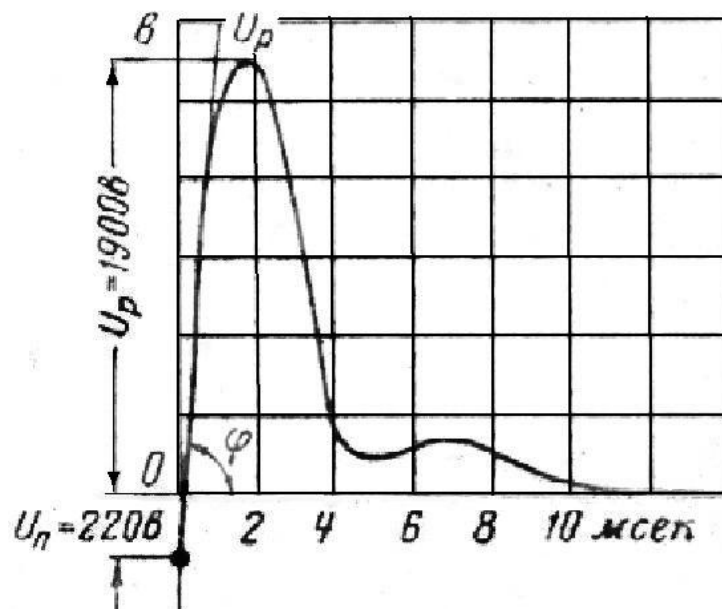


Рис. 2.2. Осциллограмма напряжения на обмотке реле при размыкании цепи питания..

В дальнейшем напряжение обратного знака, возникающее на обмотке реле при ее размыкании, будет называться напряжением размыкания. При размыкании цепи обмотки реле уменьшающийся магнитный поток наводит ЭДС во всех контурах, индуктивно связанных с обмоткой, а токи, протекающие в этих контурах, рассеивают в них часть энергии магнитного поля. Поэтому значение напряжения размыкания зависит также от наличия в магнитной системе реле короткозамкнутых обмоток или шайб, а также от того, как выполнен магнитопровод - сплошным или набранным из пластин. Чем больше объем короткозамкнутых обмоток, шайб и сплошного магнитопровода, тем меньше напряжение размыкания. Из сказанного следует, что для уменьшения напряжения размыкания, в особенности при использовании реле, не имеющих короткозамкнутых контуров и шайб, необходимо создать дополнительный путь для тока при размыкании цепи обмотки реле включение на обмотку реле: диода и стабилитрона, конденсатора и резистора.

2.59. Что такое вектор, векторная диаграмма и их обозначения ?

Вектор – это отрезок прямой линии, имеющий определенную длину и направление. Положительное направление вектора – это геометрическое направление, обозначенное стрелкой. Отрицательное направление вектора – это геометрическое направление, противоположное стрелке. Положительное направление также обозначается индексом, например, при записи напряжения U_{bc} начало вектора, обозначенное стрелкой, имеет наименование В, а конец вектора С $C \longrightarrow B$

Векторная диаграмма – это совокупность векторов, изображающих синусоидально изменяющиеся с одинаковой частотой токи, напряжения или ЭДС и представленных в определенном порядке, правильно ориентированных относительно друг друга. В соответствии с правилами, принятыми в электротехнике, положительное направление ЭДС обозначается стрелкой в сторону более высокого потенциала – от нуля генератора к его выводам.

Общепринятым положительным направлением считается для тока любой фазы: силовых и измерительных трансформаторов для питающей стороны – от внешней цепи к выводам, для нагрузочной стороны – от выводов к нагрузке; линии – от шин в линию.[46].

2.60. Как влияют на вид векторной диаграммы включение ВЛ, КЛ, силовых трансформаторов на холостой ход ?

Для различных сочетаний активных, индуктивных и емкостных нагрузок векторные диаграммы должны иметь соответствующий вид. Например, включение ВЛ и КЛ на

холостой ход определит опережение вектора тока относительно вектора напряжения примерно на 90° . В то же время включение силового трансформатора на холостой ход вызовет отставание вектора тока от напряжения на то же значение. Чем больше активная составляющая, тем меньше угол между полным током и напряжением. [46].

2.61 Каковы правила построения векторных диаграмм трехфазной системы ?

Симметричной называется такая трехфазная система векторов, когда все три вектора равны по величине и сдвинуты относительно друг друга на угол 120° . При построении векторных диаграмм трехфазной системы необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Три вектора фазных напряжений U_a, U_b, U_c вращаются против часовой стрелки.
2. Для определения значений линейных напряжений U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} достаточно соединить вершины векторов (построить треугольник).
3. Для определения направлений векторов у линейных напряжений, образующих стороны треугольника, нужно поставить стрелки в направление вращения фаз.
4. Для получения геометрической разности векторов двух фаз токов или напряжений необходимо к вектору из которого происходит вычитание, прибавить вектор, равный, но противоположно направленный вектору тока или напряжения. Направление вектора разности двух векторов зависит от положения векторов.
5. Сложение векторов производится геометрическим суммированием. Независимо от места слагаемых направление и значения векторов двух фаз совпадают.
6. При любых режимах работы электрической сети, любых видах КЗ необходимо соблюдать правило о направлении тока на схемах от источника питания в сторону приемника энергии или к месту КЗ. В этом случае гарантируется правильное проведение анализа происходящих процессов в электрической сети.
7. Направление тока в проводнике между трансформаторами тока и реле определяется направлением тока, вытекающего из объединенных концов вторичных обмоток трансформаторов тока, собранных по схеме на разность тока двух фаз или по схеме треугольника.
8. В нормальном режиме и при междуфазных КЗ геометрическая сумма векторов тока равна нулю. Это правило сохраняется и для вторичных токов при наличии трех трансформаторов тока, а также для некоторых видов КЗ при наличии двух трансформаторов тока.
9. В первичной обмотке всех трансформаторов положительным считается направление от начала к концу, а во вторичной – от конца к началу.
10. При построении векторных диаграмм емкостных токов в нормальном режиме или при однофазном замыкании на землю в электрической сети с изолированной и компенсированной нейтралью следует руководствоваться фактическим направлением протекания этих токов, обусловленных междуфазными емкостями C_{ab}, C_{bc} и C_{ca} , а не емкостями фаз относительно земли.
11. Геометрическая сумма напряжений при одно фазном КЗ в сети с глухозаземленной нейтралью равна: при повреждении в месте установки трансформаторов напряжения – геометрической сумме неповрежденных фаз; при удаленных КЗ – геометрической сумме напряжений двух неповрежденных фаз и поврежденной фазы.
Направление вектора напряжения на выводах разомкнутого треугольника независимо от места КЗ всегда определяется направлением вектора суммы неповрежденных фаз. [46].

2.62. Что называется переходным сопротивлением ?

Переходным сопротивлением или сопротивлением на контактах называют сопротивление, которое встречает электрический ток при переходе с одного проводника на другой. Оно зависит, от величины поверхности соприкосновения, от ее характера и состояния – гладкая или шероховатая, чистая или загрязненная, наконец, от плотности соприкосновения и силы нажатия. R_k - суммарное активное сопротивление различных контактов и контактных соединений. При приближенном учете сопротивлений контактов следует принимать:

$R_k = 0,1 \text{ мОм}$ — для контактных соединений кабелей;

$R_k = 1,0 \text{ мОм}$ — для коммутационных аппаратов;
 $R_k = 0,01 \text{ мОм}$ — для шинпроводов.[51].

2.63. Какое влияние оказывает температура и электрические параметры сети на величину сопротивления ?

На величину сопротивления постоянному току очень большое влияние оказывает температура измеряемого объекта. При измерении малых сопротивлений (меньше 1 Ом) необходимо учитывать сопротивление соединительных проводов и переходное сопротивление контактов.

Величина активных (в меньшей степени), емкостных и индуктивных сопротивлений зависит от частоты переменного тока. На емкость и, особенно, индуктивность влияют величина тока и напряжения, а также форма кривой.[42].

2.64. При каких параметрах цепи возникают резонанс тока и напряжения ?

В цепи переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью, при их последовательном соединении, сила тока будет максимальной, ограниченной только активным сопротивлением. Поэтому при равенстве индуктивного и емкостного сопротивлений в последовательной цепи наступает - *резонанс напряжений*. Резонанс напряжений в энергосистемах иногда возникает непредвиденно и приводит к тому, что на отдельных установках возникают перенапряжения, в несколько раз превышающие рабочие напряжения. Явление резонанса состоит в том, что напряжение на индуктивности и напряжение на емкости, т.е. частичные напряжения в цепи, могут получить очень большие значения, во много раз превышающие напряжение источника тока. Если при этом активное сопротивление цепи невелико, то сила тока в цепи должна сильно возрасти и при отсутствии в цепи активного сопротивления, достаточно самого небольшого напряжения, чтобы в случае резонанса вызвать ток, бесконечно большой силы. При этом вполне очевидно, что угол сдвига фаз равно нулю. . Таким образом электрическая цепь при резонансе напряжений, вследствие взаимокompенсации индуктивных и емкостных сопротивлений, ведет себя по отношению к внешней ЭДС, как чисто активное сопротивление.

При параллельном соединении активного, индуктивного и емкостного сопротивлений и отсутствии сдвига фаз между током и напряжением на зажимах цепи наступает *резонанс токов*. Т.е. при равенстве индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи параллельного включения их с активным ток в цепи достигает своего минимального значения. Явление резонанса токов наступает вследствие взаимокompенсации индуктивных и емкостных проводимостей, а потому электрическая цепь в этом случае ведет себя по отношению к внешней ЭДС, как чисто активная проводимость, следовательно, угол сдвига фаз в главной цепи при резонансе токов равен нулю. Следует отметить, что при резонансе токов возможны случаи, когда токи в индуктивной катушке и в конденсаторе могут превосходить, и иногда намного, суммарный ток в цепи. При резонансе токов энергия магнитного поля индуктивности переходит в энергию электрического поля конденсатора и наоборот, а энергия от источника расходуется только в активных сопротивлениях.[19].

2.65. Какие обозначения и основные электротехнические зависимости применяются в электротехнике ?

таблица 2-1

Наименование величины	Единица	Обозначение	
		русское	международное
Мощность электрической цепи активная	ватт	Вт	W
Мощность электрической цепи реактивная	вар	вар	var
Мощность электрической цепи полная	вольт-ампер	ВА	VA
Количество теплоты	джоуль	Дж	J

Удельное количество теплоты	джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг•К)	J/(kg•K)
Тепловой поток	ватт	Вт	W
Коэффициент теплообмена (теплоотдачи)	ватт на квадратный метр-кельвин	Вт/(м ² •К)	W/(m ² •K)
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м•К)	W/(m•K)
Температурный коэффициент	кельвин в минус первой степени	К ⁻¹	К ⁻¹
Световой поток	люмен	лм	lm
Световая энергия	люмен-секунда	лм•с	lm•s
Освещенность	люкс	лк	lx
Светимость	люмен на квадратный метр	лм/м ²	lm/m ²
Яркость	кандела на квадратный метр	кд/м ²	cd/m ²
Сила электрического тока	ампер	А	A
Количество электричества (электрический заряд)	кулон	Кл	C
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	вольт	В	V
Электрическая емкость	фарада	Ф	F
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	Ом•м	Ω•m
Электрическая проводимость	сименс	См	S
Удельная электрическая проводимость	сименс на метр	См/м	S/m
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb
Магнитная индукция	тесла	Тл	T
Магнитодвижущая сила, разность магнитных потенциалов	ампер	А	A
Индуктивность, взаимная индуктивность	генри	Гн	H
Магнитное сопротивление	ампер на вебер	А/Вб	A/Wb
Магнитная проводимость	вебер на ампер	Вб/А	Wb/A
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	А/м	A/m
Работа. энергия	джоуль	Дж	J

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и наименований
таблица 2-2

Множитель	Приставка	Обозначение		Множитель	Приставка	Обозначение	
		Русское	Междунар.			Русское	Междунар.
10 ¹²	тера	Т	T	10 ⁻¹	деци	д	d
10 ⁹	гига	Г	G	10 ⁻²	санци	с	c
10 ⁶	мега	М	M	10 ⁻³	милли	м	m
10 ³	кило	к	k	10 ⁻⁶	микро	мк	μ
10 ²	гекто	г	h	10 ⁻⁹	нано	н	n
10 ¹	дека	да	da	10 ⁻¹²	пико	п	p

2.66. Назовите некоторые расчетные формулы применяемые в электротехнике ?

Таблица 2-3

Формулы	Обозначение и единицы измерения
1. Сопротивление проводника постоянному току, Ом $R_0 = \rho l/s$	ρ – удельное сопротивление, 10^{-6} Ом•м; l – длина, м; s – сечение мм ²
2. Зависимость активного сопротивления проводника от температуры $R = R_1(1 + \alpha(t - t_1))$	R, R_1 – сопротивление проводника соответственно при температурах t и t_1 °С, Ом; α – температурный коэффициент сопротивления, 1/°С
3. Сопротивление цепи из двух параллельных резисторов $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	R_1, R_2 – сопротивление резисторов, Ом; R – результирующее сопротивление Ом.
4. Сопротивление из n параллельных резисторов $R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$	$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ – сопротивление резисторов, Ом; R – результирующее сопротивление Ом.
5. Реактивное (индуктивное) сопротивление, Ом $X_L = \omega L = 2\pi fL$	ω – угловая частота, рад/с; f – частота колебаний, Гц; L – индуктивность, Гн; C – емкость, Ф.
6. Реактивное (емкостное) сопротивление, Ом $X_C = 1/\omega C = 1/2\pi fC$	
7. Реактивное сопротивление, Ом $X = X_L - X_C$	
8. Полное сопротивление, Ом $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	
9. Общая емкость при последовательном соединении конденсаторов $C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}}$ при параллельном соединении конденсаторов $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$	
10. Закон Ома; цепь переменного тока $I = \frac{U}{Z}$	I – ток, А; U – напряжение, В; Z – полное сопротивление, Ом.
11. Закон Киргофа для узла (1 ^й закон) $\sum_{i=1}^{i=n} I_i = 0$ для замкнутого контура (2 ^й закон) $E = \sum U = \sum IZ$ Распределение тока в двух параллельных ветвях цепи переменного тока $\frac{I_1}{I_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$	I_i – токи в отдельных ветвях цепи, сходящихся в одной точке, А ($i = 1, 2, 3, \dots, n$); E – Э.Д.С. действующая в контуре, В; U – напряжение на участке контура, В; Z – полное сопротивление участка, Ом; I_1 – ток в первой ветви, А; I_2 – ток во второй ветви, А; Z_1 – сопротивление первой ветви, Ом; Z_2 – сопротивление второй ветви, Ом.
12. Закон электромагнитной индукции для синусоидального тока $E = 4,44f\omega Bs \cdot 10^{-4}$	E – наведенная Э.Д.С., В; f – частота, Гц; ω – число витков обмотки; B – магнитная индукция, Тл; s – сечение магнитопровода, см ²

Общие справочные сведения

Продолжение таблицы 2-3

Формулы	Обозначение и единицы измерения
---------	---------------------------------

<p>13. Электродинамический эффект тока для двух параллельно расположенных проводников</p> $F = 2I_{m1}I_{m2}l/a \cdot 10^{-7}$	<p>F – сила действующая на проводники, Н; I_{m1}, I_{m2} – амплитудные значения токов п параллельных проводниках, А; l – длина проводника, см; a – расстояние между проводниками, см.</p>
<p>14. Тепловой эффект</p> $Q = 0.24I^2Rt = 0.24UIt$	<p>Q – количество выделяемого тепла, кал; t – время протекания тока, с; R – сопротивление, Ом.</p>
<p>15. Зависимости для цепи переменного тока:</p> $I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2}$ $I_R = I \cos\varphi; I_X = I \sin\varphi;$ <p>напряжение в цепи</p> $U = \sqrt{U_R^2 + U_X^2}$ $U_R = U \cos\varphi; U_X = U \sin\varphi;$	<p>I – ток в цепи, А; I_A – активная составляющая тока, А; I_X – реактивная составляющая тока, А; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности; U – напряжение в цепи, В; U_A – активная составляющая напряжения, В; U_X – реактивная составляющая напряжения, В.</p>
<p>16. Соотношение токов и напряжений в трехфазной схеме:</p> <p>а) схема звезда</p> $I_L = I_\phi; U_L = 1,73U_\phi$ <p>б) схема треугольник</p> $I_L = 1,73I_\phi; U_L = U_\phi$	<p>I_L – ток линейный, А; I_ϕ – ток фазный, А; U_L – напряжение линейное, В; U_ϕ – напряжение фазное, В;</p>
<p>17. Коэффициент мощности</p> $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{U_R}{U} = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S}$	<p>P – активная мощность, Вт; S – полная мощность, ВА; R – активное сопротивление, Ом; Z – полное сопротивление, Ом.</p>
<p>18. Мощность и энергия тока в цепи переменного тока:</p> <p>а) цепь однофазного тока</p> $P = IU \cos\varphi; Q = IU \sin\varphi;$ $S = IU = \sqrt{P^2 + Q^2}$ $W_R = IU \cos\varphi t; W_X = IU \sin\varphi t$ <p>б) цепь трехфазного тока</p> $P = 1,73IU \cos\varphi; Q = 1,73IU \sin\varphi;$ $W_R = 1,73IU \cos\varphi t; W_X = 1,73IU \sin\varphi t$	<p>Q – реактивная мощность, вар; W_R – активная энергия, Вт•ч; W_X – реактивная энергия, вар•ч; t – время протекания тока, ч.</p>
<p>19. Реактивная мощность конденсатора, вар</p> $Q_C = U^2\omega C = U^2 2\pi f C,$ <p>где емкость конденсатора, Ф</p> $C = \frac{I_c}{2\pi f U} \cdot 10^6$	<p>I_C – ток протекающий через конденсатор, А; U – напряжение приложенное к конденсатору, В.</p>
<p>20. Синхронная частота вращения электрической машины, об/мин,</p> $n = 60f/p$	<p>f – частота питающей сети, Гц; p – число пар полюсов машины.</p>
<p>21. Вращающий момент электрической машины, Н•м,</p> $M = 9,555P/n$	<p>P – мощность, Вт; n – частота вращения, об/мин.</p>

2.67. Какое сопротивление называется волновым ?

Волны в линиях возникают в результате различных коммутаций (подключения или отключения источника питания, нагрузки и т.д.) и под действием атмосферных явлений.

При подключении к линии без потерь источника, внутренним сопротивлением которого нельзя пренебречь, а также при наличии нагрузки на входе линии форма возникающей волны может отличаться от формы ЭДС. Отношение напряжения к току возникающей волны равно волновому сопротивлению. Волновое сопротивление линии зависит от частоты. Поэтому условия прохождения волн тока и напряжения для различных частот оказываются различными.

Для осуществления передачи сигналов без искажения, необходимо, чтобы отсутствовали отраженные волны от конца линии. Для этого сопротивление приемника должно быть равно волновому сопротивлению линии, т.е., как говорят, приемник и линия должны быть *согласованы*. [19].

2.68. Для каких целей применяется варистор ?

Варисторы – полупроводниковые резисторы с симметричной и резко выраженной нелинейной вольт-амперной характеристикой. За счет этого варисторы позволяют просто и эффективно решать задачи защиты различных устройств от импульсных напряжений. Основное свойство которых заключается в способности значительно изменять свое электрическое сопротивление при изменении подаваемого на него напряжения. Варисторы включаются параллельно защищаемому оборудованию (реле), т.е. при нормальной эксплуатации он находится под действием рабочего напряжения защищаемого устройства. В рабочем режиме (при отсутствии импульсных напряжений) ток через варистор пренебрежимо мал, и поэтому варистор в этих условиях представляет собой изолятор.

При возникновении импульса напряжения варистор в силу нелинейности своей характеристики резко уменьшает свое сопротивление до долей Ома и шунтирует нагрузку, защищая ее, и рассеивая поглощенную энергию в виде тепла. В этом случае через варистор кратковременно может протекать ток, достигающий нескольких тысяч ампер.

При неизменном значении напряжения, приложенного к варистору, изменение полярности не приводит к изменению протекающего тока, т.е. вольт-амперная характеристика варистора – симметричная. Варисторы практически безинерционны, вслед за увеличением напряженности электрического поля у них сразу же уменьшается сопротивление.

Варисторы типа ВР-1 негерметизированные неизолированные предназначены для защиты элементов и узлов аппаратуры от перенапряжений в электрических цепях постоянного, переменного и импульсного тока.

Варисторы типа ВР-2 негерметизированные неизолированные предназначены для стабилизации напряжения и защиты элементов и узлов аппаратуры от перенапряжений в электрических цепях постоянного, переменного и импульсного тока.

Варисторы серии СН также предназначены для защиты от перенапряжений в электрических цепях постоянного, переменного и импульсного тока.

Одной из характеристик варистора является классификационное напряжение (Укл) – это напряжение на варисторе при определенном токе. Как правило, изготовители варисторов в качестве классификационного напряжения указывают напряжение на варисторе при токе 1мА.

Важной характеристикой варистора является допустимая мощность рассеивания – она характеризует возможность рассеивать поглощаемую электрическую энергию в виде тепла. Этот показатель в основном определяется геометрическими размерами варистора и конструкцией выводов. Для увеличения мощности рассеивания часто применяют массивные выводы, которые играют роль своеобразного радиатора.

Варисторы могут работать при последовательном включении – при этом в них протекает одинаковый ток, общее напряжение разделится пропорционально сопротивлениям (в первом приближении – пропорционально классифицированным напряжениям), в этих же пропорциях разделится поглощаемая энергия. Сложнее обеспечить параллельную работу варисторов – необходимо строгое совпадение ВАХ. Эта задача вполне разрешима при последовательно-параллельной схеме включения – т.е. варисторы последовательно собираются в столбы, а столбы соединяются параллельно. При этом путем подбора варисторов обеспечивают совпадение ВАХ столбов варисторов. Так поступают при создании высоковольтных, мощных ограничителей перенапряжений (ОПН). [19].

2.69. Какой датчик тока называется «пояс Роговского» ?

В последнее время, в связи с появлением электронных устройств со сверхмалым потреблением, возрос интерес к датчикам тока типа «пояс Роговского» (см.рис.2.3.) Измерительная катушка Роговского не имеет ферромагнитного сердечника и располагается вокруг проводника с контролируемым током $i(t)$. Магнитное поле проводника с током индуцирует в катушке ЭДС, которая является производной от тока, т.е. от скорости изменения

контролируемого тока. Поэтому, для получения сигнала пропорционального току, необходимо выполнить интегрирование напряжения катушки. При синусоидальном токе индуцируемая в катушке ЭДС также будет синусоидальной, но сдвинутой по фазе на 90^0 , а ее действующее значение можно определить по выражению:

$$U = \mu_0 n S \omega I_m$$

- где μ_0 – магнитная проницаемость окружающей среды;
- n – плотность намотки катушки (число витков на единицу длины);
- S – площадь витка катушки;
- I_m – амплитуда контролируемого тока.

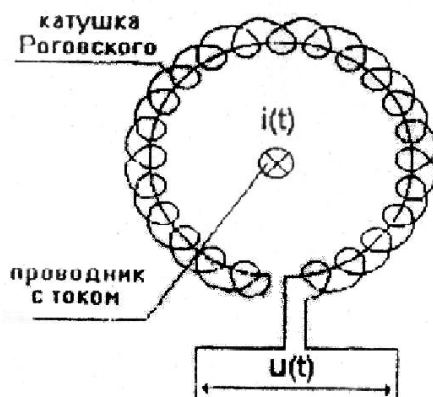


рис.2.3. Катушка Роговского.

Отсутствие в катушке нелинейного ферромагнитного сердечника обеспечивает малую погрешность преобразования (в лучших образцах – не более 0,1%) в очень широком диапазоне изменения контролируемых токов (от нуля до сотен килоампер). С помощью катушки Роговского можно измерять токи в диапазоне частот от 0,1 Гц до 1 МГц. Основным недостатком катушки Роговского является очень малая отдаваемая мощность и низкий уровень выходного сигнала. Однако, несмотря на этот недостаток катушки Роговского уже начали широко применяться на практике.[34].

2.70. Как определить ток плавления провода по его сечению ?

Для тонких проводников ($d = 0,02 \dots 0,2$ мм) расплавляющий ток можно определить по формуле: $I_{пл} = (d - 0,005)/k$, А.

где d – диаметр проводника, мм;

k – постоянный коэффициент, зависящий от материала проводника:

серебро.....	0,031	никель.....	0,060
медь.....	0,034	константант.....	0,070
латунь.....	0,050	железо.....	0,127

Для более толстых проводников ток плавления можно рассчитать по формуле:

$$I = m \sqrt{d^3}, \text{ А,}$$

где – m – коэффициент, зависящий от материала:

медь.....	80,0	железо.....	24,6
алюминий...	59,2	олово.....	12,8
никель.....	40,8	свинец.....	10,8

2.71. Что называется инвертированием тока ?

Инвертирование тока – преобразование постоянного тока в переменный. Инвертор применяется в тех случаях, когда источник энергии генерирует постоянный ток (аккумуляторные батареи, фотогенераторы, магнетогидродинамические генераторы и т.д.). В ряде случаев инвертирование тока необходимо при других видах преобразования электроэнергии (преобразование частоты, преобразование числа фаз).[19].

2.72. Влияет ли нагрузка на ток КЗ ?

Как известно, промышленная нагрузка состоит преимущественно из двигателей, главным образом асинхронных. В соответствии с этим влияние нагрузки на токи КЗ в основном обуславливается поведением асинхронных и синхронных двигателей в переходном процессе КЗ, в общих чертах сводящимся к следующему.

Асинхронные двигатели в начале переходного процесса при КЗ могут перейти из двигательного режима в генераторный, если ЭДС двигателя превосходит внезапно изменившееся при КЗ напряжение, на его зажимах; однако ток подпитки от двигателей весьма быстро затухает до нуля.

Синхронные двигатели в нормальном режиме посылают реактивный ток в сеть или потребляют реактивный ток в зависимости от их работы с перевозбуждением или недовозбуждением. В условиях КЗ при сильном снижении напряжения синхронные двигатели ведут себя как генераторы. Однако в процессе КЗ возможно выпадение синхронных двигателей из синхронизма.

В инженерных расчетах токов КЗ для релейной защиты можно ограничиться приближенным учетом нагрузок.[51].

2.73. Как определить результирующее сопротивление системы на шинах подстанции по заданным энергосистемой токам КЗ?

Следует отметить, что в случаях, когда требуется вычисление соотношений при КЗ только на шинах определенной подстанции, можно представить остальную часть системы в виде упрощенной эквивалентной схемы, приведенной к узлам примыкания части системы (подстанции), сохраняемой неизменной.

При одной точке примыкания в целях упрощения можно учитывать только реактивное сопротивление системы X_c . Для определения этого сопротивления можно исходить из тока трехфазного КЗ I_k или соответствующей мощности S_k , вызванных указанной системой в узле примыкания (подстанции).

Наиболее удаленную от расчетной точки КЗ часть электроэнергетической системы допускается представлять в виде одного источника энергии с неизменной по амплитуде ЭДС и результирующим эквивалентным индуктивным сопротивлением. ЭДС этого источника следует принимать равной среднему номинальному напряжению сети ($U_{ср.ном}$ кВ: 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 27; 37; 115; 154; 230; 340; 515; 770; 1175.), связывающей удаленную и остальную части энергосистемы, а его результирующее эквивалентное сопротивление X_c определять, исходя из известного тока I_k от эквивалентруемой части системы при КЗ в какой-нибудь узловой точке указанной сети (шины подстанции) [51]:

$$X_c = U_{ср.ном} / \sqrt{3} I_k = U_{ср.ном}^2 / S_k$$

2.74. Что называется соленоид и электромагнит ?

Если провод свернуть в кольцо (виток) и пропустить по нему электрический ток, то вокруг него образуется магнитное поле, аналогичное магнитному полю постоянного магнита. Сторона витка, из которого выходят силовые магнитные линии, является северным полюсом, а противоположная – южным.

Провод, свернутый в несколько витков, образует *соленоид* (катушку). Если внутрь соленоида, обтекаемого током, поместить брусок из мягкого железа, то благодаря его высокой магнитной проницаемости магнитный поток значительно увеличится.

Соленоиды, намотанные на железном бруске, называются электромагнитами. Железный брусок электромагнита называется сердечником, а соленоид – обмоткой или катушкой.

3. АППАРАТУРА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ.

3.1. В чем отличие реле РН- 53/60Д от реле такой же серии РН – 53/60 ?

Реле РН – 53/60Д реагирует на повышение напряжения в цепи переменного тока в тех случаях, когда в контролируемой цепи может возникнуть напряжение, значительно превышающее напряжение срабатывания. Для снижения потребляемой мощности до приемлемого значения в реле применена пружина с жесткостью 0,5 Нмм /90⁰. Для обеспечения термической стойкости добавочные резисторы взяты большой мощности. [2].

3.2. Почему возникают случаи возгорания реле РН – 53/60Д ?

В практике эксплуатации отмечены случаи повреждения и возгорания реле РН – 53/60Д. Это объясняется тем, что в электрических сетях 6 – 10 кВ в том числе и в РУ – 6 – 10 кВ ПС 330 кВ и выше, возникают феррорезонансные процессы при обрывах проводов, перегорании предохранителей, замыканиях на землю, а также при включении под напряжение ненагруженных секций шин с трансформаторами напряжения. При этом на дополнительной обмотке ТН возникает напряжение нулевой последовательности 250 – 300 В. Реле напряжения РН – 53/60Д осуществляющее контроль изоляции сети 6 – 10 кВ и имеющие длительно допустимое напряжение 110 В (в диапазоне уставок 15 ÷ 30 В) повреждается, вызывая в ряде случаев пожар на панели.

Для исключения повреждения РН – 53/60Д и предотвращения отказа или неправильных действий других защит и автоматики рекомендуется фирмой ОРГРЭС следующая схема:

шунтирование, резисторов установленных в корпусе реле, и монтаж вблизи платы с резисторами (включаемыми последовательно с обмотками реле и имеющими те же значения сопротивления, что и резисторы, зашунтированные в корпусе реле) и стабилитронами Д815Е, Д815Ж, включаемыми встречно-последовательно по 3 шт. и имеющими радиаторы площадью 46÷60 см² (цепь стабилитронов подключается на вход реле). [2].

3.3. В каких реле применяется электромагнитный принцип ?

Сила притяжения (электромагнитная сила притягивающая стальной якорь к электромагниту) или ее момент пропорциональны квадрату тока в обмотке реле и имеют, следовательно, постоянное направление, не зависящее от направления (знака) этого тока. Поэтому электромагнитный принцип пригоден для выполнения реле как постоянного, так и переменного тока и широко используется для изготовления реле тока, напряжения, промежуточных, сигнальных и реле времени. [7].

3.4. Каков принцип работы электромагнитных реле и способы уменьшения вибрации якоря реле ?

Электромагнитный принцип основан на использовании усилия, притягивающего подвижный ферромагнитный якорь к полюсу электромагнита при подаче тока на обмотку последнего. Под действием электромагнитного усилия якорь реле всегда стремится стать в положение, когда магнитное сопротивление системы будет минимальным. Таким образом, электромагнитное усилие по мере хода якоря возрастает, даже если ток остается без изменения, причем направление усилия совпадает с направлением основного магнитного потока в зазоре, но усилие в отличие от магнитного потока не меняет знака.

Измерительные реле тока, включенные на переменный ток, содержат не только постоянную но и переменную составляющую электромагнитного усилия и момента сил действующих на якорь. Вблизи порога срабатывания, когда результирующая постоянная составляющая близка к нулю, к якорю прикладывается только переменная составляющая, что вызывает знакопеременное движение (вибрацию) якоря.

Одним из широко применяемых методов снижения вибрации якоря является расщепление общего магнитного потока на две составляющие, разделенные пространственно и сдвинутые на некоторый угол. Кривая результирующего усилия не будет иметь переходов через нуль, а переменная составляющая будет существенно ниже, чем при нерасщепленном потоке. Наиболее просто сдвиг потоков по фазе достигается применением короткозамкнутого витка на части полюса электромагнита или путем выполнения обмотки реле в виде двух параллельных секций с

разными угловыми сдвигами, расположенных на разных магнитопроводах. [7].

3.5. Зависит ли направление электромагнитной силы притяжения от направления тока в электромагнитных реле тока и напряжения серии РТ, РН ?

При изменении направления тока в обмотке изменяется полярность как сердечника, так и якоря. Поэтому сердечник и края якоря всегда оказываются обращенными друг к другу разноименными полюсами. Поэтому направление электромагнитной силы притяжения не зависит от направления тока в обмотке и якорь, притягиваясь к полюсам сердечника, будет поворачиваться вокруг оси, независимо от того, какой ток проходит по обмотке – постоянный или переменный.

Таким образом, электромагнитные реле могут быть использованы как на постоянном, так и на переменном токе. [9].

3.6 Каким образом можно регулировать ток срабатывания в электромагнитных реле ?

В электромагнитном реле срабатывание и возврат происходит при равенстве электромагнитной силы притяжения противодействующей силе. Поэтому регулировать ток срабатывания, можно следующим образом:

1. Если увеличить число витков, то во столько же раз уменьшится ток срабатывания и наоборот.
2. Сила притяжения обратно пропорциональна квадрату размера воздушного зазора. Поэтому в начале движения якоря с уменьшением зазора эта сила резко возрастает, и якорь движется с большим ускорением. По этой же причине ток возврата реле меньше его тока срабатывания.
3. Уменьшение противодействующей силы ведет к уменьшению тока срабатывания и тока возврата. Таким образом, ток срабатывания можно регулировать числом витков, размером зазора и натяжением пружины. [14].

3.7. Каковы способы снижения вибрации якоря реле тока серии РТ-40 ?

Ход якоря реле ограничивается таким образом, чтобы снижение электромагнитного момента находилось вне рабочей зоны реле. При этом коэффициент возврата составляет не менее 0,8. Конструкция реле серии РТ-40, а также ЭТ –520 не позволяет использовать полюса электромагнита с короткозамкнутым витком для снижения переменной составляющей момента. Поэтому в реле контактная система выполняется таким образом, чтобы вибрация при синусоидальном токе не приводила к нарушению контакта. В реле РТ-40, кроме того, с подвижной системой связан барабан с песком, увеличивающий инерцию системы.

Однако в схемах релейной защиты необходимо считаться с возможностью подачи на токовые реле несинусоидального тока. Искажение формы кривой тока приводит к увеличению переменной составляющей усилия реле по сравнению с его постоянной, причем, кроме составляющей двойной частоты, появляются составляющие более высоких гармоник.

Применяется способ снижения вибрации реле типа РТ-40, основанный на уменьшении сечения стали на одном из участков магнитопровода. При увеличенных кратностях тока ослабленное сечение сердечника насыщается и повышение величины магнитного потока реле резко замедляется. [7].

3.8. Чем отличается электромагнитная система реле тока РТ-40 от реле напряжения РН-50 ?

В отличие от токовых реле электромагнитные реле напряжения переменного тока имеют менее благоприятные характеристики, поскольку в любом электромагните с высокой добротностью, включаемом в цепь переменного напряжения, индукция в сердечнике, а следовательно, и тяговое усилие практически не возрастает при втягивании якоря. Происходит лишь уменьшение тока электромагнита за счет увеличения индуктивности последнего. В связи с этим для получения приемлемых тяговых характеристик электромагнитных реле напряжения используются два основных метода: включение добавочного активного сопротивления для получения тока, приблизительно

пропорционального напряжению, и включение обмотки реле через выпрямительный мост.[9].

3.9. Из чего складывается полное время действия реле ?

Полное время действия реле t_p складывается из времени нарастания тока в обмотке якоря (время трогания) t_n до значения тока срабатывания и времени движения якоря t_d

$$t_p = t_n + t_d$$

Под временем трогания понимается время от момента замыкания цепи обмотки до начала движения якоря. В этот период времени изменения индуктивности от движения якоря не происходит. Время движения якоря и противодействующей сил, зазора, массы подвижной системы, индуктивности обмотки и тока в ней.

При включении реле в его сердечнике появляются вихревые токи, замедляющие нарастание магнитного потока и увеличивающие, таким образом, время t_n . Поэтому у быстродействующих реле магнитная система выполняется из шихтованной стали. Замедленное действие реле при втягивании якоря, достигается размещением на магнитопроводе короткозамкнутой обмотки, выполняемой в виде медной цилиндрической гильзы, или медных шайб, поверх которых наматывается основная обмотка.

Для увеличения времени действия реле необходимо располагать обмотки концентрически так, чтобы весь магнитный поток обмотки (гильзы) пронизывал основную обмотку и увеличивать магнитный поток гильзы. Для этого следует увеличивать сечение медной гильзы и уменьшать сопротивление магнитопровода реле.

Медный каркас в реле серии КДР используется для получения некоторого замедления на отпадание.

Практически для увеличения времени замедления на отпадание якоря реле следует уменьшать зазор (при втянутом якоре), увеличивать размер гильз, намагничивающую силу основной обмотки и ослаблять противодействующую пружину (РП-250, КДР-3, РЭВ-81, РЭВ-810, РЭВ-880).[9].

3.10. Почему якорь реле РТ, РН имеет Г-образную форму ?

Величина электромагнитной силы обратно пропорциональна квадрату расстояния между сердечником и якорем. Практически это означает, что даже при незначительном увеличении воздушного зазора сила притяжения якоря уменьшается довольно резко, и наоборот, при уменьшении воздушного зазора сила притяжения возрастает. Именно поэтому принятая для реле тока и напряжения конструкция с поперечным движением якоря имеет Г-образный профиль якоря, при котором размер воздушного зазора в различных положениях якоря изменяется сравнительно мало.[9].

3.11. Как распределяется тепло в катушках реле ?

В реле постоянного тока тепло с внутренней поверхности катушки передается магнитопроводу, который и рассеивает его в окружающую среду, являясь как бы радиатором. Поэтому наиболее нагретым могут оказаться средние слои катушки. В реле переменного тока магнитопровод сам является источником тепла за счет потерь в стали и может подогревать внутренние слои обмотки. Поэтому наиболее нагретыми могут оказаться ее слои, расположенные ближе к внутренней поверхности.[22].

3.12. Можно ли применять поляризованное реле в схемах переменного тока ?

При питании поляризованного реле переменным током якорь вибрирует, следуя за изменением направления тока. По этой причине поляризованные реле не пригодны для работы на переменном токе и применяются в схемах релейной защиты как вспомогательные реле постоянного тока при необходимости быстродействия и высокой чувствительности, а так же в качестве реагирующих (исполнительных) органов в схемах реле на выпрямленном токе.[22].

3.13. Для чего в промежуточном реле серии РП-220 используется шихтованный

сердечник?

Для исключения замедляющего действия вихревых токов сердечник реле выполнен шихтованным (как у реле РП-25), якорь облегченным, пластинчатым. В вырезе на полюсе электромагнита у рабочего зазора запрессована немагнитная пластинка, выступающая над плоскостью якоря и предотвращающая залипание якоря от остаточного намагничивания.[3].

3.14. Для каких целей в промежуточных реле серии РП-220 на конце якоря укреплен уравнивающий груз, а свободные концы подвижных контактов разрезаны вдоль ?

На заднем конце якоря реле РП-220 укреплен уравнивающий груз, повышающий вибростойкость реле, и присоединена цилиндрическая противодействующая пружина. Контакты реле выполнены в виде плоских бронзовых пружин. На свободном конце каждой пружины приклепаны по два серебряных контакта. Свободные концы пружин подвижных контактов разрезаны вдоль, что повышает надежность их работы и несколько снижает вибрацию контактов при замыкании.[3].

3.15. Чем определяется напряжение срабатывания и возврата промежуточного реле серии РП-220 ?

Напряжение срабатывания реле серии РП-220 определяется зазором между сердечником и якорем, натяжением противодействующей пружины и давлением подвижных контактных пружин на рамку толкателя. Напряжение возврата определяется высотой немагнитной пластины над плоскостью переднего полюса сердечника и давлением пружин замыкающих контактов на упор[3].

3.16. Для чего электромагниты включения и отключения некоторых выключателей состоит из двух секций ?

Электромагниты включения и отключения (например ВВ-400) состоят из двух последовательно включенных секций, одна из которых, основная, создает намагничивающую силу, вторая, намотанная бифилярно, нормально зашунтирована размыкающим блок-контактом электромагнита и выполняет лишь роль добавочного сопротивления.

Этим достигается форсировка в действии электромагнита, обеспечивающая необходимую скорость операции с выключателем.

Когда на электромагнит подается напряжение, то в первый момент в работе участвует одна рабочая секция и электромагнит потребляет значительный ток, создавая повышенное усилие. При движении якоря электромагнита происходит переключение блок-контактов и в конце хода якоря в цепь вводится вторая секция обмотки, резко ограничивающая ток в его цепи.[4].

3.17. Для чего контактор включения масляных выключателей снабжен усиленной пружиной ?

Контакты промежуточного контактора масляного выключателя снабжены сильной контактной пружиной, обеспечивающая быстрое расхождение контактов на небольшое расстояние, что создает условия для магнитного дутья. Для создания магнитного поля, под действием которого дуга выдувается на концы контактов промежуточного контактора, удлиняется и гаснет, применена катушка магнитного дутья, включенная последовательно в цепь отключаемого тока электромагнита включения.[4].

3.18. Каковы особенности конструкции электромагнита отключения выключателей ?

Во избежание магнитного залипания якоря электромагнита отключения масляного выключателя в сработанном положении боек выполняется из немагнитного материала. Латунная шайба на бойке также предотвращает удержание якоря в верхнем положении,

возможное за счет остаточного намагничивания.[4].

3.19. Как увеличить время срабатывания реле типа РП- 252?

Для увеличения времени срабатывания реле типа РП-252 короткозамкнутые шайбы переставляются ближе к якорю (на сердечник сначала надевается катушка, а потом шайба). Замедление нарастания магнитного потока достигается использованием короткозамкнутых гильз, охватывающих магнитопровод и занимающих существенную часть катушки. При подаче напряжения в гильзах протекает наведенный ток, создающий магнитный поток, направленный встречно по отношению к магнитному потоку основной обмотки. В реле серии РП-250 применяются медные гильзы и короткозамкнутые витки.[9]

3.20. От каких факторов зависит отключающая способность контактов и как конструктивно ее улучшить?

Отключающая способность контактов зависит от значений тока, напряжения и индуктивности размыкаемой цепи. Она условно характеризуется мощностью S_k , представляющей собой произведение номинального напряжения источника оперативного тока $U_{от}$ и наибольшего допустимого тока $I_{кд}$, размыкание которого не вызывает повреждение контактов; $S_k = U_{от} \cdot I_{кд}$. Следует отметить, что для цепей переменного тока допустимый ток $I_{кд}$ всегда больше, чем для цепи постоянного тока. Это объясняется тем, что при прохождении переменного тока через нулевое значение электрическая дуга гаснет, а возможность ее повторного зажигания уменьшается благодаря увеличению зазора между размыкающимися контактами и снижению значения ЭДС индуктивности отключающего реле.

Электрическая дуга между подвижным и неподвижным контактами возникает и при замыкании подвижный контакт ударяется о неподвижный. Что порождает вибрацию контактов, сопровождаемую многократным замыканием и размыканием управляемой цепи. При этом в момент разрыва появляется дуга, которая может вызвать оплавление и приваривание контактов при сильном их нагреве. Вибрация прекратится, когда кинетическая энергия подвижной системы реле израсходуется на преодоление сопротивления подвижных контактов и нагрев элементов замыкаемой цепи.

Для предупреждения порчи контактов электрической дугой неподвижные контакты выполняются в виде упругих пластин, колеблющихся вместе с подвижными контактами без разрыва управляемой цепи. Применяются также демпферы (механические успокоители), поглощающие кинетическую энергию подвижной системы. Контакты выполняются из тугоплавкого и менее подверженного окислению материала. Применяется серебро, металлокерамика и др.

В цепях переменного тока искрогасительных контуров обычно не требуется.[9].

3.21. В чем заключаются особенности применения автоматических выключателей в схеме постоянного оперативного тока управления высоковольтных выключателей?

При использовании для защиты оперативных цепей управления высоковольтных выключателей на постоянном токе максимальных автоматов тепловые элементы на них должны быть демонтированы. Для надежного действия расцепителей автоматов в случае КЗ отношение тока КЗ к току срабатывания расцепителя должно быть 2-3. Надо отметить, что плавкие вставки, а также автоматы не обеспечивают защиты электромагнитов управления выключателей от повреждений, вызванных длительным протеканием по ним тока.[4].

3.22. Как изменяется величина тока в электромагнитах включения выключателей?

Величина тока через катушку электромагнита включения масляных выключателей во

время включения не является постоянной. За счет индуктивности катушки электромагнита включения ток в ней нарастает не скачком, а плавно, достигая своего наибольшего значения равного установившегося, только в конце операции. [4]

3.23. Чем достигается улучшение дугогасительного свойства блок- контактов в цепи электромагнитов воздушных выключателей?

Для улучшения дугогасящего свойства блок- контактов воздушных выключателей применяется магнитное дутье. Под одним из неподвижных контактов в специальное гнездо вставляется небольшой, но сильный, постоянный магнит. При взаимодействии магнитного поля этого магнита и дуги последняя сильно вытягивается, что способствует ее погасанию.

Для успешной работы магнитного дутья необходимо при включении электромагнита в схему управления строго соблюдать полярность соединений, обозначенную на клеммах электромагнита.

При правильном включении электромагнита выдувание дуги происходит в сторону от контактов. При этом длина ее резко увеличивается. Если же при подключении электромагнита полярность будет перепутана, то дуга будет выдуваться под контакты, где условия ее гашения ухудшаются. [4].

3.24. Для чего в реле времени серии РВМ установлены конденсатор и резистор?

Для ограничения амплитудных значений напряжений на вторичных обмотках промежуточных насыщающихся трансформаторов тока реле серии РВМ параллельно им включается конденсатор и резистор. Они фильтруют гармонические составляющие в кривых напряжения и тока подаваемых на обмотку микродвигателя. [7].

3.25. Для чего в реле серии РВМ применяется насыщающий трансформатор и короткозамкнутые витки?

Благодаря применению насыщающегося трансформатора обеспечивается практически неизменное напряжение на обмотке микродвигателя, не смотря на то что в нормальном режиме и при КЗ первичный ток и ток во вторичной токовой обмотке меняются в широком диапазоне. Обмотка микродвигателя получает питание от вторичной обмотки трансформатора. Полюсы магнитопровода моторчика разрезаны, а половина каждого полюса охвачена короткозамкнутым витком. При прохождении в обмотке микродвигателя тока, в воздушном зазоре из-за расщепления магнитного потока создается бегущее магнитное поле, что обеспечивает вращение ротора. [16].

3.26. Зависит ли выдержка времени реле серии РВМ от частоты?

Ротор имеет 12 зубцов, чему при номинальной частоте 50 Гц соответствует синхронной скорости вращения ротора 500 об/ мин. В зазорах между полюсами заложена медная пусковая клетка для асинхронного пуска моторчика. При изменении частоты тока в сети скорость вращения моторчика изменяется, а значит, изменяется и выдержка времени реле РВМ. При снижении частоты выдержка увеличивается, при повышении частоты уменьшается. [16].

3.27. Будет ли работать реле времени серии РВМ при подаче тока в обе обмотки одновременно?

Реле РВМ имеет два насыщающихся трансформатора, что позволяет включить одно реле в две фазы токовых цепей защиты. Однако одновременное подключение моторчика к двум фазам токовых цепей защищаемого присоединения недопустимо, т.к. при двухполюсном КЗ на фазах, к которым подключено реле РВМ, суммарное напряжение на микродвигателе оказалось бы равным нулю. Поэтому схема защиты строится так, чтобы микродвигатель мог подключаться ко вторичной обмотке только одной из двух

насыщающихся трансформаторов. Нормально вторичные обмотки насыщающихся трансформаторов разомкнуты, несмотря на то, что по их первичным обмоткам проходит ток нагрузочного режима. Режим работы насыщающегося трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой возможен благодаря тому, что насыщение его магнитопровода происходит при малых токах.[16]

Можно ли на контактах реле времени серии РВМ устанавливать одинаковые уставки по времени?

На контактах реле РВМ не следует устанавливать две, а тем более три одинаковые выдержки времени. Объясняется это тем, что при установке в одной плоскости двух или трех подвижных контактов возвратная спиральная пружина не способна преодолеть усилия неподвижных контактов при попытке рамки вернуться в исходное положение. Не допускается также установка двух проскальзывающих контактов в крайнее левое положение (проскальзывающие контакты замкнуты), так как мощность микродвигателя (при токе срабатывания) недостаточна для преодоления с места механического момента сопротивления двух контактов.[16].

3.29. Почему якорь реле РТМ выполняется полым и имеет прорезь?

Для ограничения вихревых токов в якоре токового реле прямого действия РТМ, якорь выполняется полым и имеет прорезь по образующей.[9]

3.30. Как создается независимая и зависимая характеристики реле РТВ?

При небольших токах пружина реле РТВ практически не сжимается и действие часового механизма происходит под влиянием электромагнитного усилия якоря. Чем это усилие больше, тем быстрее ход часового механизма. После того как выдержка времени часового механизма заканчивается, противодействующее усилие на тягу прекращается, якорь с бойком освобождается и с силой ударяет по рычагу на отключающем валике привода. В этом диапазоне токов время-токовая характеристика реле РТВ является зависимой. При больших кратностях тока якорь прижимается к упору, а пружина полностью сжимается.

Действие часового механизма определяется только сжатием пружины, и выдержка времени не зависит от тока (независимая часть характеристики)[7].

3.31. Назовите наиболее часто встречающиеся неисправности реле прямого действия (РТВ,РТМ)?

Из наиболее часто встречающихся неисправностей следует отметить следующие: погнутые и помятые гильзы, погнутые бойки, винты и шпильки для крепления, сорванная резьба винтов и гаек; отсутствие шайб; поломанные шайбы; заусенцы, разбитые детали из пластмасс. При сборке реле не допускается применение каких-либо видов смазки, т.к. смазка всех видов изменяет вязкость в зависимости от окружающей температуры, втягивает в себя пыль и загустевает настолько, что может вызвать отказ в работе[12].

3.32. Изменяется ли сопротивление токовых реле прямого действия при подъеме сердечника?

Сопротивление токовых реле прямого действия (РТМ,РТВ) и электромагнитов значительно (в 3-4 раза) увеличивается при подъеме их сердечника. Увеличение сопротивления реле приводит к уменьшению тока в его обмотке и, следовательно, тягового усилия сердечника, которое примерно пропорционально квадрату тока.[12].

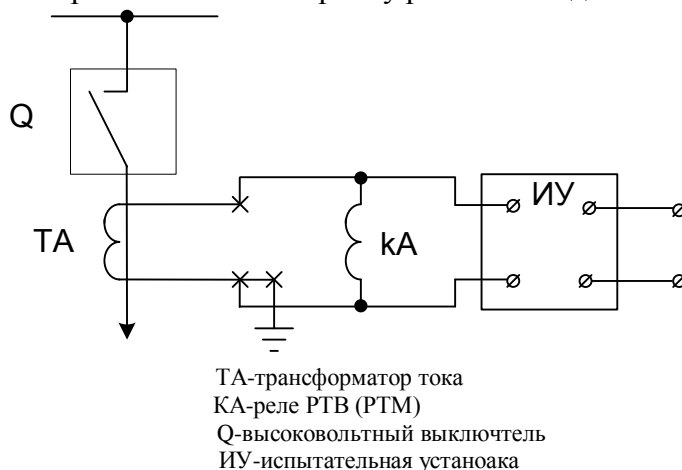
3.33. Назвать некоторые особенности настройки реле прямого действия (РТМ,РТВ)?

Проверка электромагнитных реле реагирующих на действующее значение

переменного тока, может производиться с использованием выпрямленного тока. При использовании выпрямленного тока сопротивление реле мало зависит от положения его сердечника и ток в реле остается практически неизменным в течение процесса срабатывания реле.

При настройке реле РТМ, РТВ необходимо учитывать погрешность трансформаторов тока (ТТ). Расчет ТТ по кривым 10%-ных погрешностей для реле РТМ и РТВ затруднен из-за зависимости сопротивления реле от многих факторов; результаты его недостаточно точны. Поэтому настройку уставок реле независимо от результатов расчетов следует вести так, чтобы автоматически учитывать погрешности ТТ. В большей мере это относится к реле РТВ, имеющим значительное сопротивление обмоток и зависимость от тока выдержку времени. Настройка реле от постороннего источника без учета погрешностей ТТ может привести к тому, что при действительном КЗ выдержка времени его значительно увеличится по сравнению с расчетной.

Для полного учета погрешности ТТ настройку реле необходимо выполнять по схеме:



В этой схеме ток подается на обмотку реле, включенную параллельно вторичной обмотке ТТ. Проверка по данной схеме дает очень небольшую (несколько процентов) ошибку, потому что сопротивление вторичной обмотки применяемых ТТ (десятые доли Ома) значительно меньше, сопротивления реле (2-5 Ом) и ветви намагничивания (десятки Ом) поэтому им можно пренебречь.

Проверка тока срабатывания реле РТВ выполнять при полностью выведенной выдержке времени (поводок поднят вверх до упора). Ток срабатывания определять при плавном увеличении тока в обмотке до отключения привода или срабатывании отключающего механизма. Ток срабатывания на уставке следует измерять трижды. Для всех реле РТМ и РТВ разброс тока срабатывания по отношению к среднему значению не должен превышать 4%. Погрешность тока срабатывания относительно тока уставки по шкале не должно превышать $\pm 10\%$.

Одновременно с проверкой тока срабатывания целесообразно измерять полное сопротивление реле при отпущенном и подтянутом сердечнике при профилактическом восстановлении и наладке. Для этого параллельно обмотке реле следует подключать вольтметр и измерить два значения напряжения на реле: при токе близком к току срабатывания, когда сердечник подтянут. По полученным значениям напряжения и тока определить полное сопротивление реле для соответствующего положения сердечника.

Важным параметром реле РТВ является его коэффициент возврата, конструкция реле не предусматривает регулировки коэффициента возврата, но значение его не является постоянным и зависит от уставки по времени, от кратности тока в реле и продолжительности его протекания. Коэффициент возврата реле РТВ минимален после срабатывания (около 1,3), когда сердечник подтянут к контрполюсу, а боек поднят. Коэффициент возврата минимален, при максимальной уставке по времени 4с. При работе реле в зависимой части характеристики пружина сердечника не сжимается и реле возвращается только под действием массы сердечника и бойка. Коэффициент возврата в этом случае около 0,6.

При работе реле в независимой части характеристики отключение привода производится пружиной. Поэтому важно знать статическую характеристику пружины.

Отключение должно происходить в начале хода бойка, когда усилие пружины максимальное.

При работе реле в зависимой части характеристики отключение привода происходит за счет тягового усилия сердечника и отключение должно происходить как можно позднее, в конце хода бойка, т.к. тяговое усилие сердечника увеличивается с уменьшением расстояния между сердечником и контрполюсом.

При совместной регулировке реле и привода должно выполняться правило: часовой механизм всегда должен расцепляться раньше чем боек коснется отключающей планки.[12].

3.34. Что является важным условием правильной работы реле прямого действия РТВ?

Важным условием правильной работы реле является установка начального угла между рычагом и горизонтальной осью часового механизма. По данным заводов, этот угол должен составлять:

для РТВ завода «Электроаппарат» — 50°

для РТВ Рижского опытного завода «Электроавтоматика» — $48^\circ \pm 1^\circ$

для РТВ «Ровенского завода В/В аппаратуры» — 55°

Расцепление часового механизма происходит при повороте рычага примерно на 60° (при максимальной уставке выдержке времени). Полный угол поворота рычага составляет 85° . [12]

3.35. Какую роль играет пружина сердечника реле РТВ ?

Пружина сердечника имеет двойное назначение: она ограничивает усилие, передающееся от сердечника на часовой механизм и обеспечивает ограниченно зависимую от тока временную характеристику реле. Изменением упругости пружины можно передвинуть начало независимой части характеристики реле. В настоящее время для привода ПП-67 выпускаются два варианта реле: у одного независимая часть характеристики наступает при токе, кратность которого к току срабатывания составляет 1,2-1,7, у другого- при кратности 2,5-3,5.

Отключение происходит за счет энергии пружины, сжатой сердечником при притягивании к контрполюсу.

Если ток в обмотке мал, то сердечник не может сжать пружину и она является жесткой связью сердечника с часовым механизмом. Сила тяги сердечника в этом случае определяется величиной тока в обмотке реле; скорость шестерен часового механизма определяется силой тяги и, следовательно, выдержка времени определяется величиной тока в обмотке реле. Отсюда вытекают и основные правила совместной регулировки реле с приводом. Так как тягового усилия недостаточно, чтобы одновременно вести часовой механизм и отключить привод, то необходимо, чтобы расцепление сердечника с часовым механизмом происходило раньше, чем боек коснется лапки релейного валика. Реле разных приводов имеют свою конструкцию самостоятельную магнитную систему для каждого реле, в виде стальной скобы или магнитопроводом является корпус привода. Поэтому реле не могут заменять друг друга установленные на разных типах приводов.[34]

3.36. От чего зависит коэффициент возврата реле РТВ?

Весьма важным параметром реле РТВ является его коэффициент возврата. В реле нет приспособлений для изменения коэффициента возврата, и сам коэффициент возврата является величиной переменной, зависящей от кратности тока в реле по отношению к току срабатывания и от времени протекания тока КЗ. Если ток КЗ прекратится раньше, чем реле доработает, то пружина будет отталкивать сердечник с разной силой, зависящей от времени протекания тока. В эксплуатации коэффициент возврата этих реле следует определять для момента времени, соответствующего отключению КЗ нижестоящей защитой.[34]

3.37. Как правильно измерить время срабатывания реле РТВ?

Важным является вопрос о способе измерения выдержки времени при настройке реле РТВ. Во многих организациях применяют способ, в котором электросекундомер останавливается контактами самого выключателя или блк-контактами КСА, управляемыми валом выключателя. При таком способе измерения электросекундомер показывает суммарное время работы самого реле и механизма привода и выключателя до начала размыкания его контактов. Поэтому в данном случае выдержку времени на реле РТВ менее 0,7 сек. Нежелательно. Рекомендуется останавливать секундомер с помощью специальных контактов, устанавливаемых временно, на время проверки реле, в привод. Эти контакты останавливают электросекундомер в начале падения серповидного рычага привода. Таким образом, практически измеряется только время работы самого реле. При таком способе измерения реле РТВ дает достаточно устойчивую выдержку времени в независимой части характеристики примерно 0,5 с. Следует отметить, что при расчете защит выдержка времени защиты определяется на выходе самой защиты, а время отключения выключателя учитывается в ступени выдержки времени. Поэтому измерение выдержки времени реле РТВ на контактах выключателя противоречит общепринятому методу расчета защит.[34].

3.38. Каков принцип работы индукционных токовых реле?

В индукционных токовых реле подвижная система выполняется в виде диска, что дает увеличенное значение момента инерции системы и, следовательно, способствует увеличению выдержки времени. Вращающий момент реле, в индукционном реле достигается путем сдвига по фазе и в пространстве потоков электромагнита, причем каждый из потоков взаимодействует с током в диске, наведенными другим потоком. Для получения потоков, сдвинутых по фазе и в пространстве, как правило, используется короткозамкнутый виток, охватывающий часть полюсного наконечника электромагнита. Для увеличения противодействующего момента в индукционных токовых реле широко используются конструкции с постоянными магнитами, в магнитном поле которых происходит вращение диска. При вращении в диске наводятся так называемые токи резания, которые, взаимодействуя с создавшим их потоком, вызывают тормозной момент, пропорциональный частоте вращения диска.

В начальный момент, когда диск начинает разгоняться, основное тормозное влияние оказывает индукция диска, а при равномерном вращении – только токи резания.

Увеличение выдержки времени в индукционном токовом реле серии РТ-80 достигается за счет применения червячной передачи, связывающей вращающийся диск и контактную систему реле. Время срабатывания реле РТ-80 непосредственно зависит от частоты вращения диска, а также от потока постоянного магнита. Чем меньше поле магнита, тем меньше время срабатывания. Если в реле РТ-80 снять постоянный магнит, то реле работать не будет. Направление вращения диска реле РТ-80 ни какими параметрами не изменяется. При небольших токах время действия реле РТ-80 приблизительно обратно пропорционально квадрату тока, а при больших остается неизменным. Ток срабатывания реле, а также время его действия регулируется:

Числом витков обмотки электромагнита; начальным положением рамки, сектора, дополнительного якоря.

На индукционном принципе могут выполняться только реле переменного тока. Это объясняется тем, что токи в диске или цилиндре индуктируются при условии, что электромагниты питаются переменным током.[7].

3.39. Чем устраняется вибрация якоря отсечки реле серии РТ-80?

Вибрация якоря отсечки в притянутом состоянии, вызванная пульсацией магнитного потока, может привести к неустойчивому замыканию контактов. Для устранения этого нежелательного явления на правый конец якоря насажен КЗ виток, охватывающий часть его торцевой стороны. Магнитный поток расщепляется на две составляющие, сдвинутые по фазе, что приводит к сглаживанию пульсации. Для предотвращения залипания якоря снабжен немагнитной заклепкой.[14]

3.40. Назвать назначение типов реле серии РТ-80, РТ-90.

В обозначении индукционных реле цифра за дробной чертой указывает на диапазон уставок по току: 1- диапазон уставок 4-10 А, со ступенью 1 А; 2- диапазон уставок 2-5 А со ступенью 0,5 А. Реле типов РТ-81-84 предназначены для объектов, имеющих источник постоянного или выпрямленного оперативного напряжения.

Реле типов РТ-81/ 1 и РТ-81/2 предназначены для защиты питающих и распределительных линий в сетях 6-35 кВ, а также для защиты трансформаторов.

Реле типов РТ-82/1 и РТ-82/2 предназначены для защиты электродвигателей от междуфазных и витковых замыканий с действием без выдержки времени на отключение (отсечка) и для защиты от перегрузки, с выдержкой времени.

Реле типов РТ-83/1 и РТ-83/2 предназначены для защиты линий и трансформаторов. Конструктивная особенность этих реле заключается в отсутствии механической связи между индукционным и электромагнитным элементами, т.е. в отсутствии толкателя. Аналогичная конструкция у реле типов РТ-84/1 и РТ-84/2. С их помощью выполняется защита электродвигателей от КЗ и перегруза.

Реле типов РТ-85, РТ-86 используются в устройствах защиты на переменном оперативном токе с дешунтированием управляющей цепи.

Реле типов РТ-86/1 и РТ-86/2, предназначены для защиты электродвигателей

Реле серии РТ-90 служат для защиты асинхронных электродвигателей большой мощности с тяжелым пуском.[14].

3.41. Какие меры принимаются для устранения ложной работы индукционных реле?

Чтобы не допустить ложной работы индукционных реле, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

После монтажа проверяют жесткость закрепления ячеек; дверцы ячеек должны быть заперты; в приборных отсеках ячеек реле устанавливают на резиновых амортизаторах. Все эти мероприятия против ложной работы токовой отсечки в реле серии РТ-80 из-за сотрясения. Конструктивным недостатком реле является недостаточная жесткость цоколя. Затягивая чрезмерно крепежные винты при установке реле, можно изогнуть цоколь, что может привести к нарушению зацепления или к заклиниванию диска. Поэтому необходимо применение резиновых прокладок между панелью и цоколем при монтаже реле на щитах или стенках распределительного устройства и не допускать чрезмерную затяжку крепежных гаек.[14]

3.42. Каким методом можно расширить верхний предел шкалы уставок индукционных реле серии РТ-80?

Для расширения верхнего предела шкалы уставок по току, нужно использовать витки между двумя отпайками. Для этого конец обмотки отсоединяют от контактной колодки и изолируют. На его место подсоединяют один из отпаечных проводов, отсоединенный от штепсельного мостика. М.Д.С. (ампер-витки) срабатывания является постоянной величиной. Так реле РТ-80/1 имеет 60 витков. При всех задействованных витках ток срабатывания равен 4 А. Следовательно, на любой уставке м.д.с. составляет 240 Ампер-витков, а число витков $W = 240/I_{уст}$

Найдя затем число витков между различными отпайками, мы можем определить токи срабатывания, для всех вариантов включения промежуточных витков. [14].

3.43. В чем заключается отличие реле РТ-90 и РТ-80?

Назначение и конструкция реле РТ-90 такие же, как и реле РТ-80. Основное отличие их заключается в более раннем наступлении независимой части характеристики времени срабатывания при кратности тока срабатывания индукционного элемента, в 2-2,5 раза меньше, чем у реле РТ-80. Так как независимая часть характеристики обусловлена насыщением магнитопровода реле, то очевидно, что для сдвига ее влево необходимо увеличить м.д.с. обмотки при неизменном токе. Это было достигнуто увеличением числа витков обмотки реле в 1,75 раза. Для обеспечения необходимого значения коэффициента успокоения и соответствия токов срабатывания индукционного элемента уставкам

потребовалось уменьшение намагниченности постоянного магнита (по сравнению с РТ-80 в 2,3 раза) и уменьшение напряжения возвратной пружины.

Таким образом, более раннее наступление независимой части характеристики времени срабатывания повлекло за собой следующее изменение параметров:

- мощность потребляемая реле при номинальном токе, увеличилась в 3 раза;
- увеличился нагрев обмотки реле;
- затруднилось получение нужного коэффициента возврата вследствие уменьшения усилия, выталкивающего диск из зазоров постоянного магнита и магнитопровода реле, и большего приближения стальной пластинки на рамке реле для сохранения надежности сцепления сектора с червяком;
- уменьшилась ширина шкалы отсечки, а следовательно, и точности ее;
- увеличилась инерционная ошибка реле.[3].

3.44. Что называется инерционной ошибкой реле серии РТ-80, РТ-90?

При исчезновении тока в обмотке реле или уменьшении его ниже тока возврата индукционного элемента происходит расцепление зубчатого сектора с червяком. Якорь отсечки и зубчатый сектор под действием возвратной пружины возвращаются в исходное положение. Однако под влиянием сил инерции (у реле РТ-80- за счет инерции якоря отсечки) реле может замкнуть свои контакты при сбросе тока до срабатывания реле. Максимально возможный промежуток времени от момента сброса до момента замыкания контактов за счет сил инерции носит название инерционной ошибки. Инерционная ошибка реле не зависит от уставок реле и кратности докоммутационного тока и примерно равно 40 мс (РТ-80)[3].

3.45. Каковы основные факторы, влияющие на электрические параметры реле РТ-80?

К основным факторам, влияющих на электрические параметры реле РТ-80, являются:

- увеличенный ток начала вращения диска свидетельствует об увеличенном трении в подпятниках диска;
- регулировка времени срабатывания производится подбором положения постоянного магнита;
- регулировка тока срабатывания производится подбором напряжения возвратной пружины, положением постоянного магнита.
- Регулировка величины тока возврата производится положением стальной пластинки на рамке, натяжением возвратной пружины. Чем ближе пластинка к магнитопроводу, тем меньше ток возврата.[3].

3.46. Назвать назначение элементов, входящих в устройство автоматического повторного включения типа РПВ-58.

Назначение элементов схемы реле РПВ-58 следующее:

- конденсатор С обеспечивает однократность действия АПВ;
- резистор 2R создает необходимое время заряда конденсатора С до величины, обеспечивающей срабатывание промежуточного реле КL, Величина резистора 2R принята такой, чтобы, после начала заряда конденсатора С устройство РПВ было готово к действию спустя 20-25 сек и поэтому при неуспешном АПВ конденсатор С при втором срабатывании реле времени КТ будет повторно зашунтирован цепью с обмоткой реле КL в момент времени, когда заряд конденсатора С недостаточен для срабатывания реле КL. В положении когда замкнута цепь разряда через обмотку реле КL, конденсатор зарядиться не может;
- резистор 3R обеспечивает быстрый разряд конденсатора С, что используется при необходимости запрета АПВ при действии некоторых защит;
- резистор 1R обеспечивает термическую стойкость реле времени;
- реле КL1 срабатывает от тока разряда конденсатора и, самоудерживаясь по цепи своей второй обмотки, включенной последовательно с обмоткой контактора включения выключателя. Благодаря использованию в реле КL1 последовательной обмотки обеспечивается необходимая длительность импульса для надежного включения

выключателя, поскольку параллельная обмотка этого реле обтекается током кратковременно при разряде конденсатора.[11].

3.47. Для чего включается добавочное сопротивление последовательно с обмоткой реле времени серии РВ и чем определяется выдержка времени данной серии?

Для уменьшения размеров реле катушка реле времени не рассчитывается на длительное прохождение тока. Поэтому реле, предназначенное для длительного включения под напряжение, выполняются с добавочным сопротивлением, включаемым последовательно с обмоткой реле. Выдержка времени на замыкание контактов реле определяется следующими факторами:

- моментом инерции балансира;
- передаточным числом редуктора;
- силой ведущей пружины часового механизма;
- длиной дуги, по которой перемещается контактная траверса от своего начального положения до замыкания неподвижных контактов.[9].

3.48. В чем заключаются отличия реле времени серии РВ-200 и РВ-100?

Реле времени серии РВ-200 предназначены для работы на переменном токе, а серии РВ-100 на постоянном токе. Конструктивно реле одинаковы, за исключением конструкции якоря электромагнита. Если у реле серии РВ-100 стальной цилиндр якоря оканчивается тупым конусом, то у якоря реле РВ-214-244 конус отсутствует, а цилиндр оканчивается плоскостью. В торце стального цилиндра запрессовано медное кольцо, играющая роль короткозамкнутой обмотки. С помощью этого кольца магнитный поток, создаваемый обмоткой, расщепляется на два потока сдвинутых по фазе, каждый из этих потоков создает электромагнитные силы, которые воздействуют на якорь. Результирующая электромагнитная сила, хоть и пульсирует но нулевого значения не достигает. Благодаря такому расщеплению магнитного потока значительно снижается вибрация якоря при его втягивании. Реле применяемые на постоянном и переменном токе, имеют различные обмоточные данные электромагнитов при одном и том же номинальном напряжении.

Реле времени РВ-217-248 являются модифицированным вариантом реле, предназначенных для работы на переменном оперативном токе. Реле данной серии отличаются от реле РВ214-244 конструкцией электромагнитного привода и кинематической схемой механизма переключения мгновенных контактов. Магнитопровод электромагнитного привода этих реле состоит из шихтованных сердечника и якоря, которые представляют собой склепанные пакеты листовой электротехнической стали сложного профиля. В шихтованном магнитопроводе значительно меньше потери на вихревые токи. Для устранения вибрации якоря при его втягивании на сердечнике электромагнита установлены короткозамкнутые медные витки.[9].

3.49. Что означают цифры в маркировке реле времени серии РВ?

Первая цифра в маркировке реле серии РВ обозначает род оперативного тока, подаваемого на катушку электромагнита: 1- постоянный ток, 2- переменный ток. Второй цифрой зафиксированы пределы уставок на время срабатывания: 1- от 0,1 до 1,3 сек., 2- от 0,25 до 3,5 сек, 3- от 0,5 до 9,0 сек, 4- от 2,0 до 20,0 сек.

Третья цифра указывает на индивидуальные особенности реле: 2- обозначает, что реле кроме упорного контакта, имеет еще проскальзывающий; 3- у реле постоянного тока означает термическую устойчивость; 4- наличие только упорного контакта; 5- у реле переменного тока наличие одного упорного и одного проскальзывающего контактов и пуск часового механизма после снятия напряжения с обмотки реле; 7- реле с шихтованным сердечником электромагнита (на переменном токе) с одним упорным контактом; 8- реле с шихтованным сердечником (на переменном токе) с одним упорным и одним проскальзывающим контактами.[16]

3.50. Как облегчить работу контактов реле в цепи постоянного тока?

Во время коммутационных операций происходит износ контактов, понижающий надежность их действия. Наиболее тяжелой операцией является размыкание цепи постоянного тока с индуктивным сопротивлением. Известно, что в момент размыкания такой цепи в обмотке, обладающей индуктивностью, возникает противодействующая ЭДС самоиндукции, стремящаяся поддержать протекавший до этого ток. Под действием этого ЭД. в воздушном зазоре между размыкающимися контактами появляется электрическая дуга (искра), вызывающая обгорание, а при больших токах оплавление и эрозию (распыление металла) контактов. Для облегчения работы контактов можно применять шунтирование обмотки аппарата, искрогасительным контуром RC или цепью из R и VD, (рис. 3.1.а). В этом случае большая часть тока, вызываемого ЭДС самоиндукции обмотки индуктивности, замыкается по шунтирующему контуру, в котором и погашается (расходуется) основная часть энергии, накопленной в магнитном поле обмотки. В результате этого энергия, поддерживающая ток и электрическую дугу между контактами реле, уменьшается, что существенно облегчает работу контактов. Наличие искрогасительного контура замедляет возврат реле. Этого недостатка лишена схема на рис.3.1,б. Здесь диодом VD шунтируется контакт реле KL, размыкающий индуктивную цепь. При такой схеме ток обусловленный ЭДС самоиндукции обмотки реле, почти полностью замыкается, помимо размыкающихся контактов К, через контур и сопротивление источника оперативного тока. В нормальных условиях, когда контакты реле разомкнуты, контур, шунтирующий контакты, разомкнут диодом VD. Для улучшения коммутационной способности контактов управляющего реле параллельно обмотки управляемого реле (например, в схеме управления воздушного выключателя реле контроля давления воздуха) подключается искрогасительный контур из последовательно соединенных емкости $C = 2 \div 4 \text{ мкФ}$ и сопротивления $R = 1000 \text{ Ом}$ [9]:

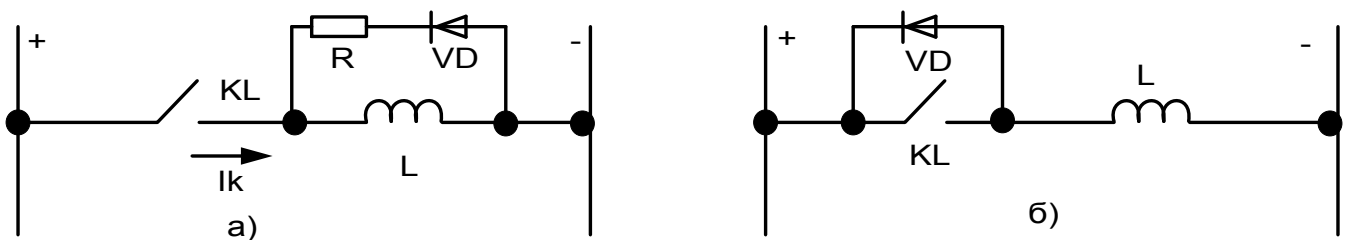


Рис. 3.1. Схемы, облегчающие работу контактов реле.

3.51. Назвать недостатки контактов промежуточных реле.

Совершенно чистые контакты могут быть только в вакууме. Сразу же после воздействия воздуха они начинают покрываться пленкой. При любом из применяемых для контактов материале в некоторых условиях работы на них может образоваться пленка с пробивным напряжением более 220В и переходном сопротивлении более 1 кОМ. Например, для медных контактов воздействие относительно чистого воздуха увеличивает их сопротивление в течение первого часа – в 5 раз, а через полгода – еще в 100 раз. В воздухе с обычно встречающимися вредно действующими примесями наиболее устойчиво работают контакты из золота и сплава золота с никелем. Контакты из металлов платиновой группы очень неустойчивы в присутствии паров органических веществ, выделяемых изоляционными материалами, однако работают лучше серебра в атмосфере сернистых газов. Серебро работает хорошо в присутствии паров органических веществ, но неустойчиво в атмосфере сернистых газов. Отказы в контактировании из-за большой электрической прочности пленки тем интенсивнее, чем меньше коммутируемый ток. Пленки разрушаются из-за электрического пробоя или из-за механического воздействия (небольшое – доли миллиметра скольжение, притирание или перекачивание контактов). Надежность контактирования существенно зависит и от нажатия на контактах.

При контактном давлении свыше 10 гр. в контактных точках происходит слияние материалов и поэтому переходное сопротивление контактов уменьшается. На величину переходного сопротивления существенное влияние оказывает также сопротивление окисных и сульфидных

пленок, покрывающих контакты. Следует отметить, что при малых напряжениях оперативного тока может наблюдаться повышение сопротивления контактов благодаря влиянию указанных пленок. Главной причиной разрушения контактов являются электрические разряды, возникающие при размыкании и замыкании цепей в особенности цепей постоянного тока с индуктивной нагрузкой.

Предельная величина тока в цепи контактов определяется температурой нагрева, при которой начинается уменьшение механической прочности материала контактов. В заключении следует отметить, что абсолютно надежных контактов нет. Следует помнить, что при больших контактных давлениях будет значительно меньше нарушений нормальной работы контактов, чем при малых давлениях. Для повышения надежности применяют параллельное и последовательное включение контактов. При последовательном включении контактов могут разорвать большой ток. Параллельное включение контактов повышает надежность замыкания цепи.[37].

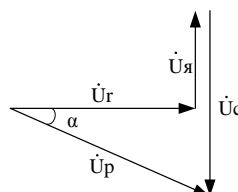
3.52. Назовите положительные свойства герконовых реле.

Герконы имеют ряд положительных свойств: благодаря малой массе подвижной системы и силы сопротивления упругих контактов пластин потребляемая ими мощность при срабатывании мала ($S_p \approx 0,15 \div 0,3 \text{ Вт}$); большое быстродействие ($t = 0,001 \text{ с}$); герметизация контактов с полной изоляцией их от вредного воздействия окружающей воздушной среды и практическое отсутствие искрообразования существенно уменьшают износ и обеспечивают малое переходное сопротивление контактов, что повышает надежность их работы; малые размеры; отсутствие оси и подпятников, что также повышает надежность действия реле. В релейной защите применяются герконовые реле типов РПГ-2, РПГ-5 и другие.[9].

3.53. Какие углы характеризуют индукционное реле мощности типа РБМ-178(РБМ-177)?

Угол α определяется индуктивным и активным сопротивлением обмотки, которая питается напряжением, и называется углом внутреннего сдвига реле. Угол отрицателен и равен 20° . Для получения положительного угла максимальной чувствительности $\Phi_{\text{м.ч.}} = 70^\circ$ полярность включения обмотки ярма реле РБМ-178 (РБМ-177) по сравнению с реле РБМ-171 взята обратной.

Для практического определения угла сдвига α необходимо измерить величину напряжения на входе обмотки напряжения, затем на всех элементах схемы внутреннего соединения реле. Последовательно с обмоткой ярма помимо добавочного регулируемого резистора $R_{\text{доб}}$ включен конденсатор C . От постороннего источника подать напряжение на обмотку реле кл. 7-8 (обычно 100В). Произвести замер напряжения на реле (U_p) на резисторе (U_r), на конденсаторе (U_c), на обмотке ярма ($U_{\text{я}}$). В определенном масштабе по горизонтали отлаживается вектор напряжения на резисторе U_r , затем под углом 90° (пренебрегая активным сопротивлением в обмотке ярма) вертикально вверх отлаживается вектор напряжения на ярме $U_{\text{я}}$. Далее с конца вектора $U_{\text{я}}$ вертикально вниз отлаживается вектор напряжения на конденсаторе U_c , соединив начало вектора U_r с концом вектора U_c , получим вектор U_p равный поданному напряжению. Транспортиром измерить угол α :



Угол между приложенным напряжением к обмотке напряжения и током в токовой обмотке называется углом сдвига Φ_p , который зависит от параметров сети и фаз подведенных к реле (при КЗ на ЛЭП этот угол определяется соотношением между активным и индуктивным сопротивлениями данной линии).

Из анализа принципа работы индукционного реле мощности можно сделать следующие выводы: электромагнитный момент реле пропорционален мощности на его зажимах; знак электромагнитного момента реле определяется знаком $\sin(\alpha - \Phi_p)$ и зависит от значения Φ_p и

угла внутреннего сдвига α . [9].

3.54. Назовите назначение и отличия реле мощности РБМ-177 и РБМ-178.

Реле направления мощности РБМ-177 и РБМ-178 применяются в схемах направленных защит от замыканий на землю в сети с большими токами КЗ на землю. Реле РБМ-178 отличается от реле РБМ-177 в три раза большей чувствительностью за счет увеличения потребляемой цепями напряжения реле мощности и не могут длительно находиться под напряжением, равным номинальному, из-за опасности повреждения изоляции от перегрева. Это следует учитывать при проверках и наладке реле данной серии. Конструктивно отличаются только числом витков (у РБМ-177 больше), резистором у РБМ-178 он регулируется в пределах 0 – 180 Ом (у РБМ-177 0 – 390 Ом), конденсатором у РБМ-178 16 мкФ (у РБМ-177 8 мкФ). [3]

3.55. Пояснить назначение короткозамкнутой обмотки в реле серии РНТ-560?

Короткозамкнутая обмотка W_k , состоящая из двух секций ($W'_k + W''_k$) в цепь которой включен регулируемый резистор $R_{k.з.}$ (0-10 Ом), предназначена для регулирования степени трансформации во вторичную обмотку периодической составляющей тока. Число витков на крайнем стержне W''_k в 2 раза больше числа витков на среднем стержне W'_k . Она повышает отстройку реле от токов небаланса и бросков намагничивающих токов силового трансформатора. Изменением сопротивления $R_{k.з.}$ регулируется отстройка реле РНТ от несимметричных токов переходных процессов. Наибольший эффект имеет место при $R_{k.з.} = 0$. [9,3].

3.56. В чем заключается отличие реле серии РНТ-560 друг от друга?

Исполнительный орган, резисторы $R_{ш}$ и $R_{k.з.}$, вторичная и короткозамкнутая обмотки, магнитопроводы НТТ у всех рел серии РНТ – 560 одинаковы. Реле отличаются друг от друга только количеством рабочих и уравнительных обмоток и их обмоточными данными. Реле РНТ-565 имеет одну рабочую и две уравнительные обмотки, реле РНТ-566 – три независимые рабочие обмотки, реле РНТ-566/2, РНТ-567 и РНТ-567/2 по две независимые рабочие обмотки. Рабочие и уравнительные обмотки реле имеют большое количество отводов, которые выведены на переключающие колодки. У реле РНТ-565 уравнительные обмотки, если не требуется выравнивание м.д.с. плеч защиты, могут использоваться в качестве рабочих. [3].

3.57. Для чего в преобразователях тока и напряжения в измерительных органах полупроводниковых реле защиты применяются экраны?

В конструкции промежуточного трансформатора тока, промежуточного трансформатора, промежуточного трансформатора напряжения предусматривается экран. Экран выполняется в виде дополнительной однослойной обмотки, расположенной между первичной и вторичной обмотками преобразователей. Экран защищает питающиеся от вторичной обмотки элементы от высокочастотных помех, появляющихся по разным причинам в цепях первичной и вторичной обмотках преобразователя. Высокочастотные токи (помехи), проходя через емкость C между витками первичной и вторичной обмоток и экраном, замыкаются через последний на нулевую шинку, для этого один конец экрана \mathcal{E} должен быть обязательно связан с нулевой шинкой („землей”). При таком включении емкость C со стороны экрана будет иметь нулевой потенциал, что надежно препятствует прохождению через нее токов помех, появившихся на первичной обмотке преобразователя. [9].

3.58. В чем заключается отличие в устройстве предохранителей ПР-2 и ПН-2?

Внутри фибровой трубки предохранителя ПР-2 (патрона) помещена плавкая вставка, которая изготовлена из тонкого листового цинка. Узкие перешейки (от двух до четырех) предотвращают излишний нагрев вставки при нагрузках, близких к номинальной. Заметим, что

для напряжения 380В годятся предохранители как напряжением 500В, так и напряжением 250В.

Плавкая вставка предохранителя ПН-2 изготовлена из нескольких полосок медной фольги и помещена в патрон, заполненный кварцевым песком, который способствует ускоренному гашению электрической дуги, возникающей при перегорании плавкой вставки.[45].

3.59. Укажите особенности промежуточного реле серии РЭП37.

Реле работает на электромагнитном принципе. Конструктивно реле состоит из электромагнитного реле и полупроводниковой приставки времени. В исполнениях реле, замедленных при включении, используется нейтральное электромагнитное реле, а замедленных при отключении-поляризованное.

Полупроводниковая приставка времени конструктивно выполнена в виде блока, внутри которого расположена печатная плата с радиоэлементами схемы. На лицевой панели приставки времени имеется доступ к регулятору выдержки времени (ось регулировочного резистора). Вращением оси регулировочного резистора против часовой стрелки значение выдержки времени уменьшается, а по часовой – увеличивается. Данная серия РЭП37 заменяет следующие реле: РП18; РП251; РП252; РП256; РЭП96;

3.60. Опишите назначение и особенности устройства пакетного выключателя.

Пакетный выключатель представляет собой малогабаритный коммутационный аппарат поворотного типа, у которого подвижные и неподвижные части находятся внутри высоких пластмассовых шайб, набранных в пакет. Располагая эти шайбы в пакете различным образом, можно составлять несколько цепей в самых разнообразных комбинациях. Для гашения электрической дуги в пакетном выключателе предусмотрены фибровые дугогасительные шайбы. В пакетных выключателях имеется механизм мгновенного переключения: скорость процесса включения не зависит от скорости вращения рукоятки пакетного выключателя. В этом их основные преимущества перед рубильником.[45].

3.61. Дайте определение температурной компенсации теплового реле и для чего она служит?

Работа теплового реле основана на изгибании биметаллической пластинки под действием тепла, выделяемого в нагревательном элементе. Но эта же пластинка будет изгибаться и под действием тепла окружающего воздуха. Таким образом, например, в жаркие дни реле будет срабатывать быстрее, чем в холодное. Для устранения этого явления в некоторых реле применено свойство температурной компенсации, сущность которого заключается в том, что изгибанию биметаллической пластинки от изменения температуры окружающего воздуха соответствует противоположное по направлению изгибание пластинки компенсатора. Пластинка компенсатора представляет собой тоже биметаллическую пластинку, но обратным по отношению к основной биметаллической пластинке прогибом.[45].

3.62. Обеспечивает ли магнитный пускатель защиту от коротких замыканий?

Нет. Для защиты от КЗ последовательно с магнитным пускателем устанавливают автоматический выключатель или предохранители. Тепловые реле в магнитных пускателях устанавливают для защиты электродвигателя от перегрузок.[45].

3.63. Почему микросхемы, используемые в релейной защите, называются интегральными?

Функциональные элементы, применяемые в преобразующей, сравнивающей и исполнительной части исполнительного органа, выполняются на аналоговых интегральных микросхемах (ИМС), которые представляют собой микроэлектронные изделия, выполняющие определенные функции преобразования и обработки сигналов и имеющие высокую плотность «упаковки» электрически соединенных элементов в кристалле. В зависимости от функционального назначения ИМС делятся на две основные категории – аналоговые и цифровые. Аналоговые микросхемы предназначены для преобразования и обработки непрерывных сигналов. В качестве такой микросхемы служат интегральные операционные усилители (ИОУ), являющиеся основным видом аналоговых микросхем, применяемых для

преобразования непрерывных сигналов. Операционный усилитель представляет собой транзисторный усилитель с большим коэффициентом усиления, большим входным и малым выходным сопротивлением, малыми входными токами, с частотным диапазоном от 0 до $10^5 - 10^6$ Гц, малыми шумами и дрейфом.[67].

3.64. Что представляют собой цифровые ИМС?

Выходной сигнал логического элемента, как и у всякого реле или элемента релейного действия, носит дискретный прерывистый характер; он имеет два значения, переход из одного состояния в другое происходит практически мгновенно. Входные сигналы логического элемента так же имеют два значения и всегда дискретны. Учитывая эту особенность логического элемента, условились обозначать уровни их значений цифровыми (логическими) символами: 0 и 1.

В безконтактных логических элементах логическим нулем 0 обозначаются входные и выходные напряжения низкого уровня, равные или близкие к нулю, а логической единицей 1 – сигналы высокого уровня, близкие к напряжению источника, питающего элемент логической части. У контактных логических элементов 0 соответствует разомкнутому состоянию контактов, 1 – замкнутому.[67].

3.65. В чем заключается отличие перестановки неподвижных контактов реле РП-23 и РП-25?

Перестановкой (поворотом на 180°) угольников неподвижных контактов реле РП-23 можно получить еще несколько комбинаций замыкающих и размыкающих контактов: два размыкающих и три замыкающих; три размыкающих и два замыкающих; четыре размыкающих и один замыкающий.

Электромагнит переменного тока в реле РП-25 сообщает подвижной контактной системе значительно большее ускорение, чем электромагнит постоянного тока реле РП-23. При переделе замыкающих контактов на размыкающие и отсутствии ограничения прогиба контактной пружины снизу пружины подвижных контактов при срабатывании реле из-за большого прогиба при ударе о нижний упор работают в очень тяжелых условиях. Поэтому не рекомендуется применение реле РП-25 с числом размыкающих контактов, большим двух. Переделка в этом случае производится поворотом на 180° контактных угольников на зажимах 5 и 6 и удалением второго сверху контактного мостика.[3]

3.66. Назовите отличия промежуточных реле РП-252 и РП-251.

Промежуточное реле РП-251 предназначено для применения в цепях постоянного тока схем защиты и автоматики в тех случаях, когда требуется замедление при срабатывании, а РП-252 когда требуется замедление реле при возврате.

В отличие от реле РП-251 в реле РП-252 демпфирующие шайбы помещены на сердечнике рядом с рабочим зазором; магнитный поток, наводимый токами самоиндукции в шайбах в момент отключения обмотки реле, при притянута якоря почти целиком проходит через рабочий зазор.[3].

3.67 Назовите отличия промежуточных реле РП-341 и РП-342, РП-361 и РП-362, РП-321.

Промежуточные реле РП-341, РП-361 используются в схемах защиты на переменном оперативном токе и предназначены для шунтирования и дешунтирования отключающей катушки выключателя, включенной вместе с реле непосредственно в цепь вторичной обмотки трансформатора тока, а РП-342, РП-362 аналогично только управление производится от цепи напряжения постоянного тока, поэтому в нем нет насыщающегося трансформатора, конденсатора и выпрямительного моста т.е. применяются в цепях постоянного тока. Для снижения мощности, потребляемой электромагнитом, реле РП-341 (РП-321, РП-361), обмотка питается током через выпрямительный мост.

Реле РП-321 применяется в цепях переменного тока, с применением предварительно заряженных конденсаторов и включается во вторичную цепь измерительных трансформаторов тока.

Реле РП-361 , РП-362 имеют один переключающий контакт повышенной мощности без размыкания цепи и два замыкающих контакта пониженной мощности.[3]

3.68. Влияет ли полярность на величину уставки срабатывания реле напряжения типа РН-51/М?

Максимальное реле напряжения РН-51/М предназначено для применения в схемах защиты и автоматики, в качестве органа, реагирующего на появление или повышение напряжения в цепях постоянного тока. Например, в схемах контроля изоляции цепей постоянного тока реле РН-51/М имеет на шкале только одну уставку срабатывания. При необходимости поворотом стрелки вправо или влево от нанесенной на шкале маркировки можно увеличить или уменьшить уставку на напряжении срабатывания.

Напряжение срабатывания реле РН-51/М несколько зависит от полярности включения его обмоток. Рекомендуется соблюдать полярность, маркированную у клемм реле.[3].

3.69. Чем достигается уставка малых напряжений у реле типа РНН-57?

Чтобы на обмотку исполнительного органа поступало напряжение только частотой 50 Гц, на входе реле установлен фильтр из параллельно включенных между собой емкости С и дросселя L. Благодаря наличию такого фильтра происходит автоматическое загроубление реле при наличии в кривой напряжения третьей гармоники, имеющей частоту 150 Гц.[39].

3.70. Какое влияние оказывает температура на параметры промежуточных реле РП25, РП23?

При изменении температуры от -20 до $+40^{\circ}\text{C}$ напряжение срабатывания может находиться в пределах от -20% до 30% (реле РП23), $\pm 15\%$ (реле РП25) напряжение возврата – в пределах $\pm 35\%$ (реле РП23), $\pm 60\%$ (реле РП25), а время срабатывания в пределах $\pm 20\%$ (реле РП23), $\pm 70\%$ (реле РП25) значения, измеренного при температуре $+20^{\circ}\text{C}$. [3].

3.71. Возможно ли применение указательных реле постоянного тока типа РУ21 на переменном токе?

Как последовательные реле переменного тока используются последовательные реле постоянного тока. При выборе соответствующего реле для работы в цепи переменного тока необходимо исходить из того, что потребное число ампервитков для срабатывания должно быть не менее 200. Полное сопротивление обмотки реле Z при частоте 50 Гц подсчитывается из следующего выражения:

$$Z = 3,5 \cdot 10^{-5} N^2, \text{ Ом}$$

Где N – число витков обмотки реле.

Как параллельные реле переменного тока используются реле постоянного тока в соответствии с таблицей 2.1.

Таблица 2.1.

Un, В	ТИП	Uср., В	Длительно допустимое напряжение переменного тока, В
100	РУ-21/0,015	80	150
127	РУ-21/0,015	80	150
220	РУ-21/0,01	150	250
380	РУ-21/110	280	400

3.72. Для чего определяется коэффициент надежности у дифференциальных реле РНТ, ДЗТ?

У реле РНТ и ДЗТ вследствие насыщения стали отсутствует пропорциональность между током первичной цепи НТТ и током в исполнительном органе. Поэтому надежность действия реле оценивается коэффициентом надежности, представляющим собой отношение синусоидального тока в обмотке исполнительного органа при заданной кратности тока в первичных обмотках к синусоидальному току срабатывания исполнительного органа.

По данным завода-изготовителя коэффициент надежности должен быть не менее 1,2 при двукратном и не менее 1,35 при пятикратном токе срабатывания.

Для реле ДЗТ коэффициент надежности определяется при коэффициенте торможения $K_t = 0,35$. [60].

3.73. Как правильно измерить параметры срабатывания исполнительного органа реле РНТ, ДЗТ?

Измерение тока и напряжения срабатывания исполнительного органа следует производить приборами класса точности 0,5-1,0 в начальный момент втягивания якоря (на грани срабатывания). При измерении тока вольтметр должен быть отключен. Ход подвижной системы исполнительного органа при трогании должен быть четким. Появляющийся характерный звук в момент срабатывания или скачек стрелки прибора в момент срабатывания говорит о срабатывании исполнительного органа. [60].

3.74. Какими особенностями обладают двухпозиционные реле?

Двухпозиционные реле РП8, РП9, РП11, РП12, предназначены для использования в качестве вспомогательных реле в различных комплектных устройствах, от которых требуется повышенная устойчивость к механическим воздействиям. Особенность реле состоит в том, что они не меняют положения контактов при посадках или исчезновениях напряжения оперативного тока.

РП8 и РП11 используются в сети постоянного тока а реле РП9, РП12 в сети переменного тока.

Обмотки реле не рассчитаны на длительного нахождения под напряжением и включаются только на время, достаточное для срабатывания реле.

Реле выполнены на поляризованном принципе. Поляризующий магнитный поток реле создается постоянными магнитами, управляющий поток обмотки, включенными последовательно с блокирующими контактами.

Реле имеют по одной катушке (в реле РП8, РП11 катушки двухобмоточные, в РП9 и РП12 - однообмоточные), которые создают управляющий магнитный поток. В реле РП8, РП11 при включении первой обмотки якорь срабатывает в одном направлении, а при включении второй обмотки – в обратном направлении. В реле РП9, РП12 срабатывание вниз или иную сторону происходит за определенный для каждого направления полупериод напряжения.

Взамен РП11 и РП12 ОАО «ВНИИР» выпускает двухпозиционные реле типа РЭП38Д, выполненные как двухобмоточные и имеют по три замыкающих и три размыкающих контакта. [60].

3.75. Назовите конструктивные отличия реле времени РВ 01 и РВ 03.

Реле времени РВ 01 предназначены для работы в схемах РЗА для селекции управляющих сигналов по длительности либо для передачи их в исполнительные цепи с заданной выдержкой времени. Реле используются в схемах РЗА переменного и постоянного оперативного тока. Реле времени РВ 03 предназначено для получения выдержек времени на возврат при отключении напряжения для устройств РЗА на переменном оперативном токе. [60].

3.76. Назовите отличия фильтр-реле РНФ-1М и РНФ-2.

Фильтр- реле РНФ-2 предназначено для применения в схемах РЗА и реагирует на снижение напряжения прямой последовательности ниже уставки. Поэтому коэффициент возврата не более 1,25.

Фильтр-реле РНФ-1М используется в схемах РЗА от несимметричных КЗ и реагирует на увеличение напряжения обратной последовательности, поэтому коэффициент возврата не менее 0,75.

Напряжение срабатывания определяется при плавном повышении напряжения на РНФ-1М и плавном снижении напряжении на реле РНФ-2. Напряжение небаланса на выходе реле РНФ-1М должно быть не более 1 В, на выходе реле РНФ-2 напряжение в 1,5 раза должно превышать входное линейное напряжение.

Аварийный режим иммитируется с помощью напряжения обратной последовательности, получаемого при перекрещивании двух фаз на входных зажимах реле. Следует измерить напряжение на выходе фильтра, которое должно составлять:

- для реле РНФ-1М напряжение должно в 1,5 раза превышать входное линейное напряжение;
- для реле РНФ-2 напряжение небаланса должно быть не более 5 В.

В реле РНФ применяется выпрямитель, для уменьшения вибрации подвижной системы исполнительного органа.[60].

3.77. Указать назначение вспомогательного устройства ВУ-3.

Вспомогательное устройство типа ВУ-3 предназначено для питания реле частоты типов РЧ-1, РЧ-2 от цепей напряжения переменного тока и обеспечивает нормальную работу реле при глубоких посадках напряжения. Полное сопротивление дросселя и емкостное сопротивление конденсатора представляют собой балластное сопротивление, которое меняется в зависимости от режима работы. Напряжение выпрямленного тока при номинальном напряжении оперативного тока равно 100 ± 4 В. Диапазон напряжений, в котором обеспечивается нормальная работа реле, составляет $0,4 - 1,3 U_{ном}$. [3].

3.78. Чем объясняется появление небаланса в реле симметричных составляющих?

Появление напряжения небаланса объясняется несоответствием параметров элементов фильтра их расчетным значениям или наличием высших гармонических составляющих в подаваемых на фильтр токах или напряжениях. Напряжение возврата реле, подключенного к фильтру, должно быть больше напряжения небаланса, в противном случае реле может не вернуться в исходное положение, при исчезновении несимметрии в сети после срабатывания реле. Некоторую отстройку от напряжения небаланса дает применение схем выпрямления на выходе фильтра. При малых уровнях небаланса диоды выпрямителя заперты, при больших открыты и уменьшают напряжение небаланса на величину прямого падения напряжения на них.[3].

3.79. Какие приборы звуковой сигнализации применяются в схемах сигнализации?

Для предупредительной сигнализации используются электрический звонок, с использованием прерывателя. (ЗЗП-1,) Для аварийной сигнализации используется сирена (ревун СС-1).[58]

3.80. Как маркируются выводы переключателей серии ПМО и способ подключения к ним?

Нумерация неподвижных контактов начинается, если смотреть со стороны рукоятки, с верхнего контакта первого от рукоятки пакета и продолжается по спирали против часовой стрелки.

Выводы неподвижных контактов имеют резьбу под винт М4 и допускают присоединение к ним одного медного провода сечением $1,5 \text{ мм}^2$. При необходимости подключения к контакту большего количества проводов последние должны иметь оконцеватели. [58]

3.81. Объясните устройство и принцип работы сельсина?

Сигнализация положения переключателя РПН на ступенях регулирования у приводов типа ПДП производится с помощью сельсинов – системы маломощных электрических машин, посредством которых осуществляется плавная передача на расстояние угла поворота. Одна из таких машин – сельсин-датчик находится в приводе регулятора и механически связана с валом переключателя таким образом, что при каждом полном обороте последнего ось датчика поворачивается на небольшой угол. Другая – сельсин-приемник находится на щите управления и служит указателем (УП-30).

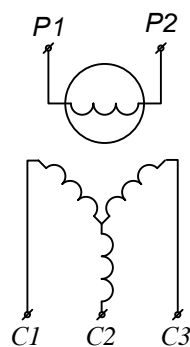


Рис.3.1. Схема сельсин-датчика-приемника.

Сельсин представляет собой электрическую машину переменного тока, на роторе которой расположена однофазная первичная обмотка, а на статоре – трехфазная вторичная. Для уменьшения потерь на вихревые токи ротор и статор собраны из отдельных пластин. Ротор укреплен на валу, который приводится в движение от первичного механизма. На этом же валу насажены контактные кольца. Через них к ротору подводится переменное напряжение. Внутри пазов статора уложены три обмотки, соединенные звездой. Они расположены так же, как обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя, т.е. их магнитные потоки сдвинуты в пространстве на 120° . Схема сельсин-датчика-приемника приведена на рис.3.1.

Сельсин-приемник отличается от сельсин-датчика только наличием у него демпферного устройства, служащее для успокоения колебаний ротора.

Когда роторы обоих сельсинов находятся в одинаковых положениях, в линии связи токи отсутствуют. При повороте ротора сельсин-датчика на угол α в обмотках возбуждения (ротора) и синхронизации (статора) обоих сельсинов потечет уравнительный ток, который повернет ротор сельсин-приемника на угол α' , примерно равный α .

Для сигнализации положения переключателей используются бесконтактные сельсины типа 404 (БД-404, БС-404). Особенностью бесконтактных сельсинов является то, что обе их обмотки как возбуждения, так и синхронизации размещаются на статоре и являются неподвижными. Обмотка возбуждения рассчитана на питание от сети переменного тока напряжением 110 В, в таком случае обмотки возбуждения обоих сельсинов соединяются параллельно, если питание 220В, то обмотки возбуждения сельсинов соединяют последовательно. Схема включения сельсинов приведена на рис.3.2

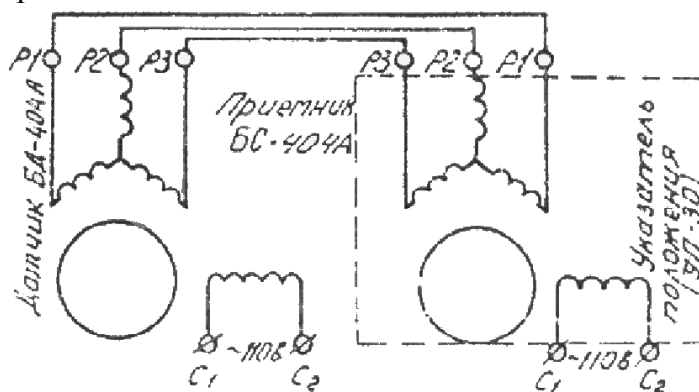


Рис.3.2. Схема включения сельсинов.[58]

3.82 Пояснить схему сигнализации положения переключателя РПН с применением логометра.

Датчик представляет собой потенциометр, движок которого связан с приводом переключателя. Потенциометр состоит из отдельных последовательно соединенных элементов, общее сопротивление которых R_p составляет 200 Ом.

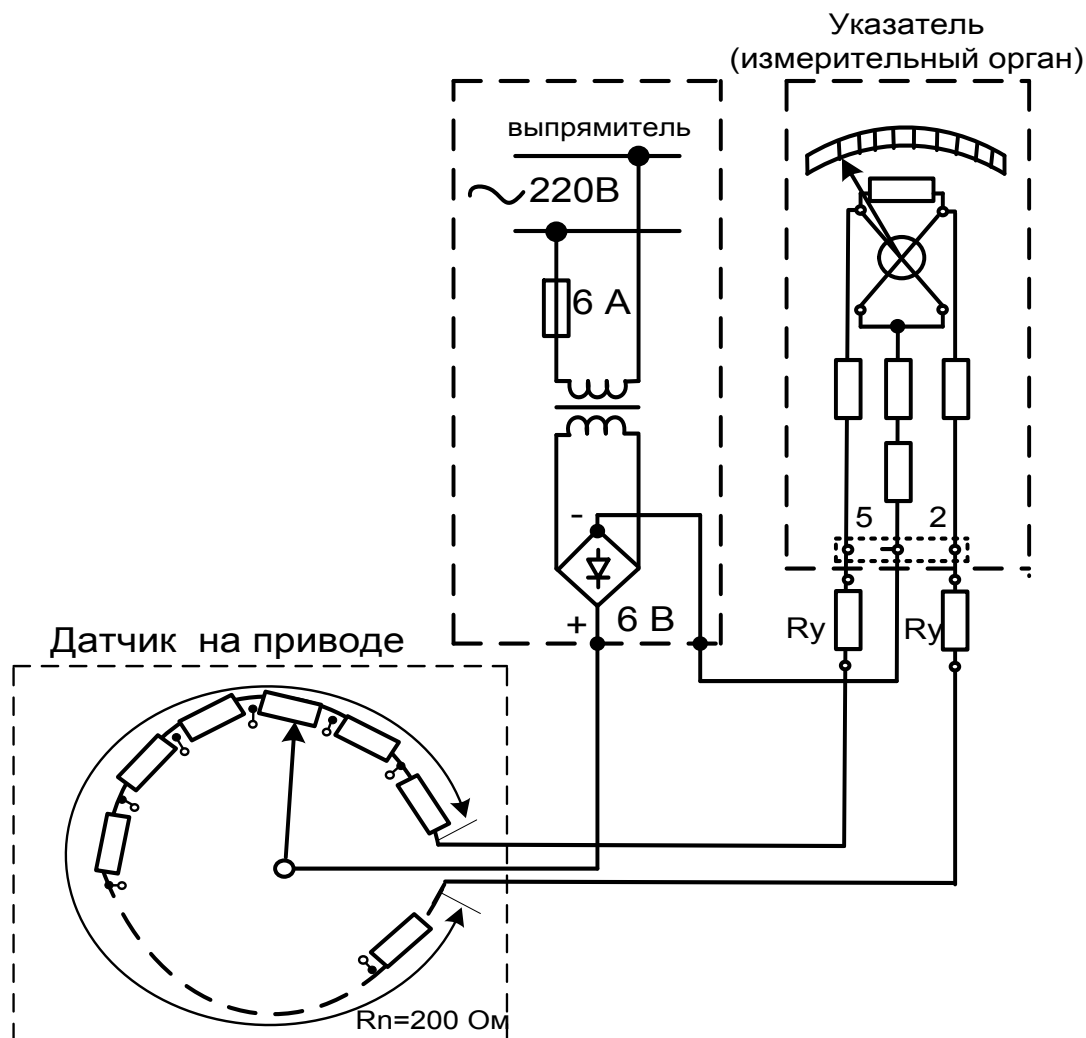


Рис.3.3. Схема сигнализации положения переключателя ответвлений трансформатора с применением логометра.

Между каждым двумя элементами имеются зажимы, по которым скользит движок. При переключении регулятора напряжения на одну ступень движок потенциометра передвигается на следующий зажим. Измерительный орган представляет собой стрелочный логометр. Датчик и измерительный орган соединяется двумя проводами. На панели управления в каждый из этих проводов включается специальное уравнивающее сопротивление R_y для того, чтобы общее сопротивление каждого провода совпадало с сопротивлением, при котором производится первоначальная градуировка измерительного органа на заводе – изготовителе. Устройство получает питание от специального выпрямителя. При этом «плюс» выпрямителя соединяется с движком потенциометра, а «минус» - с одноименным зажимом логометра. Сопротивление каждого провода соединяющего потенциометр датчика с зажимами 2 и 5 логометра, берется 10 Ом.[58].

3.83. Как подразделяются резисторы по назначению?

В зависимости от назначения резисторы делятся на:

- общего назначения, которые используются в качестве различных нагрузок, поглотителей и делителей в цепях питания, элементов фильтров, шунтов, в цепях формирования импульсов. Диапазон 1 Ом – 10 Мом и мощностью рассеяния 0,062 – 100 Вт;
- прецизионные и сверхпрецизионные отличаются высокой стабильностью параметров при эксплуатации и большой точностью изготовления (допуск от $\pm 0,0005$ до 0,5%) Применяются они в основном в измерительных приборах, вычислительной техники и системах автоматики. Мощность рассеяния не превышает 2 Вт.
- Высокочастотные (резисторы с «подавленной» реактивностью) отличаются малыми собственной индуктивностью и емкостью.
- Высокомегаомные имеют диапазон от десятков мегаом до единиц тераом и рассчитываются на наибольшие рабочие напряжения (100 – 400 В). Поэтому они

работают в ненагруженном режиме и мощности рассеяния их малы (менее 0,5 Вт).

3.84. Что называется номинальной мощностью резистора?

Под номинальной мощностью резистора понимается наибольшая мощность, которую резистор может рассеивать в заданных условиях в течение гарантированного срока службы при сохранении параметров в установленных пределах. Мощность P , которую рассеивает резистор в конкретной электрической цепи, определяют через него ток J и падение напряжения $P = J^2 R$ или $P = U^2/R_n$.

3.85. С какими электрическими параметрами выпускаются автоматические выключатели типа АП-50?

В зависимости от назначения автоматического выключателя в нем устанавливают разные расцепители. Номинальные токи максимальных расцепителей: 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50 и 63 А.

Электромагнитный максимальный расцепитель (М) предназначен для защиты от токов КЗ, он состоит из электромагнита, притягивающего якорь при токах, превышающих уставку на ток срабатывания, вследствие чего происходит мгновенное отключение автоматического выключателя.

Электромагнитные расцепители имеют следующие номинальные уставки тока мгновенного срабатывания (отсечки): $3,5J_n$ и $10J_n$. Токи тепловых расцепителей (Т) можно регулировать в условиях эксплуатации поворотом рычага от номинального значения 0,6 номинального с допустимым отклонением по току $\pm 25\%$ для любого положения. Автоматический выключатель допускает повторное включение через 2 минуты после отключения его тепловым расцепителем. Рабочее положение выключателей в пространстве – вертикальное, обозначено знаком «I» (вкл) вверх. Допускается отклонение от рабочего положения не более 5° в любую сторону. Выключатели рассчитаны для работы без смены каких-либо частей.

Независимый расцепитель надежно срабатывает при напряжении от 70 до 120% номинального значения и допускает работу с частотой не менее 10 включений подряд с паузами между двумя последовательными подачами напряжения на катушку 15 с. Расцепитель цепи управления обеспечивает отключение выключателя при токе в цепи управления 6 А и более без выдержки времени, а в продолжительном режиме выдерживает нагрузку током 0,5 А. Время отключения выключателей под воздействием независимого расцепителя не более 0,05 с.

Выключатели по заказу комплектуются дополнительными расцепителями: минимальный расцепитель напряжения (Н), независимый расцепитель (Д), максимальный расцепитель тока в нулевом проводе (О). [59]

3.86. Назвать область применения реле направления мощности.

Реле направления мощности применяются в схемах защиты от междуфазных КЗ всех видов, реагирующей на направление мощности прямой или обратной последовательности, в том числе в направленной поперечной дифференциальной защиты. Они применяются так же в защитах от замыкании на землю, срабатывая от токов и напряжений нулевой последовательности, в том числе в резервных защитах трансформаторов и автотрансформаторов. В системах автоматики реле направления мощности определяют величину и направление потока активной или реактивной мощности в аварийных режимах. Для контроля направления мощности прямой последовательности используются реле РБМ -171, РБМ -271, РМ-11; нулевой последовательности РБМ-178, РБМ-177, РБМ-278, РМ-12; обратной последовательности РМОП-1, РМОП-2.[60].

3.87. Для чего в цепь обмотки реле РП 17 включается добавочный резистор?

Последовательно с включающей обмоткой реле РП 17 включен добавочный резистор, этим сокращается постоянная времени цепи обмотки и повышается быстродействие реле. Для реле напряжением 220 В добавочный резистор равен 6000 Ом для всех исполнений реле.[60].

3.88. Почему ограничивается угол поворота якоря реле тока типа РТ-40 и напряжения серии РН-50?

Конструкция электромагнитного реле РТ-40 и РН-50 с поперечным движением Г-образного якоря характеризуется малым изменением воздушного зазора между полюсами сердечника и полкой якоря при перемещении якоря из начального положения в конечное, что позволяет при регулировке реле согласовать оптимальные соотношения между электромагнитным моментом и моментом противодействующей пружины, при которых обеспечены четкое срабатывание и возврат реле, высокий коэффициент возврата. Пределы углов поворота якоря, при которых выполняются указанные условия, 62-75° устанавливают упорами и неподвижными контактами. При угле меньше 62° недопустимо возрастает воздушный зазор. Вращение якоря далее 75° нежелательно, так как электромагнитный момент снижается и замыкание замыкающих контактов становится ненадежным.[3]

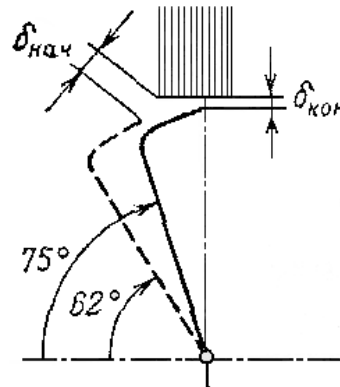


Рис. 3.3. Схема движения якоря реле.

3.89. Каковы требования к противодействующей пружине электромагнитных реле (РТ-40, РН-50, РБМ-170)?

Противодействующая пружина должна иметь правильную спиральную форму, ее витки не должны касаться друг друга при повороте подвижной системы. В пределах, ограниченных упорами, между витками должен сохраняться равномерный зазор. Плоскость спирали должна быть перпендикулярна оси подвижной системы. Не должна иметь следов окисления.[3].

3.90. Укажите особенности реле РП18-4 от реле данной серии?

Следует отметить, что в реле РП18-4 включающая обмотка К1.2 является токовой а отключающая обмотка К1.1 включена аналогично остальным исполнением реле РП18 с замедлением при отключении. При подаче тока во включающую обмотку реле срабатывает, время срабатывания при этом не превышает 0,05 с. После отключения тока реле остается во включенном положении.

Напряжение на реле может быть подано в любой момент времени: до, во время или после импульса тока. Подача напряжения не приводит к изменению положения якоря реле. Импульс тока заряда конденсатора С4 для действия реле недостаточен. Реле возвращается в исходное положение с заданным замедлением после отключения напряжения при обесточенной токовой обмотке.[60].

3.91. Назначение и как производится регулировка выдержки времени у реле РВ01, РВ03, РСВ13?

3.91.1. Реле времени РВ 01.

Реле времени предназначены для работы в схемах релейной защиты и автоматики для передачи управляющих сигналов в исполнительные цепи с заданной выдержкой времени. Диапазон регулирования уставок: 0,1-5,0 с и 0,1-50,0 с. Регулирование уставок ступенчатое. Регулировка выдержки времени осуществляется с помощью переключателей уставок SB1-SB9. Уставка выдержки времени определяется суммированием цифр, соответствующих замкнутым положением переключателей и начальной уставки в секундах по формуле

$$T_{уст} = 0,1 + N$$

где $0,1$ – величина начальной уставки,
 N – сумма чисел на шкале уставок, около которых шлицы переключателей SB1–SB9
 установлены горизонтально.

3.91.2. Реле времени РВ 03.

Реле времени предназначено для получения выдержки на возврат после отключения напряжения для устройств РЗА на переменном оперативном токе. Реле имеет на выходе один переключающий контакт без нормируемой выдержки времени и по одному размыкающему контакту на выходах каждой из двух цепей с независимо регулируемой выдержкой времени на замыкание после отключения напряжения. Реле выполняются на следующие диапазоны выдержек времени: 0,15-3,0 с, 0,5-10 с и 1,0-20,0 с.

Регулирование выдержки времени выполняется с помощью кнопочных переключателей SB1-SB6. Время выдержки в секундах определяется по формуле:

$$T_{уст.} = T_{мин.} + N,$$

где N – сумма чисел на шкале уставок, около которых шлицы переключателей SB1-SB6 установлены в горизонтальное положение,
 $T_{мин.}$ – минимальная уставка 0,15 с для диапазона 0,15 – 3,0 с, 0,5 для диапазона 1,0-20 с.

3 Реле времени РСВ 13.

Реле предназначено для применения в схемах РЗА на переменном оперативном токе взамен реле РВМ-12(13). Время замкнутого состояния «проскальзывающего» контакта 0,4 с.

Регулировка выдержек времени ступенчатая с интервалом 0,1 с. Диапазон регулирования уставок – 0,1-9,9 с. Последовательность срабатывания контактов следующая: первый – временно замыкающий «проскальзывающий» контакт уставки Т1, второй – временно замыкающий «проскальзывающий» контакт уставки Т2, третий – конечный замыкающий контакт уставки Т3. Для правильной работы реле выбор уставок (выдержки времени) должен удовлетворять следующему условию:

$$T1 < T2 = T1 + 0,4с < T3 = T2 + 0,4с.$$

При любой уставке Т2, меньшей или равной Т1+0,4с, выходной орган цепи Т2 сработает только через время, равное Т1+0,4с, не раньше. Точно так же работает и цепь Т3, только по отношению к цепи Т2.[60].

3.92. Какие меры применяются для предотвращения ложных срабатываний реле РП16, РП18 при замыканиях на землю в цепи постоянного тока?

Необходимо принять меры для предотвращения ложных срабатываний высокоомных промежуточных реле (РП16, РП18 и др.) при замыканиях на землю в цепях оперативного постоянного тока. Ложные срабатывания могут происходить при замыкании на землю между обмоткой реле и управляющим этим реле контактом при этом через обмотку реле протекает ток разряда емкости сети. Ложные срабатывания могут происходить и при замыкании в любой точке положительного или отрицательного полюсов сети при достаточно протяженной кабельной связью между управляющим контактом и обмоткой реле, по которой протекает ток разряда емкости жилы кабеля по отношению к земле. После срабатывания высокоомное реле могут самоудерживается через сопротивление контроля изоляции.

Для предотвращения ложных срабатываний необходимо отрегулировать напряжение срабатывания в пределах 0,6-0,65 номинального. Обмотки реле, срабатывание которых приводит к действию коммутационных аппаратов или устройств противоаварийной автоматики, должны быть зашунтированы резисторами: для номинального напряжения 220 В – 5,1 кОм, 10 Вт, для номинального напряжения 110 В – 1,2 кОм, 15 Вт. Резисторы должны устанавливаться вне корпуса реле.

При параллельном соединении двух и более реле РП16, РП17, а также реле этих серий с другими реле, параметры шунтирующего резистора выбираются исходя из необходимости обеспечения результирующего сопротивления не более 4 кОм при напряжении 220 В и не более 1 кОм при напряжении 110 В.[60].

3.93. Возможны ли сбои работы статических реле тока (РСТ) и напряжения (РСН) при потере оперативного тока?

Реле не срабатывают в момент снятия или подаче и кратковременном, до 50 мс, исчезновении напряжения оперативного тока. При этом значение контролируемой величины для реле максимального тока или напряжения может достигать 0,85 значения уставки, а для реле минимального напряжения должно быть не ниже 1,15 напряжения уставки. Отсутствие оперативного напряжения приводит к отказу реле максимального тока и напряжения. Снятие оперативного напряжения приводит к излишнему срабатыванию реле минимального напряжения. Для предотвращения ошибочного включения реле на напряжение с обратной полярностью установлен защитный диод.[60].

3.94. Как правильно выставить уставки на статических реле тока (PCT) и напряжения (PCH)?

Регулирование уставок реле производится дискретно ступенями по 0,1 минимальной уставки диапазона. Значение тока срабатывания на соответствующей уставке определяется по формуле

$$J = J_{\text{мин}}(1+N),$$

где $J_{\text{мин}}$ – минимальная уставка по току диапазона уставок, N – сумма чисел на шкале уставок (0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6), около которых шлицы переключателей уставок SB1-SB5 установлены горизонтально. При необходимости ток срабатывания реле может быть подкорректирован с помощью переменного резистора R3, расположенного на лицевой стороне платы реле.

Положение переключателей уставок реле PCH SB1-SB4 на схемах соответствует минимальной уставке по напряжению срабатывания реле. Регулирование уставок напряжения также производится дискретно ступенчато по 0,1 от минимальной уставки диапазона. Значение напряжения срабатывания на соответствующей уставке определяется по формуле

$$U = U_{\text{мин}}(1+N),$$

где $U_{\text{мин}}$ – минимальная уставка диапазона, N – сумма чисел на шкале уставок (0,1; 0,2; 0,4; 0,8) около которых шлицы переключателей уставок SB1-SB4 установлены горизонтально.[60]

3.95. Назовите отличия реле минимального и максимального напряжения серии PCH16 и PCH17.

Реле минимального напряжения серии PCH16 и максимального напряжения PCH17 отличаются друг от друга полярностью включения операционного усилителя DA1 и диода VD2. При этом сигнал на срабатывание выходного реле формируется при снижении контролируемого напряжения уставки реле.[60].

3.96. Какие статические реле применяются в сети постоянного тока?

Реле серии PCH11 предназначены для применения в схемах контроля изоляции цепей постоянного тока напряжением 220 В. Реле серии PCH12 предназначены для контроля повышения уровня напряжения, а реле серии PCH18 – для контроля понижения уровня напряжения в цепях постоянного тока напряжением 220 В. Напряжение оперативного тока реле PCH11 переменное, 220 В. Напряжение оперативного тока в схемах реле PCH12, PCH18 не требуется.

Диапазон регулирования уставок реле PCH12, PCH18 от 180 до 245 В. Регулировка уставок дискретная с минимальной ступенью 5 В. Реле PCH11 имеет следующие значения напряжения уставок: 1,4; 3,2; 6,4; 16; 32; В.

Допустимые изменения контролируемого напряжения для реле PCH12 и PCH18 составляют 176-245 В, для реле PCH11 – до трехкратного значения от напряжения уставки. Допустимое значение оперативного напряжения для реле PCH составляет 176-242 В.

Реле PCH11 имеет один замыкающий контакт выходного промежуточного реле. Реле PCH12 и PCH18 имеют один замыкающий и один размыкающий контакты.

Изменение уставок по напряжению срабатывания выполняется с помощью штекера XB1, который устанавливается в одно из гнезд XS-XS5. Значения напряжения уставок определяется формулой

$$U = 180+N$$

где N - сумма чисел (5;10;20;40) на шкале уставок, возле которых шлицы кнопочных переключателей SB1-SB4 установлены горизонтально.[60]

3.97. Какие параметры влияют на уставку реле частоты РЧ-1?

Частота срабатывания реле частоты типа РЧ-1 с уменьшением напряжения контролируемой сети увеличивается, а у реле повышения частоты РЧ-2 частота срабатывания уменьшается. Изменение частоты срабатывания при изменении температуры окружающего воздуха при номинальных значениях напряжений контролируемой сети и оперативного тока:

- от 0 до 40° С – не более 0,2 Гц,
- от -20 до +40°С – не более 0,25 Гц,
- от -40 до +40° С – не более 0,35 Гц,
- от +20 до +40° С – не более 0,1 Гц.

Допустимые изменения напряжения контролируемой сети, вспомогательных цепей реле и погрешность реле на частоту срабатывания при одновременном изменении напряжений контролируемой сети и вспомогательных цепей реле не превышает следующих величин для реле РЧ-1:

Род тока Питания Вспомогательных цепей реле	Колебание напряжения контролируемой сети	Колебание напряжения оперативного тока	Изменение частоты срабатывания не более, Гц
постоянный	(0,4 ÷ 1,3) U _н	(0,8 ÷ 1,1) U _н	0,2
переменный	(0,2 ÷ 1,3) U _н	(0,4 ÷ 1,3) U _н	0,3
	(0,4 ÷ 1,3) U _н	(0,4 ÷ 1,3) U _н	0,2
	(0,2 ÷ 1,3) U _н		0,3

Цепи переменного тока реле и устройства должны выдерживать без повреждения в течение 10с повышенное напряжение до 1,5 U_н. Цепи постоянного тока реле и цепи переменного тока реле и устройства должны выдерживать длительно напряжение 1,1 U_н. [60].

3.98. Возможно ли срабатывание реле частоты РЧ-1 при исчезновении напряжения контролируемой сети?

Для исключения ложного срабатывания реле частоты РЧ-1 при исчезновении напряжения контролируемой сети в схему реле введен пусковой орган, приводящий в действие расширитель импульсов только при наличии напряжения контролируемой сети. Расширитель импульсов выполнен так, что при поступлении на его вход импульсов на выходе его напряжение равно нулю. Такое выполнение схемы позволяет повысить ее помехоустойчивость, исключив ложные срабатывания реле при случайных импульсах на входе. [60].

3.99. Назовите назначение современных реле времени типов РСВ 160, РСВ 260, РСВ 255 ?

Реле времени предназначены для применения в схемах РЗА для:

- РСВ 160 – получения регулируемой выдержки времени на постоянном токе при подаче напряжения. Диапазон регулирования от 0,1 с до 30 мин. Реле имеет общую цепь питания и управления. Контакты, используемые во внешней цепи (с – скользящий, п – переключающий, з – замыкающий). Замыкание проскальзывающего контакта при возврате исключено.
- РСВ 260 тоже что и реле РСВ 160 только на переменном однофазном токе,
- РСВ 255 – получения регулируемой выдержки времени на возврат. Реле действует при исчезновении напряжения. Диапазон уставок 0,1-30с. Реле имеет общую цепь питания и управления. Контакты, используемые во внешней цепи (выходные контакты): п – переключающий мгновенного действия; с – скользящий с выдержкой времени после снятия напряжения питания; р – размыкающий с выдержкой времени на замыкание после снятия напряжения питания (конечный контакт). Время замкнутого состояния скользящего контакта не менее – 0,1с.

Рабочее положение оцифрованных вилок для выставления уставок по времени - установка вилки в оба гнезда оцифрованного значения переключателя уставок. Неиспользуемые вилки могут быть установлены в нерабочее положение: левое гнездо переключателя и соответствующее отверстие на лицевой плите. Допускается неиспользуемые вилки в нерабочее положение не устанавливать, а хранить отдельно [60].

3.100. Объяснить принцип работы прерывателя постоянного тока для образования шинки мигания.

Если образование шинки «мигания» выполненная на реле так называемая «пульс- пара» вполне доступна в объяснении и понимании, то описание полупроводниковых прерывателей встречается редко.

Прерыватели собраны на полупроводниковых элементах и не содержат подвижных частей. Все элементы схемы расположены на передней плате, смонтированной на пластмассовом основании, и защищены съемным кожухом. Прерыватель постоянного тока ППБ-2 работает следующим образом (рис.3.4.) При замыкании цепей несоответствия индивидуальные цепи ламп сигнализации положения подключаются к шинке мигания (+) EP, т. е. к выходу прерывателя $U_{вых}$. Происходит заряд конденсатора $C1$ по цепи «+» - $R1$, $R2$ - (+)EP - нагрузка (лампы сигнализации положения) - «-». При заряде конденсатора $C1$ до напряжения, равного напряжению отпирания динистора $VD1$, последний открывается, подавая тем самым управляющий сигнал на тиристор $VD2$. Тиристор $VD2$ открывается, и нагрузка включается на источник питания. Кроме того, по цепи «+» - $VD2$ - $R5, R6$ - «-» начинает заряжаться конденсатор $C2$ до напряжения отпирания динистора $VD4$ последний открывается и открывает тиристор $VD5$. При этом конденсатор $C2$ подключается к тиристору $VD2$, подавая обратное напряжение смещения, и $VD2$ запирается. Нагрузка отключается от источника питания, начинается заряд конденсатора $C1$. Цикл работы повторяется до тех пор, пока не будет произведено квитирование сигнала аварийного отключения, т. е. разомкнута цепь нагрузки между выводами + и - $U_{вых}$.

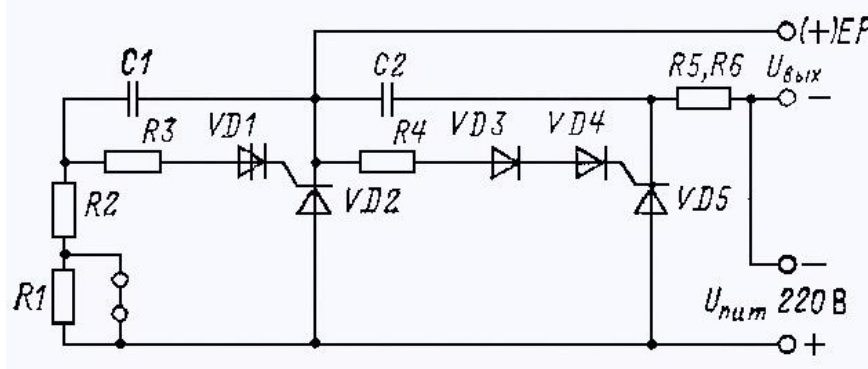


Рис. 3.4. Электрическая принципиальная схема прерывателя постоянного тока ППБ-2:
 $R1$ - шунтирующий резистор; $VD1, VD3, VD4$ - динисторы; $VD2, VD5$ - управляемые тиристоры.

3.101. С какой целью выполняются вырезы в пластинчатых вставках предохранителей ?

С помощью вырезов на пластинчатых вставках предохранителей, сечение у них умышленно ослаблено, благодаря чему вставка перегорает именно в местах вырезов. При этом средняя часть вставки вываливается: разрыв увеличивается, дуга легче гаснет.

В настоящее время выпускаются новые устройства для образования шинки мигания: ОАО «ВНИИР» - РСВ-16; ООО «Росэнергосервис» (г Ростов) – ППБР-1 (устройство «мигающего света» бесконтактный). Оба устройства предназначены для работы с светодиодными лампами типа СКЛ. [42].

3.102. Влияет ли температура контакта на его сопротивление ?

При повышенных температурах нагрева в длительном режиме работы в контактах из меди и ряда других металлов начинается процесс прогрессирующего образования окисных пленок. Это вызывает рост сопротивления контакта и дальнейшее повышение температуры, что в конечном счете приводит к выводу аппарата из строя.[45].

3.103. Назовите отличительные свойства автоматических выключателей, контакторов и магнитных пускателей.

Контакторы и магнитные пускатели не имеют устройств, реагирующих на перегрузки и КЗ. В отличие от автоматических выключателей контакторы и магнитные пускатели не имеют

механических устройств, запирающих контактор (магнитный пускатель) в положении «включено». Во включенном положении контактор (пускатель) удерживается электромагнитом.[45].

3.104. Чем достигается уменьшение времени срабатывания предохранителя ?

Чтобы уменьшить время срабатывания предохранителя, применяются плавкие вставки из разного материала, специальной формы, а также используется металлургический эффект – явление растворения тугоплавких металлов в расплавленных, менее тугоплавких. Если, например, на медную проволоку диаметром 0,25 мм напаять шарик из оловянно-свинцового сплава с температурой плавления 182°C, то при температуре проволоки 650°C она расплавится в течение 4 минут, а при 350°C – в течение 40 минут. Та же проволока без растворителя плавится при температуре не менее 1000°C.

Ускорение плавления вставки достигается также применением плавкой вставки специальной формы с узкими участками плавкой вставки. Вставка перегорает одновременно в нескольких суженных местах, прежде чем ток КЗ достигнет своего установившегося значения в цепи постоянного тока или ударного тока в цепи переменного тока. Ток КЗ при этом ограничивается до значения ограничивающего тока (в 2-3 раза). Такое явление называется токоограничивающим действием предохранителя.[45].

3.105. Обладает ли магнитный пускатель пусковым током ?

Следует учитывать, что пусковой ток магнитных пускателей очень велик и доходит до десятикратного тока при втянутом сердечнике [15].

3.106. Можно ли применить медную вставку того же сечения в предохранителе ПН-2 но без оловянного шарика ?

Применять медную плавкую вставку такого же сечения, что и медная вставка, имеющая наплавленный оловянный шарик в предохранителе типа ПН-2 (предназначенного для защиты присоединения от токов КЗ и токов перегрузки) – нельзя. Наличие оловянного шарика практически не влияет на работу предохранителя в нормальном режиме и при КЗ, но улучшает его работу при перегрузках. Олово имеет температуру плавления 232° С. При нагреве вставки до этой температуры шарик плавится и расплавляет в месте его нанесения плавкую вставку. Если оловянного шарика нет, то медная плавкая вставка начинает плавиться при температуре 1083° С. Такое резкое отличие в температурах плавления является причиной того, что при незначительных перегрузках ($I_{пер} \leq 1,6 I_{вс.ном}$) время перегорания плавкой вставки без оловянного шарика оказывается значительно больше времени перегорания плавкой вставки с оловянным шариком. При этом в связи с более длительным нагревом проводников сверхтоком перегрузки интенсивность старения изоляции может оказаться недопустимой. [20].

3.107. Зависит ли время срабатывания реле серии РТ-80 от потока постоянного магнита ?

Вращающий момент, создаваемый системой с короткозамкнутым витком, вызывает ускорение вращения диска до тех пор, пока он не будет уравновешен моментом торможения, создаваемым постоянным магнитом и возрастающим с увеличением скорости диска (остальные тормозные моменты малы по сравнению с моментом от постоянного магнита). С ослаблением поля постоянного магнита равновесие будет достигнуто при большей скорости (потребуется большая скорость для создания такого же тормозного момента). С увеличением установившейся скорости диска время срабатывания уменьшается. Время срабатывания реле РТ-80 непосредственно зависит от частоты вращения диска, а также от потока постоянного магнита. Чем меньше поле магнита, тем меньше время срабатывания. Если в реле РТ-80 снять постоянный магнит, то реле работать не будет. [20].

3.108. Можно ли при обесточенном реле серии РТ-80 сказать, в какую сторону вращается его диск ?

Направление вращения диска определяется направлением перемещения магнитного поля. Опережающий магнитный поток достигает максимума раньше, чем отстающий. Поэтому поле перемещается от опережающего магнитного потока к отстающему.

В неэкранированной части магнитопровода магнитный поток определяется магнитодвижущей силой катушки реле. В части, экранированной короткозамкнутым витком, магнитный поток определяется суммой магнитодвижущих сил катушки реле и короткозамкнутого витка. Электродвижущая сила в витке, наведенная магнитным потоком катушки реле, отстает от этого магнитного потока на угол 90^0 . Ток в витке отстает от этой э.д.с. на небольшой угол, определяемый соотношением индуктивного и активного сопротивления витка. Таким образом, ток в витке, а следовательно, и магнитодвижущая сила витка отстает от магнитного потока катушки реле на угол, несколько больший 90^0 .

Поэтому и суммарный магнитный поток в экранированной части магнитопровода отстает от магнитного потока в неэкранированной части. Следовательно, диск вращается от неэкранированной части к экранированной, т.е. в сторону витка. Направление вращения диска реле РТ-80 ни какими параметрами не изменяется. [20]

3.109. Почему выдержка времени реле серии РТ-80(90) дается в зависимости от кратности тока в реле к току срабатывания, а не непосредственно от величины тока в реле ?

В реле серии РТ-80(90) предусмотрена регулировка тока срабатывания реле путем изменения числа витков его обмотки. Сцепление червяка реле с шестерней, т.е. срабатывание реле в зависимой части характеристики, происходит при определенном значении магнитодвижущей силы обмотки, т.е. при постоянном произведении тока на витки. ($I_{с.р.з} \cdot W$). Точно так же при постоянстве магнитодвижущей силы IW при $I > I_{с.р.з}$ сохраняется одно и то же время срабатывания. Срабатывание отсечки также происходит при определенном значении магнитодвижущей силы $I_{с.р.о} \cdot W$. Поэтому ток срабатывания зависимой части $I_{с.р.з}$, ток, соответствующий данному времени срабатывания, I_t и ток срабатывания отсечки $I_{с.р.о}$ изменяются обратно пропорционально виткам. Отношение же этих токов ($I_t / I_{с.р.з}$ и $I_{с.р.о} / I_{с.р.з}$) остаются постоянными и не зависят от уставки реле по току. Поэтому характеристики времени срабатывания от кратности тока и кратность тока срабатывания отсечки к току срабатывания в зависимой части не зависят от уставки реле по току и даются одинаковыми для всех уставок. Характеристики времени от тока в реле и шкалу срабатывания отсечки по току пришлось бы давать для каждой уставки отдельно. [9]

3.110. Можно ли определять коэффициент возврата реле РТ-81, уменьшая ток в его обмотке до возвращения реле из состояния срабатывания (когда контакты замкнуты) в начальное состояние, и полученный таким образом ток возврата разделить на ток срабатывания реле ?

Нельзя. При срабатывании реле РТ-81 притягивается якорь электромагнитного элемента реле, и ток возврата резко уменьшается. Между тем существенно, чтобы реле возвращалось после отключения внешнего КЗ, когда срабатывание реле (замыкание контактов и притяжение электромагнитного элемента) еще не произошло, а произошло лишь сцепление червяка с шестерней. В связи с этим при определении тока возврата ток в реле необходимо уменьшать до расцепления червяка с шестерней, причем это должно произойти до срабатывания реле. [9]

3.111. В чем заключаются отличия стрелочных маслоуказателей ?

Маслоуказатель предназначен для указания уровня масла в расширителях силовых трансформаторов, автотрансформаторов, реакторов и замыкания сигнальной цепи при его минимальном и максимальном уровне метки «макс» и «мин». Стрелка связана с поплавком посредством рычажного привода и магнитной муфты (двух взаимодействующих между собой постоянных магнитов), передающей вращательное движение через герметичную алюминиевую стенку корпуса.

Конструкция маслоуказателей типов МС1 и МС2 поплавокная. Детали обоих исполнений маслоуказателя одинаковы и взаимозаменяемы. Исключение представляет конструкция приводов. В приводе маслоуказателя МС1 введена коническая передача, рычаг выполнен из металлической трубки. Поплавок рычага МС1 выполнен в форме шарового оконцевателя. Поплавок МС2 выполнен в форме цилиндра.

3.112. В чем отличия новой серии промежуточно-указательных электромагнитных реле типа РЭПУ-12 от других указательных реле?

Реле электромагнитные промежуточно-указательные типа РЭПУ-12 постоянного и переменного тока предназначены для применения в устройствах защиты, автоматики, управления и сигнализации. Отличие от существующих указательных реле – то, что они одновременно исполняют роль промежуточного и указательного реле. Реле с герконовыми контактами (замыкающие с самовозвратом) применяются только для постоянного напряжения (тока). Коммутационная способность контактов реле в цепях постоянного тока напряжением 220 В – 0,15 А; переменного тока 220 В – 4 А. Действие реле основано на электромагнитном принципе с симметричной магнитной системой с одним якорем. Якорь фиксируется в притянутом положении диском. Указатель, состоящий из ручки-ключика и диска, имеющего четыре симметрично расположенных окрашенных (красных) трапециидальных площадки и стрелки, вращается на общей оси. Диск в движение приводится проволоочной пружиной. В обесточенном состоянии указатель имеет светлый фон. В сработанном состоянии в трапециидальных прозрачных отверстиях кожуха в результате поворота диска появляются окрашенные (красные) площадки, ручка-ключик отклоняется от вертикальной оси на 30° .

Возврат контактов реле и указателя в исходное состояние осуществляется поворотом по часовой стрелке ручки-ключика приблизительно до упора, при этом в отверстиях указателя появляются светлые площадки.

3.113. Какие неисправности в реле типа РЧ-1 приводят ее к срабатыванию?

В некоторых энергосистемах наблюдалась излишняя работа реле частоты РЧ-1. Послеаварийные проверки выявили изменение параметров дросселя 3L в фильтре высших гармонических составляющих в результате ослабления затяжки винтов магнитопровода. Изменение параметров дросселя 3L приводит к излишнему срабатыванию реле РЧ-1 от напряжения 3-й гармоники.

Ослабление затяжки винтов магнитопровода дросселя 2L приводит к увеличению уставки ЧАПВ выше 50 Гц и залипанию реле.

Поэтому, для исключения излишнего срабатывания реле частоты РЧ-1 рекомендуется при всех видах работы с данным реле обращать особое внимание на:

- проверку воздушного зазора дросселей 1L-4L;
- прочность крепления магнитных шунтов дросселей 1L,2L;
- затяжку винтов магнитопроводов трансформаторов Т и дросселей 1L-4L;
- фиксацию обмоток дросселей 1L, 2L на магнитопроводах.

4. ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И СХЕМЫ ИХ ВТОРИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.

4.1. Назначение трансформаторов тока?

Трансформаторы тока (ТТ) предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты и управления. ТТ по своему назначению разделяются на ТТ для измерений и ТТ для защиты. В некоторых случаях эти функции совмещаются в одном ТТ. Между ТТ для защиты и для измерений нет принципиальной разницы. Существующие различия заключаются в неодинаковых требованиях к точности и к диапазонам первичного тока, в которых погрешности ТТ не должны превышать допустимых значений. К ТТ для измерений предъявляется требование ограничения сверху действующего значения вторичного тока при протекании тока КЗ по первичной обмотке, для них устанавливается номинальный коэффициент безопасности приборов. Это требование не предъявляется к ТТ для защиты, которые должны обеспечивать необходимую точность трансформации тока и при КЗ. Идеальный режим работы ТТ – это режим КЗ вторичной обмотки. Один вывод вторичной обмотки обычно заземляется, поэтому он имеет потенциал, близкий к потенциалу контура заземления электроустановки.

ТТ обеспечивают:

- масштабное преобразование переменного тока различной силы в переменный вторичный ток приемлемой силы для питания устройств РЗА;
- изолирование вторичных цепей и реле, к которым имеет доступ обслуживающий персонал, от цепей высокого напряжения. [66].

4.2. Что обозначают буквы в обозначении трансформаторов тока и по каким признакам подразделяются (ТТ) ?

ТТ по ГОСТ 7746-2001 подразделяются по следующим основным признакам:

- по роду установки (категории установки и климатическому исполнению);
- по принципу конструкции: опорные (О), проходные (П), шинные (Ш), встроенные (В), разъемные (Р);
- по виду изоляции: с литой изоляцией (Л), с фарфоровой крышкой (Ф), в пластмассовом корпусе (П), с твердой изоляцией (кроме фарфоровой и литой) или с полимерной крышкой, маслонаполненные (М), газонаполненные (Г).
- по числу ступеней трансформации: одноступенчатые, каскадные (К);
- по числу вторичных обмоток: с одной вторичной обмоткой, с несколькими вторичными обмотками;
- по назначению вторичных обмоток: для измерения и учета, для защиты, для измерения и защиты, для работы с нормированной точностью в переходных режимах;
- по числу коэффициентов трансформации: с одним коэффициентом трансформации, с несколькими коэффициентами трансформации, получаемыми путем изменения числа витков первичной или (и) вторичной обмотки, а также путем применения нескольких вторичных обмоток с различными числами витков, соответствующих различным значениям номинального вторичного тока.
- Новые трансформаторы тока выпускаемые ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока»:

ТОП-0,66 – опорные ТТ напряжением 0,66 кВ;

ТШП-0,66; ТНШ-0,66; ТНШЛ-0,66; ТШЛ-0,66 шинные ТТ напряжением 0,66 кВ;

ТОЛ-10-I; ТОЛК-10 – опорные ТТ напряжением 10 кВ с тремя вторичными обмотками;

ТШЛ-10; ТЛШ-10 – шинные ТТ напряжением 10 кВ;

ТПОЛ-10; ТЛ-10; ТПЛК-10 – опорно-проходные ТТ напряжением 10 кВ;

ТЛК-35; ТОЛ-35 – опорные ТТ напряжением 35 кВ;

Особенностью производства является, использование в качестве изоляции эпоксидного и полиуретановых компаудов. Преимущества этого вида изоляции: обладает высокими электроизоляционными и физико-механическими свойствами, обеспечивает высокую электрическую прочность изделия, являясь одновременно его несущей конструкцией, полностью герметизирует трансформатор, что повышает надежность изделия и сводит до минимума объем профилактических работ при его эксплуатации. [66].

4.3. Назовите номинальные первичные и вторичные токи ТТ?

Согласно ГОСТ 7746-2001 устанавливаются следующие номинальные первичные токи и отсюда соответственно коэффициенты трансформации $I_{1ном, А}$:

1; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 800; 1000; 1200; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 14000; 16000; 18000; 20000; 25000; 28000; 30000; 32000; 35000; 40000.

Номинальный вторичный ток $I_{2ном, А}$: 1; 2; 5.

4.4. В чем заключается отличие класса точности ТТ 0,2; 0,5 от 0,2S; 0,5S ?

Одним из путей повышения точности учета электроэнергии является замена измерительных ТТ класса точности 0,2 и 0,5 на ТТ классов точности 0,5S и 0,2S.

Классы точности 0,2S и 0,5S отличаются от классов 0,2 и 0,5 более жесткими требованиями по погрешности в области малых первичных токов.

Для ТТ классов точности 0,2S и 0,5S погрешности при изменении тока от 0,5 до 120% при четверти номинальной и номинальной нагрузке меняются незначительно, но для них

категорически недопустима перегрузка по мощности вторичной нагрузки. Нагрузка должна находиться строго в диапазоне ГОСТ 7746 – 2001 (от четверти до номинальной), иначе ТТ неминуемо выйдет из класса точности.

Недопустимо использовать измерительные обмотки ТТ классов 0,2S и 0,5S для целей защиты, так как из-за малого коэффициента безопасности приборов магнитопробуд будет насыщаться при превышении первичного тока 120% номинального. При недогрузке по первичному току необходимо использовать ТТ классов точности 0,2S и 0,5S для уменьшения недоучета электроэнергии.[35].

4.5. Что принимается за положительное направление для тока и ЭДС у ТТ ?

Приняты положительными: направление для первичного тока от начала к концу первичной обмотки и направление для вторичного тока от начала вторичной обмотки (по внешней цепи нагрузки) к концу вторичной обмотки, соответственно этому внутри вторичной обмотки – направление вторичного тока и вторичной ЭДС (от конца к началу обмотки). При указанных положительных направлениях векторы первичного и вторичного токов совпадают по фазе при отсутствии угловой погрешности, а мгновенная вторичная ЭДС равна взятой со знаком «плюс» первой производной по времени от потокосцепления вторичной обмотки. [66].

4.6. Можно ли контролировать исправность вторичных цепей ТТ по снятию векторных диаграмм ?

Проверку исправности вторичных цепей ТТ можно производить по определению угла между вектором тока и вектором падения напряжения во вторичных цепях ТТ и, если этот угол равен углу соответствующей фазы, предварительно определенному после наладки или эксплуатационной проверки током нагрузки, устанавливают исправность вторичных цепей ТТ.

При любых нарушениях токовых цепей (кроме обрыва) положение вектора вторичного тока практически не изменяет своего положения относительно первичного тока нагрузки, В то же время вектор падения напряжения в этом случае изменяет всегда свое положение из-за нарушения соотношения активного и индуктивного сопротивления. Данные измерения заносят в протокол. В процессе эксплуатации периодически проверяют углы падения напряжения. При отсутствии нарушений угол между падением напряжения и током нагрузки не должен изменяться независимо от изменения угла φ тока нагрузки. [35].

4.7. В чем заключается опасность размыкания вторичной цепи ТТ на работающем элементе электроустановки ?

Ток намагничивания ТТ в нормальных условиях очень мал (меньше 10%), так как он заранее подбирается по допустимому значению нагрузки (Z_n), исходя из условий работы ТТ с малыми погрешностями. При таком относительно небольшом значении Z_n невелики значения напряжения на нагрузке и ЭДС вторичной обмотки ТТ. При случайном размыкании вторичной обмотки ток в первичной обмотке будет равен току намагничивания и рабочий магнитный поток, пронизывающий обе обмотки, резко возрастает, вызывая за счет повышенных потерь в стали сильный нагрев магнитопровода (сердечника), вплоть до пожара. При этом мгновенное значение ЭДС вторичной обмотки могут оказаться очень большими, опасными для изоляции ТТ и для жизни обслуживающего персонала, даже при нормальных рабочих токах защищаемого элемента. Поэтому размыкание вторичной обмотки ТТ **недопустимо**. [66]

4.8. По каким причинам могут возрастать погрешности ТТ ?

Причиной, вызывающей погрешность в работе ТТ, является ток намагничивания т.е. от степени насыщения магнитопровода ТТ. Чем больше насыщение магнитопровода, а это зависит, например, от значения первичного тока, тем меньше ток попадает в реле.

Для уменьшения тока намагничивания магнитопробуд выполняется из шихтованной стали, имеющей небольшие активные потери. А также для уменьшения тока намагничивания достигается уменьшением вторичной нагрузки и уменьшением вторичного тока путем повышения

коэффициента трансформации ТТ или иначе говоря, путем снижения кратности максимального первичного тока, проходящего через ТТ по отношению к его номинальному току.

Существенное влияние на величину намагничивающего тока оказывают конструктивные параметры. Таким образом, для уменьшения погрешностей ТТ должны иметь минимальную величину тока намагничивания и работоспособность в прямолинейной части характеристики намагничивания. Погрешности ТТ резко возрастают в первый момент КЗ, когда в первичном токе имеется апериодическая составляющая; это необходимо учитывать при расчете быстродействующих защит.

На погрешность ТТ влияет не только величина, но и $\cos\varphi_2$ вторичной нагрузки. При увеличении $\cos\varphi_2$ токовая погрешность уменьшается, а угловая – возрастает. То есть погрешность по току в основном определяется индуктивной нагрузкой вторичной цепи, а угловая погрешность – активной нагрузкой. В целях уменьшения токовой погрешности ТТ число витков W_2 выполняется на 0,5-3% меньше расчетного числа витков первичной обмотки $W_1 \cdot \text{птт}$, где птт – номинальный коэффициент трансформации, несколько больший отношения W_2 / W_1 . В результате этой коррекции вторичный ток I_2 увеличивается, частично компенсируя его уменьшение, вызванное наличием намагничивающего тока $I_{\text{нам}}$. Такой способ дает результат при малых значениях $I_{\text{нам}}$, т.е. при токах близких к номинальному, и используется для обмоток, питающих измерительные приборы. [35].

4.9. Дать разъяснение терминам «намагничивающий ток» и «ток намагничивания».

Необходимо различать термины «намагничивающий ток» и введенный стандартом на термины и определения для измерительных трансформаторов ГОСТ 18685-73 «ток намагничивания». Этот стандарт закрепил специальное название «ток намагничивания» за действующим значением тока, потребляемого вторичной обмоткой ТТ, когда на вторичных зажимах подведено синусоидальное напряжение номинальной частоты, причем первичная обмотка и все остальные обмотки разомкнуты. Поэтому термин «ток намагничивания» недопустимо использовать в ином смысле, чем это установлено стандартом, в частности, для мгновенных или амплитудных значений тока XX , или при несинусоидальном напряжении на вторичных зажимах ТТ, или при протекании тока по первичной обмотке, или при работе ТТ под нагрузкой, или в переходных режимах и так далее. Во всех случаях, кроме установленных ГОСТ 18685-73, вместо термина «ток намагничивания» рекомендуется использовать термин «намагничивающий ток», как это принято в литературе по основам электротехники.

Намагничивающий ток в общем случае работы ТТ под нагрузкой физически не существует, а является расчетной математической величиной, удобной для анализа режимов ТТ. Только в режимах XX ТТ, т.е. при возбуждении ТТ через одну из его обмоток при разомкнутых остальных обмотках, намагничивающий ток реально протекает по виткам возбужденной обмотки и равен току XX в этой обмотке. [66].

4.10. Назовите основные (номинальные) параметры ТТ.

По ГОСТ 7746- 2001 к номинальным параметрам ТТ относятся:

- номинальное напряжение ТТ U_n – номинальное напряжение цепей, для которых предназначен данный аппарат. Встроенные ТТ не имеют паспортного параметра номинального напряжения;
- номинальный первичный ток ТТ $I_{1\text{ном}}$;
- номинальный вторичный ток ТТ $I_{2\text{ном}}$;
- номинальный коэффициент трансформации ТТ;
- номинальная вторичная нагрузка с номинальным коэффициентом мощности $\cos\varphi$ (1 или 0,8 индуктивный). Обозначается $Z_n.\text{ном.}$ (сопротивление нагрузки) или $S_n.\text{ном.}$ (номинальная мощность нагрузки);
- номинальный класс точности ТТ;
- номинальная предельная кратность ТТ, обслуживающего релейную защиту – $K_{10\text{ном}}, K_{5\text{ном}}$;
- номинальный коэффициент безопасности для приборов - $K_{\text{бном}}$;
- номинальная частота ТТ – $f_{\text{ном}}$. [66]

4.11. В чем заключается отличие номинального и виткового коэффициентов трансформации ТТ ?

Под номинальным коэффициентом трансформации ТТ подразумевается отношение номинального первичного тока ТТ ко вторичному: $K_j = I_{1\text{ном}} / I_{2\text{ном}}$. В заводской документации дается номинальный коэффициент трансформации. Витковой коэффициент трансформации называется отношение числа витков вторичной и первичной обмоток: $K_{jв} = W_2 / W_1$. При отсутствии намагничивающего тока вторичный ток (расчетный ток) равен первичному току, поделенному на коэффициент трансформации ТТ, равный $K_{jв}$. В этом случае первичный ток полностью трансформируется во вторичную обмотку и ТТ работает идеально без потерь и погрешностей. При токе намагничивания равным нулю коэффициенты номинальный и витковой равны. Ток намагничивания является обязательной частью первичного тока, он образует МДС, создающую поток, который и осуществляет трансформацию. Действительный вторичный ток отличается от расчетного (идеального) значения I_1 / K_j , на значение $I_{\text{нам}} / K_j$, которое вносит искажение в абсолютное значение и фазу вторичного тока. Таким образом, причиной вызывающей погрешность в работе ТТ, является ток намагничивания $I_{\text{нам}}$. [9].

4.12. Для каких целей снимается вольт-амперная характеристика (ВАХ) ТТ?

ВАХ является основной при оценке исправности ТТ. Используются такие характеристики и для определения погрешностей ТТ. Согласно ГОСТ7746-89 одной из характеристик ТТ является ток намагничивания вторичной обмотки, измеренный при приложении к ней напряжения и представляющий собой одну точку ВАХ. Снятие всей ВАХ ГОСТ 7746-2001 не относит к обязательным проверкам ТТ

ВАХ представляет собой зависимость напряжения одной из обмоток (чаще всего вторичной) от намагничивающего тока со стороны этой же или другой обмотки при ХХ ТТ.

Наиболее распространенная неисправность ТТ – витковое замыкание – выявляется по резкому снижению ВАХ и изменению ее крутизны. Кроме того по ВАХ предусматривается выявление короткозамкнутых витков, оно производится до начала насыщения, но не выше 1800 В. Снятая ВАХ сопоставляется с типовой характеристикой намагничивания или с характеристикой намагничивания исправных ТТ, однотипных с проверяемым, чаще всего с ВАХ ТТ других фаз того же присоединения. В случае отклонения характеристики более чем на 20% в определенном диапазоне делается вывод о наличии КЗ витков. Необходимо отметить, что витковые замыкания при других проверках (например, при проверке коэффициента трансформации) обычно не обнаруживаются. При первом включении сравнение ведется между однотипными ТТ разных фаз. При плановых проверках достаточно проверить одну – две точки ВАХ.

Напряжение следует измерять вольтметром, реагирующим на среднее абсолютное значение напряжения.

Ток намагничивания следует измерять амперметром (миллиамперметром), реагирующим на действующее значение несинусоидального переменного тока, например, электромагнитной или электродинамической системы.[66].

4.13. Зависит ли ток прогрузки ТТ от постороннего источника тока от вторичной нагрузки ТТ ?

При проверке правильности соединения вторичных цепей ТТ и прогрузки защит первичным однофазным током от постороннего источника следует учитывать его значительную зависимость от значения вторичной нагрузки ТТ. Ток нагрузочного трансформатора при закороченных непосредственно на выводах всех вторичных обмотках ТТ многократно превышает ток при разомкнутом состоянии. С целью увеличения тока прогрузки необходимо уменьшить вторичную нагрузку ТТ. Для этого следует закоротить непроверяемые аппараты, а также по возможности все проводники и жилы кабелей, находящихся относительно ТТ за проверяемым элементом защиты.[35].

4.14. Можно ли по наличию тока во вторичных цепях ТТ определять нормальное состояние контактных соединений ?

Наличие тока во вторичных цепях ТТ не определяет нормальное состояние контактных соединений этих цепей, так как увеличение вторичной нагрузки (увеличение $R_{\text{конт.}}$) автоматически вызывает повышение напряжения на выводах И1 и И2 ТТ. С увеличением тока возрастает падение напряжения в месте неудовлетворительного контакта.

При больших токах может возникнуть дуга, которая приводит к нарушению контакта токовой цепи, вызывая при этом перенапряжения во вторичных цепях до нескольких киловольт с последующим пробоем межвитковой изоляции обмоток ТТ.[35]

4.15. В каких целях применяются промежуточные трансформаторы тока и одноамперные ТТ?

Согласно СРМ-2000 для исключения отказов срабатывания и излишних срабатываний устройств РЗА вследствие роста кратности тока КЗ предлагается перевод цепей переменного тока защит с номинального тока 5 А на ток 1 А установкой промежуточных ТТ или перемоткой основных трансформаторов (если по их конструкции и габаритным размерам возможна такая перемотка).

Применение ТТ с номинальным вторичным током 1А позволяет существенно увеличить допустимую нагрузку ТТ (сопротивление вторичной цепи). Одноамперные ТТ при прочих равных условиях может иметь нагрузку в 25 раз больше пятиамперного.[54].

4.16. В каких случаях применяют последовательное и параллельное соединение обмоток ТТ ?

При соединении вторичных обмоток ТТ последовательно, нагрузка распределяется между обоими ТТ поровну. Эту схему широко применяют в маломощных ТТ.

При параллельном соединении вторичных обмоток ТТ коэффициент трансформации в два раза меньше чем у одного ТТ. Это свойство используется для повышения мощности встроенных ТТ с малым коэффициентом трансформации 50-100 / 5, а также используется для получения не стандартных коэффициентов трансформации.[20].

4.17. Можно ли измерить коэффициент трансформации ТТ методом напряжения ?

Коэффициент трансформации ТТ может быть измерен методом напряжений. На вторичную обмотку подают регулируемое напряжение U_1 , а напряжение U_2 измеряют на первичной обмотке, коэффициент трансформации определяют как отношение значений напряжений $K = U_1 / U_2$. Напряжение U_2 обычно менее 1В, поэтому прибор для его измерения должен иметь внутреннее сопротивление не менее 20 кОм/ В, чтобы не вносить в измерения погрешность. При определении коэффициента трансформации ТТ по данному методу, имеет место погрешность по напряжению, определяемая тем же соотношением параметров сопротивлений вторичной обмотки и сопротивления намагничивания, что и погрешность по току при определении коэффициента трансформации ТТ по отношению первичного и вторичного токов. Поскольку сопротивление вторичной обмотки мало по сравнению с сопротивлением намагничивания погрешность определения $K_{\text{ТТ}}$ незначительная. Чтобы не было искажений от насыщения магнитопровода трансформатора, напряжение, подаваемое во вторичную обмотку, должно быть меньше напряжения, при котором начинается насыщение магнитопровода. Это напряжение определяется по ВАХ.[7].

4.18. Опишите схемы соединения вторичных цепей ТТ.

4.18.1. В трехфазных электрических сетях переменного тока всех классов напряжения ТТ для питания устройств РЗ устанавливаются в двух или трех фазах. Как правило в сетях 6 и 10 кВ с малыми токами замыкания на землю в двух фазах (А и С) в сетях 35 кВ и обязательно в сетях 110 кВ и выше в трех фазах. Последнее относится и к сетям напряжением до 1000 В, если они работают с глухозаземленной нейтралью. Соответственно применяются схемы соединения двух ТТ в «неполную звезду» и трех ТТ – в «полную звезду» или треугольник.

Редко используется включение двух ТТ на разность токов двух фаз. Для дифференциальных защит трансформаторов используется схема включения ТТ в треугольник.

Все схемы соединения ТТ и реле характеризуются отношением тока в реле I_p к току в фазе I_f , которое называется коэффициентом схемы:

$$K_{сх} = I_p/I_\phi$$

4.18.2. В схеме «полной звезды» реле установленные в фазах, реагируют на все виды КЗ, а реле в нулевом проводе – только на КЗ на землю и не будет реагировать на нагрузку и междуфазные КЗ. Коэффициент схемы $K_{сх} = 1$.

4.18.3. Схема «неполной звезды» реагирует не на все случаи однофазного КЗ и применяется только для защит, действующих при междуфазных повреждениях. В реле установленных в фазах протекает ток соответствующих фаз а в обратном (общем) проводе ток равен их геометрической сумме и будет равен току, отсутствующей фазы (фазы В с обратным знаком), поэтому при двухфазном КЗ между фазами А и С ток в обратном проводе равен нулю. Коэффициент схемы $K_{сх} = 1$.

4.18.4. Схема соединения ТТ в треугольник обладает следующими особенностями:

- токи в реле протекают при всех видах КЗ;
- РЗ по такой схеме реагирует на все виды повреждений;
- отношение тока в реле к фазному току зависит от вида КЗ;
- токи нулевой последовательности не выходят за пределы треугольника ТТ, не имея пути для замыкания через обмотки реле, поэтому при КЗ на землю в реле попадают только токи прямой и обратной последовательностей.

Коэффициент схемы $K_{сх} = \sqrt{3}$.

4.18.5. Схема соединения с двумя ТТ и с одним реле, включенном на разность токов двух фаз применяется только для защиты от междуфазных КЗ. Однорелейную схему нельзя применять для защит, которые должны действовать при КЗ за трансформаторами с соединением обмоток Y/Δ . В случае однофазных КЗ на фазе не имеющей ТТ (фаза В), ток в реле равен нулю, поэтому данная схема не может использоваться в качестве защиты от однофазных КЗ.

Коэффициент схемы $K_{сх} = \sqrt{3}$.

4.19. Какими должны быть наибольшие рабочие первичные токи ТТ ?

В соответствии с ГОСТ 7746-2001 наибольшие рабочие первичные токи ТТ на номинальные токи до 10000 А должны соответствовать указанным в таблице 4.1.

Для ТТ, у которых эффективное значение температуры окружающей среды по ГОСТ 15543.1 превышает 40°C , значения наибольших рабочих первичных токов могут быть меньше указанных в таблице 4.1 и их следует устанавливать в стандартах на ТТ конкретных типов.

Для ТТ на номинальные первичные токи свыше 10000 А, предназначенных для генераторов и синхронных компенсаторов, наибольший рабочий первичный ток может быть больше или меньше номинального тока, но не менее наибольшего длительного тока генератора или синхронного компенсатора.

По согласованию между потребителем и изготовителем допускается кратковременное, не более 2 ч в неделю, повышение первичного тока на 20% по отношению к наибольшему рабочему первичному току.

Таблица 4.1.

Наименование параметра	Значение, А.													
Номинальный первичный ток $I_{ном.}$	1	5	10	15	20	30	40	50	75	80	100	150	200	
Наибольший рабочий первичный ток $I_{пр.}$	1	5	10	16	20	32	40	50	80	80	100	160	200	

Продолжение таблицы 4.1.

Наименование параметра	Значение, А.													
------------------------	--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Номинальный первичный ток $I_{ном.}$	300	400	500	600	750	800	1000	1200	1500
Наибольший рабочий первичный ток $I_{пр.}$	320	400	500	630	800	800	1000	1250	1600

Окончание таблицы 4.1.

Наименование параметра	Значение, А.							
Номинальный первичный ток $I_{ном.}$	2000	3000	4000	5000	6000	8000	10000	
Наибольший рабочий первичный ток $I_{пр.}$	2000	3200	4000	5000	6300	8000	10000	

4.20. Как определить выводы ТТ встроенных в силовой трансформатор или выключатель ?

Для ТТ встроенных в силовые трансформаторы или выключатели, рекомендуется косвенный метод проверки коэффициента трансформации, заключающийся в подаче на выводы вторичной обмотки ТТ напряжение U_1 и измерение значения напряжения U_2 на другой паре выводов этой же обмотки. Выводы, значение напряжения U_2 между которыми наибольшее – это конечные выводы И1-И5 обмотками; после определения конечных выводов измеряют напряжение на всех ответвлениях. При измерении значения напряжения на выводах И1-И2 и И4-И5 абсолютные значения должны несколько отличаться, причем И4-И5 больше, что делает возможным отличить вывод И1 от вывода И5 и установить порядок выводов вторичной обмотки ТТ. Основными условиями данного метода являются :

- первичная обмотка проверяемого ТТ должна быть разомкнута;
- этим методом можно определить только порядок ответвлений и обозначить их принятым способом
- определить коэффициент трансформации, не зная числа вторичных витков или номинального тока ТТ, этим способом невозможно.[66].

4.21. Как определить неисправность в схеме соединения ТТ по замерам тока в фазах ?

4.21.1. Схема соединения ТТ в «полную звезду» :

- при правильном собранных и неповрежденных вторичных цепях ТТ в нулевом проводе проходит только ток небаланса. В нормальном режиме он имеет значение 0,01 – 0,2 А, а при КЗ возрастает;
- изменение маркировки (полярности) в одном из ТТ вызывает прохождение в нулевом проводнике двойного значения фазного тока $2I_f$;
- ток в нулевом проводе J_0 равен нулю при обрыве первичной цепи ТТ и обрыве нулевого проводника ;
- ток в фазе равен нулю при его обрыве в тоже время ток в нулевом проводе будет равен токам в неповрежденных фазах;
- при закорачивании одной из фаз , ток в ней и нулевом проводе больше нуля но меньше тока в неповрежденных фазах;

4.21.2. Схема соединения ТТ в «неполную звезду» :

- при правильно собранных и неповрежденных вторичных цепей ТТ в нулевом проводе проходит ток фазы I_f ;

- изменение маркировки (полярности) в любом из ТТ вызывает прохождение в нулевом проводе тока $\sqrt{3} I_{\phi}$;
- при изменении маркировки (полярности) на обоих ТТ в нулевом проводе проходит ток I_{ϕ} , направление вектора которого противоположно направлению вектора при нормальной схеме;
- обрыв первичной или вторичной обмотки ТТ вызывает прохождение в нулевом проводе фазного тока I_{ϕ} , ток в поврежденной фазе равен нулю;
- при обрыве нулевого провода токи в фазах равны нулю;
- при закорачивании ТТ одной из фаз ток в нулевом и поврежденным фазном проводе равны и несколько меньше тока неповрежденной фазы.

4.21.3. Схема соединения ТТ на разность токов двух фаз :

- при правильно собранных цепях в реле проходит ток, равный $\sqrt{3} I_{\phi}$;
- при изменении полярности ТТ фаз А и С в реле проходит ток $\sqrt{3} I_{\phi}$, направление которого противоположно вектору при нормальной схеме;
- при изменении полярности ТТ только одной из фаз, обрыве как первичной так и вторичной обмотки ТТ в реле проходит ток I_{ϕ} ;
- при обрыве цепи реле ток в реле равен нулю;
- при закорачивании одной из фаз ток в реле равен около нуля (больше фазного но меньше тока в реле);
- при обрыве ТТ фазы ток в реле равен току фазы.

4.21.4. Схема соединения ТТ в «треугольник» :

- при правильно собранных вторичных цепях ТТ ток в линейном проводе в $\sqrt{3}$ раза больше тока в фазном проводе;
- при изменении полярности ТТ фаз А, В и С в линейных проводах проходят токи $\sqrt{3} I_{\phi}$, направление которых противоположно соответствующим векторам нормальной схеме;
- при изменении полярности только одной фазы или обрыв вторичной цепи ТТ вызывает прохождение в линейных проводах, в сочетании которых входит индекс поврежденной фазы, ток I_{ϕ} , а в линейном проводе третьей фазы тока $\sqrt{3} I_{\phi}$ (здесь отсутствует индекс поврежденной фазы);
- обрыв провода одной из фаз вызывает протекание в линейных проводах, в сочетании которых входит индекс поврежденной фазы, тока фазы I_{ϕ} , а в линейном токе в котором отсутствует индекс поврежденной фазы, проходит ток $\sqrt{3} I_{\phi}$;
- обрыв линейного провода одной из фаз вызывает протекание в оставшихся неповрежденных проводах токов I_{ϕ} ;
- при закорачивании одного из ТТ линейные токи, в сочетании которых входит индекс поврежденной фазы, равны фазным токам I_{ϕ} , а линейный ток, в котором отсутствует индекс поврежденной фазы, равен $\sqrt{3} I_{\phi}$. [35][66].

4.22. Назовите назначение ТТ типа ТШЛ-0,5 ?

В короткозамыкателе для сети с заземленной нейтралью 110 кВ и выше корпус, механизм и нож короткозамыкателя изолированы от земли дополнительными изоляторами; кроме того, имеется изолирующая вставка между приводом и механизмом короткозамыкателя. Соединение с землей ножа и всех деталей короткозамыкателя выполняется заземляющим проводом, который служит первичной обмоткой специального ТТ типа ТШЛ-0,5 используется при управлении приводом отделителя.

Для ТТ ТШЛ-0,5 завод не указывает номинальный коэффициент трансформации, класс точности и допустимую нагрузку.

По опытным данным коэффициент трансформации примерно 300/5 – 350/5. поэтому настройку всех реле питающихся от ТШЛ-0,5, следует производить первичным током, чтобы учесть действительную погрешность и действительный коэффициент трансформации. [41].

4.23. Как проверить ТТ, встроенные в силовой трансформатор ?

Определенные трудности вызывает снятие векторных диаграмм и измерение коэффициентов

трансформации встроенных ТТ. Проведение проверки таких ТТ можно упростить при использовании прибора ВАФ-85. При проверке отключают заземление вторичных цепей ТТ и на вторичную обмотку ТТ (зажимы И1,И2) подают переменное напряжение U_1 (рис. 4.1),

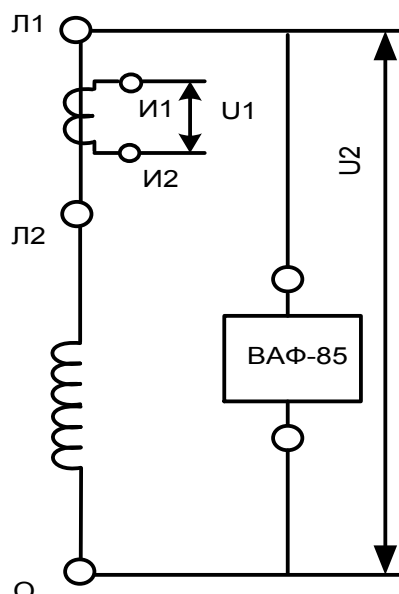


Рис.4.1. Схема проверки встроенных трансформаторов тока.

при этом прибором ВАФ-85 измеряют значения напряжения U_1 и напряжения U_2 между высоковольтным вводом Л1 и нулевым выводом О силового трансформатора, а также угол φ между напряжениями U_1 и U_2 . Коэффициент трансформации ТТ определяют по выражению:

$$K_j = U_1 / U_2 \cos \varphi$$

При правильной полярности ТТ вектор измеренного напряжения U_2 должен отставать от вектора поданного напряжения U_1 на угол не более 90° а при ошибочной полярности – в пределах $180-270^\circ$. Этот метод можно использовать при проверке токовых цепей ТТ силовых трансформаторов и автотрансформаторов 35 кВ и выше. Погрешность при измерении напряжения U_2 будет вызвана сопротивлением фазы обмотки ВН силового трансформатора. Для снижения величины сопротивления необходимо при измерении установить закоротку на выводах обмотки НН трансформатора. В этом случае величина сопротивления значительно снижается. Такое сопротивление в цепи вольтметра U_2 не вызывает погрешности, если для измерения применить детекторный многопредельный прибор Ц-4312 с малым внутренним потреблением и классом точности не ниже 1,5. При соблюдении вышеуказанных условий погрешность при измерении коэффициента трансформации не превышает 2%. При «закороченной» обмотке НН трансформатора можно проводить и проверку полярности выводов ТТ обычным поляриметром с батареей 3,6 В. Если отклонение стрелки прибора окажутся недостаточными для четкого определения направления, необходимо применить прибор с меньшими пределами измерений или увеличить напряжение источника тока.

4.24. Какова вероятность причины замыкания вторичных выводов обмоток ТТ на корпус у ТТ типа ТФЗМ ?

В эксплуатации ТТ типа ТФЗМ показали свою слабую сторону в конструкции выводов вторичной обмотки. Выводы смонтированы в нижней крышке ТТ. Поэтому внутри ТТ под выводами скапливается грязь, вода, которая не сливается через сливную «пробку».

Неоднократные вскрытия ТТ типа ТФЗМ это доказывают, кроме того при более длительном сроке эксплуатации наблюдалось разложение изоляции проводов подходящих к втулкам выводов, которые так же напитывают влагу. Поэтому рекомендуется более частая (по отношению требований норм испытаний и правил ТО) проверка состояния изоляции вторичных цепей ТФЗМ.[66].

4.25. Как правильно включить ТТ в первичную сеть ?

Как известно, однополярными выводами ТТ являются Л1-И1 и Л2-И2. В зависимости от разных причин первичная обмотка ТТ может включаться выводом Л1 к шинам (Л2 – к линии) или наоборот, но во всех случаях провод вторичной цепи, присоединенный к выводу вторичной обмотки одинаковой полярности с выводом первичной обмотки, присоединенный к фазе шин, считается начальным. Эти провода вторичной цепи маркируются по названию фазы, в которой стоит ТТ.

У всех ТТ место заземления вторичных обмоток должно быть доступно для персонала без снятия высокого напряжения. Все электрически соединенные вторичные цепи ТТ должны быть заземлены только в одной точке. Рекомендуется выполнять заземление либо на сборке зажимов панели защиты, либо на промежуточной сборке зажимов, ближайшей к ТТ.

У некоторых ТТ провод, предназначенный для заземления магнитопроводов, выведен в кабельную коробку на зажим, обозначенный буквой З. Этот зажим всегда должен быть надежно соединен с цоколем и заземлен.[66]

4.26. Всегда ли необходимо снимать ВАХ и омического сопротивления вторичных обмоток ТТ ?

ВАХ ТТ является основной при оценке исправности ТТ. Используются такие характеристики и для определения погрешностей ТТ. Снятие ВАХ ГОСТ-7746-2001 не относит к обязательным проверкам ТТ. При плановых проверках достаточно проверить одну – две точки ВАХ, а при первом включении сравнение ведется между однотипными ТТ разных фаз. Измеренная контрольная точка должна соответствовать заводской или не превышать норм для конкретного типа ТТ, приведенных в заводском паспорте на данный ТТ. Для снятия ВАХ должна применяться испытательная схема с мощным автотрансформатором, как обеспечивающая наименьшее искажение синусоиды напряжения. Схема с реостатом и потенциометром не рекомендуются. Приборы необходимо применять реагирующие на среднее абсолютное значение напряжения и действующее значение тока. При проверках ВАХ встроенных и других ТТ, имеющих ответвления во вторичной обмотке, напряжение на всей обмотке не следует поднимать выше 1800 В.

Проверку ВАХ допускается производить с панелей защит, если падение напряжения в сопротивлении жил кабеля не внесет заметной погрешности (более 1%) в измерение напряжения U_2 . Как правило, такие проверки возможны для ТТ с номинальным вторичным током 1 А. Значение омических сопротивлений вторичных обмоток иногда нужно для проведения расчетов по ТТ. Кроме того, это дополнительная проверка переходных сопротивлений самой обмотки. Погрешность приборов должна быть не выше 2%. Испытание не относится к числу обязательных.[66].

4.27. Как проверить целостность нулевого провода в схеме «полная звезда» при симметричной нагрузке ?

Проверка целостности нулевого провода при симметричной нагрузке в схеме «полной звезды» может быть произведена измерением тока небаланса в нулевом проводе. Один из методов определения целостности нулевого провода состоит в следующем. Во время снятия векторных диаграмм, когда на ВАФ-85М подано напряжение трех фаз 110-220 В, клещами прибора охватывают нулевой провод, прибор переводят в режим измерения «фаза» на пределе «1А» по току и, вращая лимб прибора на 360°, по движению стрелки индикатора определяют наличие тока небаланса в нулевом проводе. В случае обрыва нулевого провода стрелка индикатора не отклоняется от нуля. [66].

4.28. Назвать схемы релейной защиты, в которых ТТ играют роль источников оперативного тока.

В распределительных сетях 6-10 кВ источником оперативного тока обычно являются только ТТ защищаемого присоединения. Такие схемы и являются в точном смысле схемами релейной защиты на переменном оперативном токе. Они могут быть разделены на два вида :

- схемы с дешунтированием отключающей катушки;
- схемы с реле прямого действия (РТМ и РТВ), которые сами же выполняют функции отключающего элемента выключателя.

Кроме этого во вторичные цепи ТТ включаются приборы для питания устройств РЗА: БПТ; БПЗ-402; комбинированные блоки питания микропроцессорных защит БПК; блоки управления вакуумных выключателей, например, ВU/TEL – 220.[27].

4.29. Какие меры необходимо принять для повышения чувствительности токовых защит с реле прямого действия ?

Чувствительность токовых защит с реле прямого действия следует проверять с учетом действительной погрешности ТТ по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кмин}}(1 - f_{\text{ма}}/100)}{I_{\text{с.з.}}}$$

Где $I_{\text{к мин}}$ – минимальный ток при двухфазном КЗ в конце защищаемого участка, А;
 $f_{\text{мак}}$ – наибольшая токовая погрешность ТТ, %;

$I_{\text{с.з.}}$ – первичный ток срабатывания МТЗ или отсечки, А.

Если оказывается, что значение коэффициента чувствительности существенно ниже 1,2 для защиты линии или 2 для защиты трансформатора, следует рассматривать несколько вариантов мероприятий для повышения чувствительности токовой отсечки и МТЗ. Наиболее дешевый и простой вариант – раздельное включение реле РТМ и РТВ на обмотки классов Р и 0,5 установленных ТТ. Такая схема при определенных условиях допускается ПУЭ.[27].

4.30. Какие существуют допустимые сечения соединительных проводов от ТТ к счетчикам электроэнергии?

При работе с расчетными счетчиками измерительные ТТ должны иметь класс не ниже 0,5, для работы со счетчиками технического учета не ниже 1,0. Нагрузка вторичных цепи ТТ не должна превышать номинальной для данного класса точности. Исходя из этого ориентировочно принимают сопротивление соединительных проводов, подводимых к вторичной цепи ТТ, не более 0,2 Ом. Рассчитанные из этих соображений наименьшие допустимые сечения соединительных проводов от ТТ к счетчикам будут следующие:

Длина провода в один конец, м	До 10	10-15	15-25	25-35	35-50
Наименьшее сечение медного провода, кв. мм	2,5	4	6	8	10

5. ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ И СХЕМЫ ИХ ВТОРИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.

5.1. Назначение трансформаторов напряжения (ТН).

При напряжении свыше 1000 В, непосредственное включение приборов недопустимо как по условию изоляции, так и безопасности обслуживающего персонала. В связи с этим при высоких напряжениях измерительные приборы включаются через промежуточные измерительные трансформаторы, называемые трансформаторами напряжения (ТН).

ТН предназначены как для измерения напряжения, мощности, энергии, так и для питания автоматики, синхронизации и релейной защиты ЛЭП от замыканий на землю.[1].

5.2. Расшифруйте обозначения некоторых ТН, наиболее используемых в электроустановках ?;

НОМ – ТН. Однофазный, масляный;

ЗНОМ – заземляемый ввод ВН, напряжения, однофазный, масляный;

НТМИ – напряжения, трехфазный, масляный, с обмоткой для контроля изоляции сети;

НАМИ – напряжения, антирезонансный, масляный, с обмоткой для контроля изоляции сети;

НКФ – напряжения, каскадный, в фарфоровой крышке;

СР – серия трансформаторов напряжения: измерительный, однофазный, емкостной напряжением 110-500 кВ.

НОЛ.11-6.05; НОЛ.0.8; НОЛ.12; НОЛ – незаземляемые трансформаторы напряжения 3-6-10 кВ; ЗНОЛ.06; ЗНОЛЭ-35; ЗНОЛ – заземляемые ТН;

3хЗНОЛ; 3хЗНОЛП – трехфазные антирезонансные группы ТН;

ЗНОЛП; НОЛП – заземляемые и незаземляемые ТН со встроенными защитными предохранительными устройствами. В трансформаторах этих серий высоковольтные выводы первичной обмотки выполнены со встроенными защитными предохранительными устройствами (ЗПУ), которые, также как и магнитопровод с обмотками. Залиты изоляционным компаундом, образуя монолитный блок. ЗПУ выполнено в виде разборной конструкции с плавкой вставкой, представляющей собой металлодиэлектрический резистор, подобранный для каждого типа трансформаторов. Это устройство срабатывает при токах менее 1 А, время отключения от 5 до 10 секунд. После срабатывания ЗПУ подлежит перезарядке. Которая производится персоналом предприятия. Эксплуатирующего трансформатор.

5.3. Какое напряжение принято во вторичной обмотки ТН ?

Для основной вторичной обмотки ТН с номинальным напряжением, соответствующим линейному напряжению сети, установлено напряжение 100 В. Соответственно для ТН с фазным номинальным напряжением основной вторичной обмотки $100 / \sqrt{3}$ В при включении их по схеме звезда-звезда вторичное линейное напряжение, соответствующее номинальному, будет тоже 100 В. Номинальное напряжение дополнительных вторичных обмоток устанавливается таким образом, чтобы максимальное значение напряжения $3U_0$ (на разомкнутом треугольнике) при однофазном замыкании на землю в сети, когда линейное напряжение соответствует номинальному напряжению ТН, было 100 В. Поэтому для дополнительных обмоток ТН, предназначенных для сети с заземленной нейтралью, установлено $U_{ном} = 100$ В, а в сети с изолированной нейтралью $U_{ном} = 100/3$ В. [44].

5.4. В каких случаях обеспечивается требуемый класс точности для ТН ?

Погрешности ТН, соответствующие классам, обеспечиваются при частоте 50 Гц, первичных напряжениях от 0,8 до 1,2 U_n , индуктивной нагрузке вторичной обмотки с коэффициентом мощности 0,8 и вторичной нагрузке в пределах (0,25-1,0) R_n (номинальная мощность) при номинальном первичном напряжении. Для обеспечения работы ТН в соответствующем классе при малой нагрузке по вторичным обмоткам присоединяют балластные резисторы. Для снижения погрешностей ТН их мощность выбирается значительно выше мощности вторичной нагрузки, так как наименьшие погрешности у ТН бывают при работе на холостом ходу. [44].

Пояснить в чем заключается отличие схем соединения «открытый треугольник» и «разомкнутый треугольник» ?

Два однофазных ТН, соединенные в схему «открытого треугольника», могут быть применены для включения измерительных приборов и регуляторов напряжения. Схема «открытого треугольника» состоит из двух присоединенных к трехфазной системе однофазных ТН, как это показано на рисунке 5.1.:

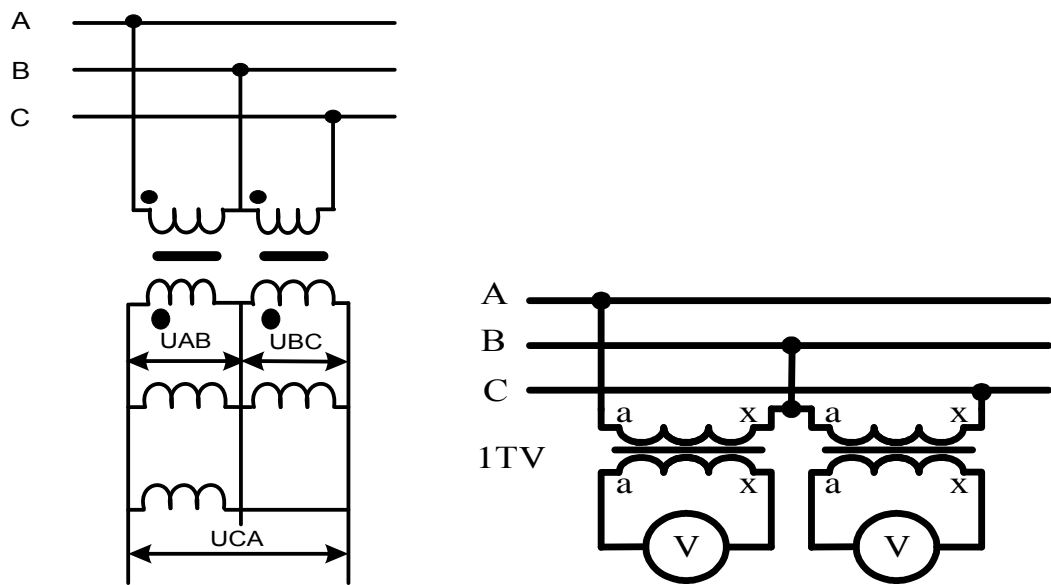


Рис. 5.1. Схемы соединения в «открытый треугольник».

В отличие от схемы треугольника, векторная диаграмма схемы «открытого треугольника» представляет собой лишь две стороны правильного треугольника. Для этой схемы характерно то, что при симметричной нагрузке трех фаз общая мощность обоих ТН равна мощности одного ТН умноженной на $\sqrt{3}$ т. е. на 13% меньше суммы их мощностей.

Дополнительные вторичные обмотки трех однофазных трехобмоточных трансформаторов, соединенные в «разомкнутый треугольник», служат для включения реле защиты от замыканий на землю. Схема «разомкнутого треугольника» является фильтром напряжения нулевой последовательности $3U_0$, смотрите рисунок 5.2. В нормальном режиме сети при симметричных напряжениях U_a , U_b , U_c на выводах этой обмотки и на реле KV напряжение практически отсутствует. Имеется только напряжение небаланса, значение которого обычно не превышает 1-3 В. Наличие этого напряжения свидетельствует об исправности ТН, отсутствии обрывов и замыканий в его вторичных цепях.

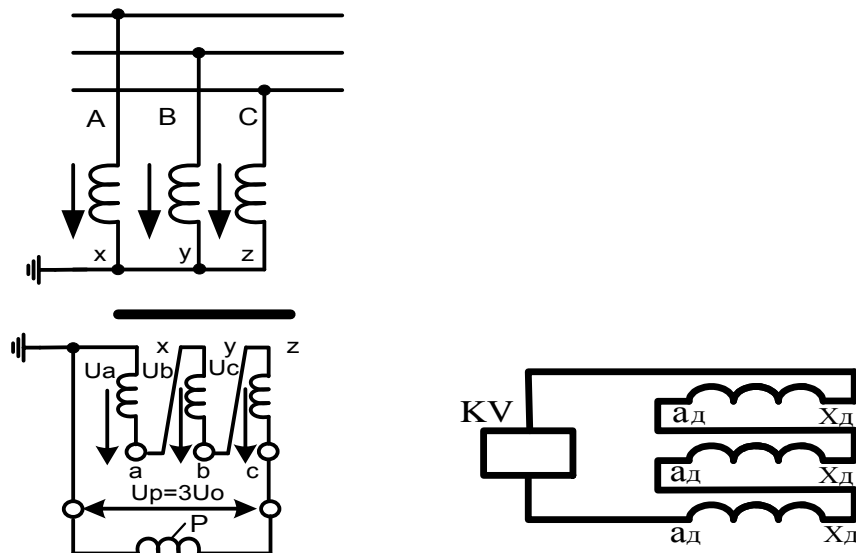


Рис. 5.2. Схемы соединения в «разомкнутый треугольник».[1]

Назовите особенности каскадных ТН ?

Особенностью каскадных ТН, представляющих несколько трансформаторов с последовательно соединенными первичными обмотками. Выравнивание мощности по элементам каскада достигают применением выравнивающих и связывающих обмоток, передающих мощность с обмоток одного элемента на другой.

Благодаря связывающим обмоткам нагрузка и напряжение распределяются поровну между двумя трансформаторами каскада. Половина нагрузки трансформируется в обмотку НН из обмотки ВН, а вторая половина из связывающей обмотки.

Назначение выравнивающих обмоток сводится к уменьшению ЭДС рассеяния трансформатора, с учетом того, что вторичные обмотки находятся на одном нижнем стержне магнитопровода, а первичная на обоих.

Начала первичных и выравнивающих обмоток обоих стержней соединены вместе и присоединены к магнитопроводу. При этом выравнивающие обмотки и магнитопровод получают потенциал, равный половине фазного напряжения.[1, 7].

Укажите требования к заземлению первичной обмотки ТН ?

У ТН типов НКФ, ЗНОМ следует тщательно проконтролировать надежность присоединения к «заземлению» заземляемых выводов, а также наличие отдельного заземления корпуса ТН. Напряжение вывода «К» относительно «земли» должно быть равно нулю, а вывод «Н» напряжению небаланса 1-3 В. Для обеспечения действия реле сигнализации и защиты от замыканий на землю, включаемых на напряжение $3U_0$, нулевая точка первичных обмоток должна быть заземлена.[7].

Для чего заземляются вторичные обмотки ТН ?

Для безопасности обслуживания вторичных цепей в случае пробоя изоляции и попадания высокого напряжения на вторичную обмотку один из зажимов вторичной обмотки или нулевая точка присоединяется к заземлению. В схемах соединения вторичных обмоток в «звезду» чаще всего заземляется не нулевая точка, а начало обмотки фазы В. Это объясняется стремление сократить на одну треть число переключающих контактов во вторичных цепях т. к. заземленная фаза может подаваться на реле помимо рубильников, переключателей и вспомогательных контактов разъединителей.[18].

5.9.Как правильно заземлить вторичные обмотки ТН ?

Заземление должно устанавливаться по возможности ближе к ТН. Однако следует учитывать, что при этом объединение заземленных проводов двух или более ТН недопустимо, так как может послужить причиной неправильной работе релейной защиты.

Следует, однако учитывать, что цепи напряжения, как правило, должны выполняться без общей заземленной шины. При этом заземление вторичных цепей каждого ТН должно устанавливаться на ближайшей к нему сборке зажимов и объединение каких-либо проводов заземленных или незаземленных вторичных цепей разных ТН не допускается даже кратковременно. С этой целью переключение нагрузки с одного ТН на другой производится только с разрывом цепи, а при включении устройств синхронизации сразу на два ТН обеспечивается электрическое разделение их вторичных цепей (например, с помощью разделительных трансформаторов).

В проводах, соединяющих точку заземления с обмотками ТН не должно быть коммутационных и защитных аппаратов (рубильников, переключателей, автоматических выключателей, предохранителей и др.). Сечение заземляющего провода должно быть не менее 4 мм² (по меди).[44,48].

5.9.Почему не разрешается выполнять разделение вторичных цепей ТН по разным кабелям ?

Выводящиеся от основных или дополнительных вторичных обмоток ТН трех или четырех проводные цепи должны подаваться на цепи в одном кабеле. Двух проводная цепь от концов одной обмотки однофазного ТН или от дополнительных обмоток, соединенных по схеме «разомкнутого треугольника» (цепь $3U_0$), также должны выводиться на щит в одном кабеле. Это необходимо во избежание значительного увеличения индуктивного сопротивления вторичных цепей и недопустимого возрастания потери напряжения в них.

При полном объединении электрической цепи в одном кабеле создаваемые токами в близко расположенных друг к другу жилах этого кабеля магнитные потоки будут почти полностью

взаимно уничтожаться, так как геометрическая (векторная) сумма токов одной цепи всегда равна нулю. Поэтому индуктивное сопротивление такой цепи будет относительно малым. При разделении той же цепи по разным кабелям равновесие токов и магнитных потоков нарушается и индуктивное сопротивление цепи резко возрастает.

Вторичные цепи ТН, установленных на открытом РУ, должны выводиться на щит кабелями с металлической оболочкой или броней.

Для снижения продольных ЭДС, наводящихся в жилах этих кабелей токами КЗ, проводящими по заземляющему контуру, металлическую оболочку или броню рекомендуется заземлять с обеих сторон.[44].

5.10. Какое напряжение возникает на дополнительной обмотке при замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью ?

При однофазном КЗ на землю, например фазы А, напряжение этой фазы относительно земли становится равным нулю, напряжение неповрежденных фаз В и С больше в 1,73 раза, а их геометрическая сумма становится равной утроенному значению фазного напряжения. Для того чтобы напряжение на реле в «разомкнутом треугольнике» КВ в этих случаях не превышало стандартного номинального значения 100 В ТН с обмотками, соединенными по схеме «разомкнутый треугольник» имеют повышенный в 3 раза коэффициент трансформации, например для сети 10 кВ :

$$N_{ТН} = 10000 / 100 \cdot 3 = 300$$

В качестве реле КВ применяется реле типа РН-53/ 60Д с минимальной уставкой 15 В [2].

5.11. Какое напряжение возникает на дополнительной обмотке ТН при замыкании на землю в сети с заземленной нейтралью ?

В случае замыкания на землю в сети с заземленной нейтралью, например фазы А на землю фаза А-О ТН оказывается замкнутой накоротко и напряжение на обмотках этой фазы и, в частности на дополнительной обмотке, исчезает. Приведем диаграммы вторичных напряжений:

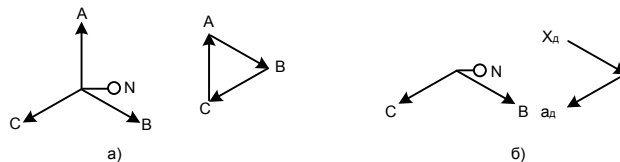


Рис. 5.1 Векторные диаграммы ТН.
а) нормальный режим;
б) замыкание фазы А на землю;

Как видно из диаграммы «разомкнутого треугольника», на выводах а_д-х_д появится напряжение, равное геометрической сумме напряжений действующих фаз В и С, т. е. равное фазному напряжению «разомкнутого треугольника».

Так как напряжение на вводах а_д-х_д при замыкании на землю должно быть равно 100 В, то и обмотки при системе с заземленной нейтралью должны быть равным 100 В. Поэтому коэффициент трансформации для дополнительной обмотки будет равен :

$$N_{ТН} = 110\ 000 / 100 = 1100$$

Это ошибка, в действительности коэффициент трансформации ТН равен :

$$N_{ТН} = 110\ 000 : \sqrt{3} / 100 = 632$$

Аналогично и для других напряжений свыше 110 кВ. Данный коэффициент и применяется при определении величины первичного значения 3U₀ в сети при однофазных замыканиях на землю.[1].

5.12. Объяснить что произойдет во вторичных цепях ТН типа НТМИ при перегорании предохранителя на стороне ВН ?

При питании цепей напряжения от трехфазного пятистержневого ТН в случае перегорания предохранителя в одной из фаз со стороны ВН магнитные потоки двух других фаз, замыкаясь через крайние стержни и стержни оборванной фазы, восстанавливают в последней напряжение.

Значительно уменьшая несимметрию вторичных напряжений.

При этом напряжение оборванной фазы составляет $U_b = 0,5 U_{\phi}$, а линейные напряжения $U_{ab} = U_{bc} \approx 0,75 U_{ном}$. В этом случае чувствительность контроля напряжения во вторичных цепях выполненного на устройстве обрыва фаз или реле минимального напряжения, включаемые на линейные напряжения, окажется недостаточной.

Требуемая чувствительность может быть достигнута при применении реле напряжения обратной последовательности типа РНФ-1 с минимальной уставкой обратной последовательности 6 В и в сочетании с реле минимального напряжения с уставкой 75 В.[44].

5.13. Назвать мероприятия предотвращающие неправильные действия РЗА из-за наводок продольных ЭДС во вторичных цепях ТН .

Для предотвращения неправильных действий защиты из-за наводок продольных ЭДС во вторичных цепях ТН следует :

- переключение цепей напряжения присоединений РУ с ТН одной системы шин на ТН другой системы шин блок-контактами разъединителей применять только в распределительных устройствах 6-35 кВ. В РУ 110 кВ и выше должны применяться схемы с реле повторителями положения разъединителей либо переключатели;

- в РУ 110 кВ и выше применять во вторичных цепях ТН только кабели в металлической оболочке и заземлять оболочку с обоих концов каждого кабеля. Использование изолированной металлической оболочки в качестве одного из проводов вторичной цепи напряжения по соображениям надежности не допускается;
- кабели в цепях основных и дополнительных обмоток ТН от шкафа ТН до щита по всей длине прокладывать рядом.[48].

5.14. Назовите косвенные признаки повреждения ТН типа НКФ 110-500 кВ .

К косвенным признакам повреждения ТН типа НКФ 110-500 кВ относятся :

- срабатывание фиксирующих (ФИП, ЛИФП и др.) и регистрирующих цифровых приборов и осциллографов (ЗУо) ВЛ;
- появление сигнала о неисправности во вторичных цепях ТН;
- запуск осциллографов, цифровых регистраторов пускающихся от ТН по напряжению;
- срабатывание противоаварийной автоматики (АВ реактора, АПН ВЛ) при нормальном напряжении на ТН других присоединений и (или) увеличение фазного напряжения на 15% и более (линейных напряжений на 10% и более), определяемого по щитовым приборам путем переключения ключа выбора фаз или замерами во вторичных цепях, и сопровождающегося резким увеличением небаланса в «разомкнутом треугольнике» ТН (определяется по прибору замера небаланса, либо специальным замером), без увеличения напряжения на других фазах (одного линейного напряжения) данного ТН.

При появлении одного или нескольких косвенных признаков оперативный персонал выводит ТН из работы в срок не более 15 минут. С целью исключения несчастных случаев, при появлении вышеуказанных признаков виткового замыкания ТН, нахождение персонала на ОРУ с дефектным ТН до снятия с него напряжения **запрещается**. Работающие бригады с данного ОРУ должны быть немедленно удалены. **Запрещается** производить замер вторичных напряжений в местном шкафу ТН как релейным, так и оперативным персоналом при увеличенном фазном напряжении на данном ТН по сравнению с напряжением соответствующих фаз других ТН.[18]

5.15. В каких случаях устанавливается автоматический выключатель во вторичных цепях «разомкнутого треугольника» ТН ?

Допускается не устанавливать автоматические выключатели в цепи ЗУо ТН шин и ТН стороны низшего напряжения автотрансформаторов (трансформаторов), установленных в шкафах КРУ-6-10 кВ. В сетях с большим током замыкания на землю во вторичных цепях ТН, соединенных в «разомкнутый треугольник», автоматические выключатели также не предусматриваются, так как при возникновении повреждений в таких сетях поврежденные участки быстро отключаются защитами сети и соответственно быстро снижается напряжение ЗУо. Поэтому в цепях, идущих от выводов Н и К ТН АТ, ВЛ и шин 500 кВ автоматических выключателей нет.

Наоборот, в цепях с малым током замыкания на землю между выводами Н и К может длительно существовать 3U₀ при замыкании на землю в первичной цепи и при КЗ во вторичных цепях ТН он может повредиться. Для защиты цепей напряжения, прокладываемых от неразоmkнутых вершин треугольника (U, F), предусматривается отдельный автоматический выключатель.[59].

5.16. Как определить по работе указательных реле «контроля напряжения» и «наличия земли в сети 6-35 кВ» вид неисправности или повреждения ?

- 5.16.1. При замыкании на землю в сети 6-35 кВ срабатывает только указательное реле «земля в сети». При этом киловольтметр покажет нуль в поврежденной фазе и линейное напряжение в двух других не поврежденных фазах.
- 5.16.2. При неисправности во вторичных цепях ТН (отключение автоматического выключателя, перегорание предохранителя во вторичных цепях ТН, обрыв или отсутствие контакта в фазе на клеммнике или в автоматическом выключателе, перегорании теплового реле в автомате) срабатывает только указательное реле «неисправность вторичных цепей напряжения ТН». При этом киловольтметр покажет перекоc по фазным напряжениям, но менее линейного.
- 5.16.3. При перегорании предохранителя на стороне ВН ТН или обрыве фазы на стороне ВН, срабатывают оба указательных реле «земля в сети» и «неисправность вторичных цепей напряжения ТН». При этом киловольтметр покажет половинное напряжение на отсутствующей фазе а линейные напряжения будут равны примерно 0,75 номинального.

5.17. В какой последовательности следует выводить (вводить) из работы ТН на подстанциях со сложной схемой первичных соединений ?

Для предотвращения отключения двух систем шин при КЗ на одной из них в бланках переключений на вывод (ввод) в ремонт (из ремонта) ТН-1(2) СШ без совмещения с ремонтом 1(2) СШ необходимо предусмотреть рекомендуемый порядок :

1. Вывод ТН в ремонт.

- 1.1. Переключатель цепи напряжения защит присоединений 1(2) СШ на оставшийся в работе ТН-1(2).
- 1.2. Ввести запрет АПВ присоединений при срабатывании ДЗШ, отключить и вывести в ремонт ТН-1(2) СШ, вывести запрет АПВ присоединений.
- 1.3. ДЗШ включить по схеме «без фиксации».
- 1.4. Отключить оперативный ток с ШСВ.
- 1.5. Вывести контроль АПВ Н+ОШ на одном из присоединений, от которого производится АПВ 1(2) СШ.

2. Ввод ТН в работу.

- 2.1. Включить оперативный ток на ШСВ.
- 2.2. ДЗШ включить по схеме «с фиксацией».
- 2.3. Ввести запрет АПВ присоединений при срабатывании ДЗШ, включить в работу ТН 1(2) СШ, вывести запрет АПВ присоединений.
- 2.4. Перевести цепи напряжения защит присоединений 1(2) СШ на ТН-1(2) СШ.
- 2.5. Ввести АПВ шин на 1 и 2 СШ.

5.18. Пояснить устройство антирезонансного ТН типа НАМИ ,

ТН серии НАМИ содержат в одном баке два трансформатора – прямой (он же и обратной) и нулевой последовательностей. Трансформатор прямой последовательности – трех фазный, трехстержневой, без боковых ярм. Его первичные обмотки соединены в звезду с изолированной от земли нейтралью. Между этой нейтралью и землей включена первичная обмотка однофазного трансформатора нулевой последовательности. На рисунке приведена принципиальная электрическая схема ТН типа НАМИ.

Схема соединения основной вторичной обмотки повторяет схему первичной обмотки. Дополнительная вторичная обмотка «3U₀» расположена на стержне трансформатора нулевой последовательности. На трех стержнях первого трансформатора помещается компенсационная обмотка. Соединенная в замкнутый треугольник без внешних выводов.

Феррорезонанс в трехфазной сети с изолированной нейтралью обычно возникает из-за несимметрии в фазных проводимостях ТН при различной степени насыщения стали магнитопроводов. В ТН серии НАМИ несимметрия не возникает, так как трансформатор нулевой последовательности всего один.

При ОЗЗ через перемежающую дугу в сети разряд емкостей происходит по первичной обмотке трансформатора нулевой последовательности. Поскольку источник напряжения в нулевой последовательности отсутствует, разряд носит затухающий характер. При этом, как показывают эксперименты с реальной дугой. Больших восстанавливающихся напряжений на дуговом промежутке не возникает. Однополярная дуга с зажиганием один раз в период отсутствует. Следовательно нет и больших намагничивающих токов и перегрева в первичной обмотке ТН.

При феррорезонансе в сети 6-10 кВ, на одной из фаз сети может достигнуть трехкратного значения, и на дополнительной вторичной обмотке ТН появится напряжение примерно 300 В. Это может быть опасным не только для устройств РЗА, но и для самого ТН.

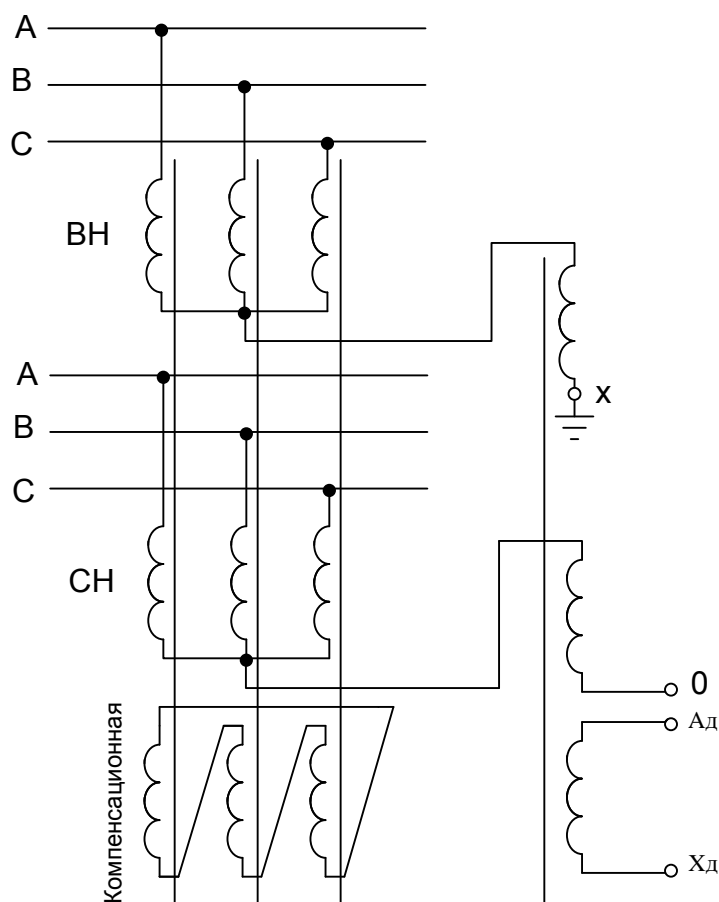


Рис.5.3.Принципиальная электрическая схема соединения обмоток трансформатора НАМИ.

Чтобы антирезонансный ТН мог выдержать такое воздействие длительно, номинальная индукция в магнитопроводе трансформатора нулевой последовательности снижена в 4 раза. НАМИ имеют следующие характеристики:

- ТН выдерживает однофазные металлические и дуговые замыкания на землю без ограничения длительности;
- ТН не вступает в феррорезонанс с емкостями любой сети, в том числе и с емкостями ненагруженных шин;
- ТН выдерживает повышение напряжения, вызванное феррорезонансом между

- емкостями и индуктивностями намагничивания других трансформаторов, как силовых, так и измерительных;
- В связи с высоким напряжением на выводах Ад-Хд (до 300 В) при феррорезонансе в сети рекомендуется устанавливать реле напряжения РН-54/200 вместо РН-54/60Д;
 - ТН имеет пониженную предельную мощность дополнительной вторичной обмотки. Поэтому включать дополнительные гасительные сопротивления 25 Ом (400 Вт) на выводы Ад-Хд не допускается;
 - Для защиты цепей напряжения от повреждений следует применять автоматические выключатели с кратностью отсечки 3,5 Jn.

5.19. Действительно ли ТН типа НАМИ-10 является антирезонансным ?

НАМИ – называется «антирезонансным», что является спорным. Антирезонансными могут быть только трансформаторы без заземления высоковольтных обмоток, например ТН типа НОМ, обмотки которого соединены по схеме «открытого треугольника». Однако при использовании этой схемы невозможен контроль состояния изоляции высоковольтной электрической сети. Для исключения указанного недостатка у ТН НАМИ-10 высоковольтная обмотка фазы В заземлена. При этом условии резонанс возможен в нормальном режиме работы только для фазы В трансформатора и при замыкании на землю фаз А или С.

Во всех случаях токи резонанса будут протекать по фазе В и их значение будет целиком зависеть от прикладываемого напряжения к обмотке ВН фазы В. В нормальном режиме – это фазное напряжение, при однофазном замыкании на землю – линейное напряжение. Наиболее опасным режимом является работа с перемежающейся дугой при однофазном замыкании на землю, когда в каждый момент зажигания дуги напряжение может достигать значения 2,2 Уф. В эксплуатационной документации НАМИ-10 указывается, что при возникновении феррорезонанса в сети напряжение $3U_0$ на выводах Ад и Хд может достигать 250-300 В. Такое напряжение может возникнуть при феррорезонансе только самого ТН НАМИ-10.[35].

5.20. Как измерить коэффициент трансформации ТН с дополнительной обмоткой (НТМИ)?

Особо измеряется коэффициент трансформации ТН с дополнительной обмоткой, соединенной в «разомкнутый треугольник» и имеющий только два вывода Ад и Хд. Для этого обмотку ВН ТН возбуждают (подают испытательное напряжение) однофазным или трехфазным напряжением 50 Гц. Однофазное напряжение поочередно подключается к выводам первичной обмотки А, В, С и нейтрали, тогда при закороченных двух других выводах (А-В+С; В-А+С; С-А+В) и соединенных с выводом нейтрали измеренный коэффициент трансформации должен соответствовать отношению значений первичного напряжения и измеренному на выводах Ад и Хд, т.е. проверяемому коэффициенту трансформации ТН.

При возбуждении (подаче напряжения) первичной обмотки ТН, трехфазным напряжением и закорачивании одной из фаз первичной обмотки ТН на нейтраль измеренное значение напряжения на выводах Ад-Хд дополнительной обмотки должно быть в три раза больше измеренного значения на однофазной схеме, т.е. $3U_ф$. Правильность соединения обмоток «разомкнутого треугольника» проверяется возбуждением первичной обмотки ТН и измерении напряжения на выводах Ад-Хд, значение которого должно быть равно напряжению небаланса 1-3 В (в этом опыте ни одна первичная обмотка ТН не соединяется с выводом нейтрали).[7]

5.21. Влияет ли чередование фаз при подключении ТН типа НАМИ в сеть ?

ТН типа НАМИ имеет угловую компенсацию погрешностей и требует прямого чередования фаз первичной сети. Оно должно быть (А-В-С). Обратное чередование фаз приведет к резкому увеличению угловой погрешности и выводу ТН из гарантированного класса точности.

5.22. Какие приборы применяются при измерении напряжения небаланса в «разомкнутом треугольнике» ТН-110 кВ и выше ?

В связи с тем что в протяженных цепях $3U_0$ обычно наводится напряжение посторонними магнитными полями, соизмеримое с напряжением небаланса $U_{нб}$, измерение $U_{нб}$ вольтметром с большим внутренним сопротивлением может дать примерно одинаковые результаты при проверке исправной цепи.

В связи с этим для обеспечения правильных результатов проверки напряжение небаланса должно измеряться вольтметром с внутренним сопротивлением не более 200 Ом. Обычно вместо вольтметра применяют миллиамперметр до 100 мА и внутренним сопротивлением 50 Ом. Его включают через резистор 100 Ом. Максимальному отклонению прибора соответствует напряжение $3U_0 = 15$ В. При измерении прибор подключается к цепи $3U_0$ кнопкой SB, как показано на рисунке 5.4.[44]:

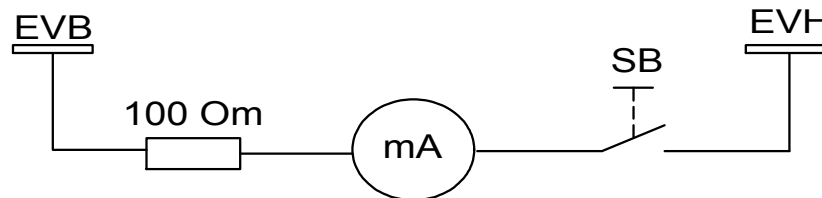


Рис. 5.4. Схема контроля небаланса в «разомкнутом» треугольнике ТН.

5.23. Как определить нагрузку вторичных цепей ТН ?

Предварительный расчет для определения нагрузки и требуемой мощности ТН может быть выполнено по данным о потреблении определенных реле и приборов, подключенных к цепям напряжения. Недостающие данные о потреблении отдельных реле, приборов или устройств могут быть получены путем измерения.

При питании вторичной нагрузки от трехфазного ТН с его мощностью в нужном классе точности (по каталогам, паспорта) сопоставляется утроенная мощность нагрузки наиболее загруженной фазы. Мощность нагрузки находящегося в работе ТН измеряется известными способами измерения (вольтметр или расчет по измеренным фазному току и напряжению):

$$S_{\phi} = U_{\phi} / \sqrt{3} \cdot J_{\phi} \text{ или } S_{\phi} = U_{\phi} \cdot J_{\phi}$$

Для трехфазных ТН мощность фаз суммируется. Для «разомкнутого треугольника» ТН в режиме однофазного КЗ:

$$S_{ТН} = I_{нагр} \cdot 100$$

Где $I_{нагр}$ – нагрузка цепи «разомкнутого треугольника»[44].

5.24. Как выбрать автоматические выключатели во вторичных цепях ТН ?

Автоматические выключатели (автоматы) выбираются на основе расчетов токов КЗ во вторичных цепях ТН с учетом возможного увеличения нагрузки при резервировании другого ТН. Коэффициент чувствительности электромагнитного расцепителя (отсечки) автомата – отношение минимального значения тока КЗ к наибольшему току срабатывания этого расцепителя, должен быть не менее 1,5.

Тепловые расцепители имеют такие же номинальные токи, как и электромагнитные. При этом они начинают работать при токе $1,35I_{ном} \pm 25\%$ и обеспечивают надежное действие при токе около $1,7 I_{ном}$.

Для обеспечения должной чувствительности электромагнитных расцепителей при КЗ во всех случаях применять кратность срабатывания 3,5 $I_{н}$.

При отсутствии автомата на нужный номинальный ток с кратностью 3,5 допускается производить перемотку его электромагнитных расцепителей в лаборатории, мастерской.

Ввиду относительно большого тока срабатывания электромагнитного расцепителя (разброс 3-4 $I_{н}$) для повышения чувствительности автомата к удаленным КЗ и внутриаппаратным повреждениям рекомендуется применение автоматов с электромагнитным и тепловым расцепителями.

Выбор автоматов в цепи основных обмоток при включении на линию ТН типа НКФ должен производиться с учетом необходимости отстройки отсечки автомата от бросков емкостного тока, возникающих при снятии напряжения с линии высокого напряжения. Эти кратковременные

броски тока проходят во вторичных цепях через трансформаторы для регулирования уставок дистанционных защит и могут быть порядка 60-80 А.

Для чего ток срабатывания электромагнитного расцепителя принимается равным

$$I_{ср} = K_n I_{2c}$$

Где K_n – коэффициент надежности равный 1,3;

I_{2c} – максимальное значение емкостного тока во вторичных цепях.

При кратности срабатывания 3,5 номинальный ток расцепителя автомата должен быть

$$I_{ном.расч.} = K_n I_{2c} / 3,5$$

Эффективность такой отстройки от бросков емкостного тока должно проверяться при наладке.

Номинальный ток неселективного автомата, устанавливаемого на щите в цепи удаленных нагрузок, рекомендуется всегда применять равным 2,5 А.

В цепи 3Uo ТН до 35 кВ должен устанавливаться автомат только с тепловым расцепителем, чтобы не разрывать цепь 3Uo при повреждениях между проводами Н и И. При отсутствии провода И автомат в цепь 3Uo должен иметь только электромагнитный расцепитель.

Ликвидация КЗ даже на наиболее удаленных панелях реле защиты и автоматики с помощью теплового расцепителя недопустима. Поэтому при недостаточной чувствительности электромагнитного расцепителя следует для повышения коэффициента чувствительности до $K_{ч} \geq 1,5$ увеличить ранее выбранное по допустимой потере напряжения сечение жил кабелей до этой панели. Сечение жил кабеля от ТН к панели защиты должно быть таким, чтобы при максимальной нагрузке на ТН падение напряжения в кабеле было не более 3%. [44].

5.25. Как правильно включить нагрузку на ТН включенных в открытый треугольник ?

При включении ТН, соединенных в открытый треугольник, нагрузка на напряжение $U_{са}$ не подключается, так как возникают значительные погрешности. Трансформатор типа НАМИ-10 имеет аналогичный недостаток. Если напряжение $U_{са}$ будет равно $\sqrt{3} U_{л}$, значит, изменена маркировка одного из трансформаторов. [35].

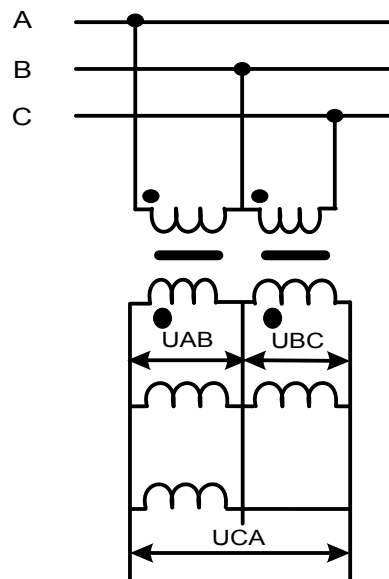


Рис. 5.5. Схема соединений однофазных трансформаторов напряжения в открытый треугольник.

5.25. Какую роль играют высоковольтные предохранители в цепи ТН ?

Высоковольтные предохранители не защищают ТН при повреждении как со стороны НН, так и в самом трансформаторе. Они исключают возможность погашения всей секции при повреждении в ячейке ТН. Использование плавкой вставки высоковольтных предохранителей, чувствительность к КЗ на выводах и в самом ТН, не представляется возможным, так как она будет перегорать от броска тока намагничивания при его включении. [35].

5.26. Укажите назначение трансформаторов напряжения серии СР?

Трансформаторы напряжения измерительные однофазные емкостного типа «СР» на

номинальные напряжения 110-500 кВ новый тип ТН. Пример записи обозначения трансформатора:

«Трансформатор напряжения измерительный однофазный емкостной типа СРА123»

Расшифровка записи обозначения:

СР – серия трансформатора,

А – тип исполнения трансформатора (имеются тип исполнения А и В),

123 – обозначение класса напряжения трансформатора. Класс 123 соответствует номинальному напряжению сети 110 кВ, 245 – 220 кВ 362 – 330 кВ, 550 – 500 кВ.

Трансформаторы предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам (в том числе – при техническом и коммерческом учете электроэнергии), устройствам защиты и управления, а также обеспечения высокочастотной связи (при частотах от 30 кГц до 500 кГц) в электрических системах 50 или 60 Гц с заземленной нейтралью при включении по схеме «фаза – земля». Трансформатор состоит из трех основных частей:

- емкостного делителя напряжения типа CSA или CSB,
- электромагнитного блока типа ЕОА или ЕОВ,
- вспомогательного оборудования для реализации режима высокочастотной связи.

6. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПОДСТАНЦИЙ.

6.1. Дать определение электроустановка и электрическая сеть.

Электроустановка – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (в месте с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Электрическая сеть – совокупность подстанций, распределительных устройств и соединяющих их электрических линий, размещенных на территории района, населенного пункта, и потребителей электрической энергии.[45].

6.2. Что называется коммутационным аппаратом ?

Коммутационный аппарат – электрический аппарат, предназначенный для коммутации электрической цепи и снятия напряжения с части электроустановки (выключатель, выключатель нагрузки, отделитель, разъединитель, автомат, рубильник, пакетный выключатель, предохранитель и т.п.).[45].

6.3. Пояснить назначение разъединителя.

Разъединитель – это контактный коммутационный аппарат, предназначенный для отключения и включения электрической цепи без тока или с незначительным током, который для обеспечения безопасности имеет между контактами в отключенном положении изоляционный промежуток. Разъединителями нельзя отключать токи нагрузки, так как контактная система их не имеет дугогасительных устройств и в случае ошибочного отключения токов нагрузки возникает устойчивая дуга, которая может привести к междуфазному КЗ и несчастным случаям с обслуживающим персоналом.[45].

6.4. Пояснить назначение короткозамыкателя.

Короткозамыкатель – это коммутационный аппарат, предназначенный для создания искусственного КЗ в электрической цепи.

Короткозамыкатели применяются в упрощенных схемах ПС, для того, чтобы обеспечить отключение поврежденного трансформатора после создания искусственного КЗ действием релейной защиты питающей линии.

В установках 35 кВ применяются два полюса короткозамыкателя, при срабатывании которых создается искусственное двухфазное КЗ. В установках с заземленной нейтралью (110 кВ и выше) применяется один полюс короткозамыкателя. [45]

6.5. Пояснить назначение отделителя.

Отделитель внешне не отличается от разъединителя, но у него для отключения имеется пружинный привод. Включение отделителя производится вручную. Отделители, также как разъединители, могут иметь заземляющие ножи с одной или двух сторон. Недостатком существующих конструкций отделителя является довольно большое время отключения (0,4-0,5 с). Отделители могут отключать обесточенную цепь или ток намагничивания трансформатора.[45]

6.6. Можно ли отключать ток КЗ отделителем ?

Возможность отключения токов КЗ трансформатора отделителем подтверждается многолетним опытом использования устройства резервирования отказа короткозамыкателя, которое предусматривается в типовых проектах.[45].

6.7. Чем отличается трансформатор от автотрансформатора ?

Отличие автотрансформатора от трансформатора заключается в том, что две его обмотки электрически соединяются между собой, что обуславливает передачу мощности от одной обмотки к другой не только электромагнитным, но и электрическим путем. У многообмоточного автотрансформатора электрически соединены обмотки ВН и СН, а обмотка НН имеет с ними электромагнитную связь. Три фазы обмоток ВН и СН соединяются в «звезду», и общая нейтраль их заземляется; обмотки НН всегда соединяются в «треугольник».

Обмотка НН понижающего автотрансформатора помимо своего основного назначения создавать цепь с малым сопротивлением для прохождения токов третьих гармоник и тем самым избегать искажения синусоидального напряжения (улучшает симметрию напряжений в сети) – используется для питания нагрузки, а также для подключения компенсирующих устройств и последовательно регулировочных трансформаторов.

Автотрансформаторы не пригодны для использования в сетях с разземленной нейтралью. Объясняется это недопустимым увеличением напряжения выводов обмоток АТ относительно земли, при замыкании на землю фазы в сети СН или ВН, в случае не заземления нейтрали. Так при однофазном замыкании на землю в сети СН на последовательную обмотку соответствующей фазы АТ при незаземленной нейтрали на нем будет воздействовать полное фазное напряжение сети ВН ($U_{\text{в}}/\sqrt{3}$) вместо напряжения $(U_{\text{в}}-U_{\text{с}})/\sqrt{3}$, на которое эта обмотка рассчитана, причем напряжение на выводах СН АТ возрастет почти до значения, равного $U_{\text{в}}$; также резко увеличивается напряжение, приложенное к обмоткам СН неповрежденных фаз. В свою очередь обязательное заземление нейтрали автотрансформатора приводит к чрезмерному увеличению токов однофазного КЗ в сетях, что требует в ряде случаев принятия соответствующих мер для ограничения токов КЗ. Поэтому установка разъединителя в нейтрали автотрансформатора не допускается.[18].

6.8. Для чего заземляется нейтраль силового трансформатора при переключениях в первичной сети ?

Испытаниями установлено, что глухое заземление нейтрали трансформатора облегчает процесс отключения и включения намагничивающего тока. Дуга при отключении трансформатора горит менее интенсивно и быстро гаснет. Это является лучшей мерой, защиты пониженной изоляции трансформаторов от опасных напряжений. Нельзя длительно оставлять заземленной нейтраль, если это не предусмотрено режимом работы сети. Заземлением нейтрали вносится изменение в распределении токов нулевой последовательности и нарушается селективность действия защит от однофазных замыканий на землю.[18].

6.9. Где конструктивно располагаются витки РПН, ПВБ силовых трансформаторов ?

Регулируемые витки РПН, ПВБ, размещены со стороны нейтрали, что позволяет применять устройства РПН с облегченной изоляцией.[18].

6.10. Как распределяется нагрузка при параллельной работе силовых трансформаторов с разными коэффициентами трансформации, $U_{\text{к}}$ и групп соединения ?

При включении трансформаторов на параллельную работу, имеющих разные номинальные напряжения или разные коэффициенты трансформации в замкнутых контурах первичных и вторичных обмоток возникнут уравнительные токи, обусловленные разностью вторичных напряжений. При неравенстве вторичных напряжений трансформаторы будут загружаться уравнительным током даже в режиме ХХ. При работе под нагрузкой уравнительный ток наложится на ток нагрузки поэтому отклонения по коэффициенту трансформации допускается в пределах $\pm 5\%$ номинального значения. Нагрузка между трансформаторами распределяется прямопропорционально их мощностям и обратно пропорционально U_k . В общем случае неравенство U_k приводит к недогрузке одного трансформатора и перегрузке другого. Таким образом, при включении на параллельную работу трансформаторов с различными U_k трансформатор с меньшим U_k примет на себя большую нагрузку. Поэтому допускается отклонение U_k не более чем $\pm 10\%$, а отношение мощностей не более 1:3.

Параллельная работа трансформаторов, принадлежащих к разным группам соединений обмоток, невозможна по той причине, что между вторичными обмотками одноименных фаз соединяемых трансформаторов появляется разность напряжений, обусловленная углом сдвига между векторами вторичных напряжений.[18].

6.11. Опишите неполнофазный режим работы трансформатора.

При неполнофазном режиме, например, исчезновение фазы С в трансформаторе со схемой ВН «звезда» приводит к исчезновению потока Φ_c и появлению на нейтрали и на отключенной фазе напряжения, равного половине фазного

$$U_o = U_a - U_{ав}/2 = -1/2 U_c \quad U'_c = 1/2 U_c = U_o$$

Напряжение на разомкнутых контактах коммутационного аппарата

$$\Delta U_c = U_c - U'_c = 1,5 U_c$$

При подаче напряжения на одной фазе все обмотки трансформатора и его нейтраль будут находиться под напряжением включенной фазы. Между разомкнутыми контактами аппарата напряжение $\Delta U = U_a$. В эксплуатации задержка в устранении неполнофазных режимов ненагруженных трансформаторов неоднократно приводила к авариям. Лучшей мерой защиты пониженной изоляции трансформаторов от опасных напряжений является глухое заземление их нейтралей.

При разрыве фазы и замыкании ее на землю в сторону трансформатора, с заземленной нейтралью. по фазам трансформатора протекают сверх токи нулевой последовательности, в 2-4 раза превышающий номинального. Так как ТТ защит трансформатора на стороне высшего напряжения соединены в треугольник вторичные токи нулевой последовательности замыкаются в треугольнике и не выходят в реле дифференциальной и максимальной токовой защит. Поэтому защиты трансформатора не реагируют на эти сверхтоки.[18].

6.12. Какие процессы происходят в сети 0,4кВ при перенапряжении в питающей сети 6-10 кВ ?

Короткое замыкание – это металлическое соединение двух или более токоведущих частей электроустановки, находящихся под напряжением, при котором возникают большие токи, отключаемые защитой. При правильной эксплуатации сетей и надежной их защите пожар при металлическом КЗ маловероятен. При пробое изоляции это не металлическое замыкание, а замыкание через сопротивление в месте повреждения. Оно-то и создает условия для возникновения пожара, т.к. в этом месте из-за нагрева, изоляция провода загорается.

В сетях здания возникают перенапряжения большой кратности, причем чаще всего в сетях 0,4 кВ с заземленной нейтралью при однофазных КЗ на корпус питающего трансформатора на стороне 6-10 кВ . При замыкании фазы на корпус трансформатора 6-10 кВ возникает ток переходного процесса. В результате на заземлителе и нейтрали трансформатора появляется напряжение U_o . При больших его значениях в сети вторичного напряжения возникает перенапряжение, которое приводит к опасным последствиям. В первый момент перенапряжений напряжение на сопротивлении заземлителя нейтрали не зависит от значения этого сопротивления и определяется начальной фазой φ . В самом неблагоприятном случае, когда $\varphi = \pm \pi/2$ напряжение на заземлителе достигает амплитуды фазного напряжения сети. Так, для $U_n = 6$ кВ $U_o(0) = 4,9$ кВ, а для 10 кВ $U_o(0) = 8,2$ кВ.

Если не учитывать фазные напряжения в сети 0,4 кВ, которые намного меньше импульсов U_0 на всех трех фазах и на нулевом проводе будет иметь место один и тот же потенциал относительно земли U_0 .

Поскольку разность потенциалов между проводами в сети 0,4 кВ равно нулю, то в этих условиях не могут возникать и пробой изоляции между ними, а следовательно, не могут появиться и токи КЗ приводящие к срабатыванию защиты от КЗ. При повреждении изоляции в фазе сети на стороне 6-10 кВ трансформатора с заземленным корпусом возникает переходной процесс. В первый момент (при $t=0$) на сопротивлении заземлителя трансформатора возникает импульс напряжения U_0 , который может достигать амплитудного значения фазного напряжения сети 6-10 кВ. Этот импульс передается через общее для высокого и низкого напряжения сопротивление заземлителя в сети 0,4 кВ, которая оказывается под высоким напряжением относительно земли. В этих условиях появляются высокотемпературные электрические дуги ($t \approx 3000^\circ\text{C}$) между проводами сети 0,4 кВ и заземленными металлическими частями здания. Эти дуги мгновенно воспламеняют горючие материалы здания по всей его площади и даже на разных этажах. [45].

6.13. Чему равна индуктивность заградителя ?

Высокочастотные заградители, имеют индуктивность порядка миллигенри, соизмеримую с индуктивностью сети 6-10 кВ. [45]

6.14. Какие процессы происходят при включении конденсаторных батарей ?

Законы коммутации: ток в индуктивности и напряжение на емкости не могут изменяться скачком, а напряжение на индуктивности и ток через емкость – наоборот. Максимальный ток включения конденсаторной батареи (КБ) наблюдается в начале, когда подключаемая незаряженная КБ создает режим КЗ (напряжение на ней не может измениться мгновенно). В некоторых случаях ток включения целесообразно ограничивать путем установки в цепях КБ токоограничивающих сопротивлений (как правило, в виде реакторов с требуемой индуктивностью). [45].

6.15. В чем заключается опасность повышения напряжения для трансформаторов ?

Опасное для трансформаторов повышение напряжения возникает в сетях 500-1150 кВ при одностороннем отключении длинных ЛЭП с большой емкостной проводимостью. Повышение напряжения вызывают увеличение магнитной индукции в магнитопроводе трансформатора, в следствие чего нарастают ток намагничивания и вихревые токи. Эти токи нагревают обмотки и сердечник трансформатора, что может привести к повреждению изоляции обмоток и «пожару железа» сердечника. [9].

6.16. Где расположен нулевой вывод на крышке трансформатора ?

Нулевой вывод обмоток силовых трансформаторов всегда находится рядом с выводом, имеющим маркировку фазы А. [45].

6.17. Как правильно подключить три параллельных силовых кабелей ?

При включении трех кабелей в параллельную работу их жилы необходимо подключить так, чтобы в каждом кабеле проходили три разные фазы А, В, С. Любое другое подключение вызовет недопустимые потери напряжения при больших токах и перегрев. [35].

6.18. Как правильно включить люминесцентные лампы в сеть ?

Ближайшие люминесцентные лампы необходимо присоединять к разным фазам, так как они гаснут при прохождении синусоиды через ноль. Включение этих ламп на одну фазу вредно действует на зрение. [35].

6.19. Что такое U_k силового трансформатора ?

Напряжение короткого замыкания U_k силового трансформатора – это напряжение, которое необходимо подвести к высоковольтной обмотке при замкнутой низковольтной обмотке для достижения номинального тока, соответствующего номинальной мощности трансформатора

Напряжения K_3 определяют по падению напряжения в трансформаторе, оно характеризует полное сопротивление обмоток трансформатора. Поскольку индуктивное сопротивление обмоток значительно выше активного (у небольших трансформаторов в 2-3 раза, а у крупных в 15-20 раз), то U_k в основном зависит от реактивного сопротивления, т. е. взаимного расположения обмоток, ширины канала между ними, высоты обмоток.

Чем больше высшее напряжение и мощность трансформатора, тем больше напряжение K_3 . Увеличивая значение U_k можно уменьшить токи K_3 на вторичной стороне трансформатора, но при этом значительно увеличивается потребляемая реактивная мощность и увеличивается стоимость трансформаторов. Трехобмоточные трансформаторы могут иметь два исполнения по значению U_k в зависимости от взаимного расположения обмоток. Если обмотка НН расположена у стержня магнитопровода, обмотка ВН – снаружи, а обмотка СН – между ними, то наибольшее значение имеет U_k вн-нн, а меньшее U_k вн-сн. В этом случае потери напряжения по отношению к выводам СН уменьшается, а ток K_3 в сети НН будет ограничен повышенному значению U_k вн-нн. Если обмотка СН расположена у стержня магнитопровода, обмотка ВН – снаружи, а обмотка НН – между ними, то наибольшее значение имеет U_k вн-сн, а меньшее U_k вн-нн. Значение U_k сн-нн останется одинаковым в обоих исполнениях.[45].

6.20. Назовите основные параметры трансформаторов .

К основным параметрам трансформатора относятся номинальные : мощность, напряжение, ток; напряжение K_3 (U_k); ток XX ; потери XX и K_3 .[45].

6.21. Что характеризует ток XX силового трансформатора ?

Ток XX J_{xx} характеризует активные и реактивные потери в стали и зависит от магнитных свойств стали, конструкции и качества сборки магнитопровода и от магнитной индукции. Ток XX выражается в процентах номинального тока трансформатора. В современных трансформаторах с холоднокатанной сталью токи XX имеют небольшие значения[45].

6.22. В каких случаях в электроустановках ВН применяются однофазные трансформаторы вместо трехфазных ?

Однофазные трансформаторы применяются, если невозможно изготовление трехфазных трансформаторов необходимой мощности или затруднена их транспортировка; т. к. предельная единичная мощность трансформаторов ограничивается массой, размерами, условиями транспортировки.[45].

6.23. Какие конструктивные особенности позволяют снизить потери P_{xx} и P_{k3} в трансформаторах ?

Потери XX (P_{xx}) и потери K_3 (P_{k3}) определяют экономичность работы трансформаторов. P_{xx} состоят из потерь в стали на перемагничивание и вихревые токи. Для уменьшения их применяется электротехническая сталь с малым содержанием углерода и специальными присадками, холоднокатанная сталь толщиной 0,3 мм с жаростойким изоляционным покрытием. P_{k3} состоят из потерь в обмотках при протекании по ним токов нагрузки и добавочных потерь в обмотках и конструкциях трансформатора. Добавочные потери вызваны магнитными полями рассеяния, создающими вихревые токи в крайних витках обмотки и конструкциях трансформатора (стенки бака, ярмовые балки и др.). Для их снижения обмотки выполняются многожильными транспонированным проводом, а стенки бака экранируются магнитными шунтами. Чем меньше мощность трансформатора, тем больше относительные потери в нем.[45].

6.24. Для чего на трансформаторах применяются расширитель и термосифонный фильтр ?

Расширитель трансформатора представляет собой цилиндрический сосуд, соединенный с баком трубопроводом и служит для уменьшения площади соприкосновения масла с воздухом.

К баку трансформатора крепится термосифонный фильтр, заполненный силикагелем или другим веществом поглощающим продукты окисления масла. При циркуляции масла через фильтр происходит непрерывная регенерация его.[45].

6.25. Чем различаются системы охлаждения трансформаторов М и Д ?

Естественное масляное охлаждение (М) выполняется для трансформаторов мощностью до 16 МВА включительно. В таких трансформаторах тепло, выделенное в обмотках и магнитопроводе, передается окружающему маслу, которое, циркулируя по баку и радиаторными трубами, передает его окружающему воздуху.

Масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла (Д) применяется для более мощных трансформаторов. В этом случае в навесных охладителях из радиаторных труб помещаются вентиляторы. Вентилятор засасывает воздух снизу и обдувает нагретую верхнюю часть труб. Пуск и останов вентиляторов могут осуществляться автоматически в зависимости от нагрузки и температуры нагрева масла.[45].

6.26. Могут ли работать трансформаторы с системой охлаждения ДЦ и Ц с отключенными маслонасосами ?

На трансформаторах с системами охлаждения ДЦ и Ц устройства принудительной циркуляции масла должны автоматически включаться одновременно с включением трансформатора и работать непрерывно независимо от нагрузки трансформаторов.

Трансформаторы мощностью 250 МВА с охлаждением ДЦ и Ц при аварийном прекращении искусственного охлаждения (прекращение работы вентиляторов при системе охлаждения ДЦ, циркуляции воды при системе охлаждения Ц или при одновременном прекращении работы водяных и масляных насосов при системе охлаждения Ц и вентиляторов, насосов при системе охлаждения ДЦ) допускают работу с номинальной нагрузкой в течении 10 минут (в режиме холостого хода в течении 30 минут).

Если по истечении указанного времени температура верхних слоев масла не достигла 80°С, допускается поддерживать нагрузку до достижения температуры верхних слоев масла 80°С, но не более 1 часа после прекращения искусственного охлаждения.

Для трансформаторов мощностью более 250 МВА допустимы те же режимы, но при условии, что температура верхних слоев масла не превышала 75°С.[45].

6.27. Как выполняется контроль уровня масла трансформаторов ?

Для обеспечения постоянного заполнения бака маслом при изменении температуры трансформаторы снабжаются расширителем. Объем расширителя составляет около 10% объема масла в баке трансформатора и системе охлаждения. Контроль уровня масла в расширителе трансформатора и отсеке расширителя контактора устройства РПН осуществляется с помощью маслоуказателя (стеклянной трубкой).

На маслоуказателях или на стенке бака расширителя для трубчатых и плоских маслоуказателей наносятся метки температуры - 45, +15, +40°С для умеренного климата и -60, +15, +40°С для холодного, а у трансформаторов, выпускавшихся до введения ГОСТ 11677-65, метки соответственно -35, +15, +35°С.

В длительно неработающем трансформаторе масло принимают температуру окружающего воздуха, поэтому его уровень в расширителе должен соответствовать примерно температуре окружающего воздуха.

В работающем трансформаторе уровень масла должен находиться примерно на отметке, соответствующей средней температуре масла в трансформаторе, а в отсеке расширителя контактора РПН – не ниже 15°С, так как объемы контактора соизмеримы с объемами расширителя.[45].

6.28. Какие устройства применяются для охлаждения силовых трансформаторов (автотрансформаторов) ?

Согласно ПТЭ на трансформаторах (автотрансформаторах) и реакторах должны применяться автоматические устройства охлаждения, К ним можно отнести шкаф охлаждения (ШД), шкаф

автоматического управления охлаждением трансформатора (ШАОТ) – которые предназначены для автоматического и ручного управления электродвигателями системы охлаждения .

ШАОТ-ДЦ (ЦН) для управления системы охлаждения с принудительной циркуляцией масла через обмотки (с направленным движением масла через обмотки).

Схема сигнализации обеспечивает сигналы о трех основных аварийных ситуациях:

- отключение всех электродвигателей рабочих охлаждающих устройств;
- о включении электродвигателей резервного охлаждающего устройства;
- о включении резервного источника питания.

Дополнительно имеется сигнализация:

- о снижении или полном исчезновении напряжения в питающих вводах; неисправности магнитных пускателей в цепях управления питающих ввод; неисправности автоматических выключателей в силовых цепях питающих вводов;
- об отключении электродвигателей вентиляторов или электронасоса любого работающего охлаждающего устройства;
- о снижении или полном исчезновении напряжения в рабочем вводе, неисправности магнитного пускателя в цепи управления рабочего ввода; неисправности автомата в силовой цепи рабочего ввода

Шкаф ШД обеспечивает охлаждение трансформаторов с системой охлаждения М и Д и обеспечивает включение двигателей вентиляторов при достижении температуры верхних слоев масла 55°С или при достижении тока, равного 1,05 номинального, независимо от температуры верхних слоев масла; отключение двигателей вентиляторов при снижении температуры верхних слоев масла до 50°С, если при этом ток нагрузки менее 1,05 номинального.

6.29. Опишите что произойдет при включении трансформаторов на параллельную работу с разными коэффициентами трансформации ?

Неравенство коэффициентов трансформации у параллельно работающих трансформаторов повлечет за собой уравнивающие токи. Уравнивающий ток является индуктивным током, и хотя в некоторых случаях его значение может оказаться выше номинального тока трансформатора, с учетом того, что он складывается с током основной нагрузки почти в квадратуре, допускается кратковременное включение на параллельную работу таких трансформаторов на время перехода с одного трансформатора на другой. Иногда этот способ используется для проверки устройств РЗА под нагрузкой, предварительно произведя расчеты, чтобы не перегрузить вторичные обмотки.[45].

6.30. Как по типу определить назначение шкафов для трансформаторов напряжения ?

Шкаф ШЗН-1А предназначен для вторичного соединения ТН, установленных на линиях 330-500 кВ, на шинах 110-500 кВ , на стороне высшего напряжения автотрансформаторов подстанций с принципиальной схемой распределительных устройств «полоторная» и «многоугольник».

Шкаф ШЗН-1Б имеет тоже назначение, но без автоматического выключателя, используемого для защиты цепей напряжения счетчиков.

Шкаф ШЗН-2 предназначен для подключения и распределения вторичных цепей ТН, устанавливаемых на шинах 35 кВ, на стороне низшего напряжения автотрансформатора (трансформатора), на шинах турбогенератора.

Шкаф ШЗН-3 предназначен для подключения и распределения вторичных цепей ТН, устанавливаемых на линии 35 кВ,на обходной СШ 110-220 кВ, на стороне 35 кВ автотрансформатора с высшим напряжением без дополнительных вторичных обмоток.

6.31. Какое значение имеет правильно выбранный режим нейтрали силовых трансформаторов ?

Глухое заземление нейтрали (при котором нейтраль трансформатора присоединена к заземляющему устройству металлически или через малое сопротивление) применяется во всех электроустановках напряжением 110 кВ и выше, и это объясняется большим технико-экономическими преимуществами такого способа именно для установок высокого напряжения. Внутренние перенапряжения в таких установках ниже, чем перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью (не превышают 2,5 U_n) и поэтому стоимость изоляции линий и аппаратов получается значительно ниже, чем при изолированной нейтрали.

Количество заземленных нейтралей на станции и подстанции определяется необходимым значением тока однофазного КЗ, который не должен быть меньше 60% тока трехфазного КЗ. Чтобы повышение напряжения на здоровых фазах не превышало 0,8 Улин. Такое значение тока может быть обеспечено при заземлении лишь части нейтралей трансформаторов. Заземление нейтралей всех без исключения трансформаторов подстанции не практикуется, так как при этом увеличиваются токи КЗ на землю, что осложняет работу релейной защиты.[41].

6.32. Что такое электрическая дуга и ее характеристики при постоянном и переменном токе ?

При отключении цепи тока выключателем высокого напряжения его контакты расходятся, однако цепь тока не разрывается, так как между контактами возникает электрическая дуга, т. е. сильно ионизированный столб газа, ставшим проводящим под влиянием высокой температуры. При малой отключающей мощности возникает лишь искра, при больших мощностях отключения возникает дуга, под действием которой контакты обгорают; требуются специальные устройства для ее гашения и размыкания цепи. Зависимость тока дуги от напряжения на ней носит название вольт-амперной характеристиками дуги. Для дуги постоянного тока эта характеристика имеет падающий характер, что объясняется весьма быстрым ростом проводимости дугового промежутка при увеличении тока.

При неизменном (поддерживаемом при определенном значении какими-либо внешними средствами) дуга постоянного тока устойчива. Всякие температурные отклонения в створе дуги немедленно компенсируются изменениями потребляемой мощности, и температура дуги возвращается к первоначальному значению.

По другому ведет себя дуга постоянного тока при неизменном напряжении. При повышении температуры в створе дуги увеличивается его проводимость, возрастает ток и соответственно мощность. Это приводит к дальнейшему повышению проводимости и температуры. Обратный процесс охлаждения дуги приводит в конечном счете к ее погасанию. Таким образом, дуга постоянного тока при неизменном напряжении неустойчива.

В дуге переменного тока, возникающей в выключателях переменного тока, ток изменяется периодически с частотой 50 Гц. Дуга поэтому не является стационарной, а находится в состоянии динамического равновесия. Максимальное значение напряжения на дуге, соответствующее моменту появления тока в дуге, называют «напряжением зажигания», а моменту перехода тока через нуль – «напряжением гашения».

Удовлетворительно организованный отвод теплоты дуги, как правило, означает успешное отключение короткого замыкания. Неудовлетворительный отвод теплоты дуги почти всегда ведет к неприятным последствиям – выбросу масла из масляных выключателей, повреждению дугогасителей воздушных выключателей и даже взрывам выключателей.[41].

6.33. Какие методы применяются для гашения дуги в выключателях постоянного тока ?

В выключателях постоянного тока основным средством гашения дуги является растягивание ее до так называемой критической длины т. е. такую длину дуги при которой она существовать не может. Если ЭДС контура меньше 30 В, размыкание его не будет сопровождаться возникновением дуги, как бы велик не был отключаемый ток.

Практически в аппаратах низкого напряжения нашли применение три типа дугогасительных устройств: открытый разрыв, щелевые дугогасительные камеры и деионные решетки. Деионные или дугогасительные решетки представляют собой набор металлических пластин, расположенных в виде зубьев гребенки, разбивающих дугу на ряд коротких дуг и охлаждающих ее ствол наподобие радиаторов.[41].

6.34. Какие способы повышают отключающую способность выключателей переменного тока ?

Увеличение скорости расхождения контактов сокращает длительность горения дуги и количество энергии, выделяемое ею, и таким образом облегчает работу выключателя. Существует предельная минимальная продолжительность горения дуги, равная длительности полуволны переменного тока 50 Гц т. е. 0,01 сек. Более быстрое гашение дуги будет иметь неприятные последствия в виде перенапряжений и поэтому не рекомендуются и применяется конструкция последовательного включения нескольких дугогасительных камер.

Получающийся при этом так называемый многопредельный разрыв позволяет во много раз увеличить отключающую способность выключателя.

Выравнивание напряжений на разрывах выключателя с многократным разрывом дуги достигается включением шунтирующих сопротивлений или конденсаторов, как показано на рис.6.1.[41]

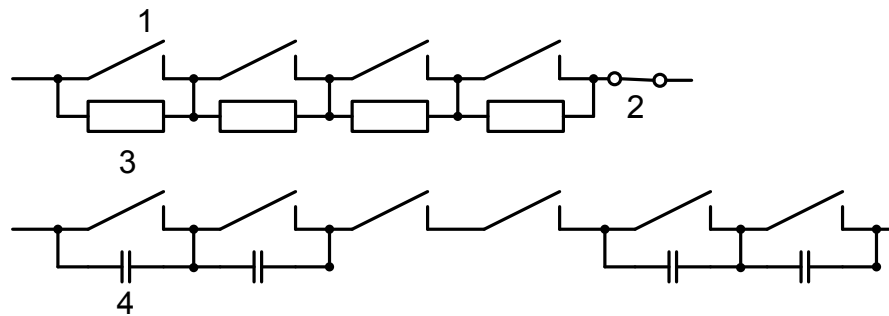


Рис.6.1. Схема включения дугагасительных элементов.

- 1-разрыв полюса
- 2-отделитель
- 3-шунтирующие сопротивления
- 4-емкостные шунты

6.35. В чем заключаются преимущества и недостатки автотрансформаторов ?

Преимущества автотрансформаторов по сравнению с трансформаторами той же мощности:

- меньше расход меди, стали, изоляционных материалов;
- меньшая масса, а следовательно, меньшие габариты, что позволяет создать автотрансформаторы больших номинальных мощностей чем трансформаторы,
- меньше потери и больший КПД;
- более легкие условия охлаждения.

Недостатки автотрансформаторов:

- необходимость глухого заземления нейтрали, что приводит к увеличению токов однофазного КЗ;
- сложность регулирования напряжения;
- опасность перехода атмосферных перенапряжений вследствие электрической связи обмоток ВН и СН.[45].

6.36. Почему токоограничивающие реакторы не имеют стального магнитопровода ?

Реакторы служат для ограничения токов КЗ в мощных электроустановках, а также позволяют поддерживать на шинах определенный уровень напряжения при повреждениях за реакторами. Основная область применения реакторов – электрические сети напряжением 6-10 кВ. Иногда токоограничивающие реакторы используются в установках 35 кВ и выше, а также при напряжении ниже 1000 В. Реактор представляет собой индуктивную катушку не имеющую сердечника из магнитного материала. Благодаря этому он обладает постоянным индуктивным сопротивлением, не зависящим от протекающего тока.[45].

6.37. Создают ли перенапряжения в сети высоковольтные выключатели ?

Не существует выключателей, при коммутации которых не возникали бы перенапряжения. Однако вероятность возникновения и кратность различны. Для масляных выключателей наиболее вероятны перенапряжения при включении, причем они могут достигать пятикратных значений от номинальных. При применении вакуумных выключателей перенапряжения создаются при отключении и также достигают пятикратных значений.

Для элегазовых выключателей вероятность возникновения перенапряжений приблизительно одинакова как при включении, так и при отключении, но кратность их ниже и достигает трех-четырёх от номинальных значений.

Таким образом, перенапряжения создаются всеми типами выключателей. Эти проблемы позволяют решать современные ограничители перенапряжений (ОПН).[новости электротехники №2 2002г].

6.38. Назовите преимущества и недостатки вакуумных выключателей.

Основные преимущества вакуумных выключателей:

- отсутствие необходимости в замене и пополнении дугогасящей среды, компрессорных установок и масляного хозяйства;

- высокая износостойкость при коммутации номинальных токов КЗ;
- быстрое восстановление электрической прочности ($10-50$) 10^3 В/мкс;
- полная взрыво- и пожаробезопасность;
- надежная работа в случае, когда в процессе отключения малого тока в цепи возникает ток КЗ (дугогасительные устройства масляных выключателей обычно разрываются);
- широкий диапазон температур окружающей среды (от -70 до $+200^\circ\text{C}$), в котором возможна работа вакуумных дугогасительных камер;
- повышенная устойчивость к ударным и вибрационным нагрузкам;
- произвольное рабочее положение вакуумного дугогасительного устройства;
- бесшумность, чистота, удобство обслуживания, обусловленные малым выделением энергии в дуге и отсутствием внешних эффектов при отключении токов КЗ;
- высокое быстродействие;
- возможность организации высокоавтоматизированного производства.

Недостатки вакуумных выключателей:

- трудности разработки и изготовления, связанные с созданием специальных контактных материалов, сложностью вакуумного производства, склонностью материалов контактов и сварке в условиях вакуума;
- большие капитальные вложения, необходимые для наладки массового производства.

6.39. Описать характер отказов и их причины масляных выключателей серии ВМТ.

Сборник СРМ-2000 указывает следующие недостатки ВМТ:

1. Перекрытия внутренней изоляции опорных колонн были следствием следующих причин:
 - недоброкачественного изготовления стеклопластиковых тяг в первые года выпуска ВМТ
 - увлажнения стеклопластиковых тяг в результате заливки ВМТ на заводе-изготовителе маслом с недостаточной электрической прочностью;
 - невыполнения в процессе монтажа измерения электрической прочности масла и его замены в случае увлажнения.
2. Разрушения изоляторов опорных колонн и дугогасительных устройств при выполнении операций и в стационарном состоянии обусловлены развитием трещин в фарфоре в области армировочных швов при резких изменениях температуры окружающего воздуха. Причина: несовершенство технологии армировки на заводе «Урализолитор»
3. Отказы ВМТ в выполнении операций включения и отключения, составляющие 50% общего числа отказов, обусловлены следующими причинами:
 - перегораниями электромагнитов управления
 - обрывами тросов (на ВМТ с током отключения 20 кА) и цепных передач;
 - поломками рычагов, осей, траверс рабочих пружин и других деталей;
 - разрегулировкой элементов кинематики и блок-контактов приводов.
4. Причинами недовключения ВМТ сопровождавшихся повреждениями контактных систем и дугогасительных устройств являлись:
 - неправильная регулировка элементов приводов и выключателей при монтаже;
 - недостаточный натяг рабочих пружин приводов и, как следствие, заниженные скорости движения подвижных контактов при включениях выключателей;
 - произвольная установка полюсов (110 кВ) и колонн (220 кВ) при монтаже (без соблюдения их заводской маркировки) и невыполнение при этом требований заводских инструкций по регулировке и испытаниях ВМТ в более полном объеме;
 - эксплуатация ВМТ без подогрева приводов и колонн в зимнее время (несвоевременное включение подогревателей или их перегорание из-за низкого качества изготовления и невыполнение их сушки при монтаже);
 - эксплуатация ВМТ в режиме ручного оперирования (переключатель режимов в положении «ручное»);

- использование обычного трансформаторного масла вместо арктического в районах с холодным климатом (ниже -45°C).
- 5. Зависание подвижных контактов в промежуточном положении при отключениях из-за нерасцепления ведущего и ведомого рычагов приводов ППрК ВМТ-110-25 и ВМТ-220-25 в конце предшествующей операции включения (в циклах ВО и ОВО). Причиной нерасцепления рычагов являлась неправильная установка болта- упора расцепителя рычагов.
- 6. Перекрытие продольной изоляции дугоасистельных устройств и внутренней изоляции опорных колонн при коммутациях и в стационарном состоянии из-за ухудшения состояния масла, контактов и камер в результате предшествующей ненормальной работы ВМТ (недовключение и зависание контактов).

6.40. Назовите элементы высокочастотного канала защиты.

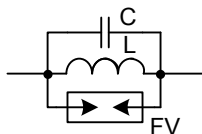
Конденсатор связи – предназначен для присоединения поста защиты к ЛЭП. Сопротивление конденсатора связи зависит от частоты проходящего через него тока. Для промышленной частоты 50 Гц оно велико (порядка 1 200 000 Ом), поэтому ток утечки весьма мал. При высоких частотах более 50 кГц сопротивление конденсатора резко уменьшается. Конденсаторы изготавливаются в виде элементов рассчитанных на рабочее напряжение 32 кВ и имеющих емкость элементов 4400 пФ. На ЛЭП 110 кВ устанавливаются два элемента, соединенных последовательно, на ЛЭП 220 кВ – четыре.

Фильтр присоединения – согласовывает (уравнивает) входное сопротивление кабеля с входным сопротивлением ЛЭП, соединяет нижнюю обкладку кабеля связи с землей, образуя таким образом замкнутый контур для токов ВЧ, и компенсирует емкость конденсатора связи, что позволяет уменьшить до минимума сопротивление конденсатора для токов ВЧ.

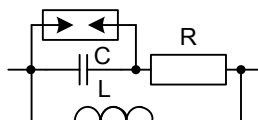
Заградитель – преграждает выход токов ВЧ за пределы ЛЭП. Сопротивление заградителя зависит от частоты. Для токов ВЧ, передаваемых по данному каналу, сопротивление велико, а для токов промышленной частоты оно очень мало. Заградитель представляет собой резонансный контур настроенный на определенную частоту – частоту ВЧ канала; он состоит из силовой индуктивной катушки и элемента настройки, выполненного в виде регулируемой емкости.[9].

6.41. В чем заключаются отличия широкополосного и резонансного заградителя ?

В резонансном заградителе емкость С подбирается так, чтобы контур заградителя был настроен в резонанс (тока) на заданную частоту т.е. чтобы сопротивление индуктивности катушки заградителя было равно сопротивлению емкости конденсатора элемента настройки. При резонансной частоте сопротивление контура имеет максимальное значение не менее 100 Ом.



В широкополосных заградителях запирающие токи в широком диапазоне частот. Такие заградители нужны для каналов, по которым одновременно передается несколько сигналов с различными частотами.



У обоих заградителей для защиты конденсатора С от грозовых и коммутационных перенапряжений устанавливается разрядник FV.[9].

6.42. Как правильно установить короткозамыкатель в первичной схеме силового трансформатора ?

Установка одного короткозамыкателя для искусственного замыкания на землю одной фазы (для сети с глухозаземленной нейтралью) или двух фаз между собой (для сети с изолированной нейтралью) должна осуществляться в схеме силового трансформатора, вне зоны дифференциальной защиты трансформатора. [45].

6.43. Допускается ли разделение систем (секций) шин при отключении шиносоединительного выключателя ?

При необходимости вывода в ремонт ШСВ или по другим системным соображениям допускается раздельная работа СШ с отключением ШСВ. Однако во многих случаях это приводит к резкому изменению расчетных режимов выбора уставок РЗ прилегающей сети и как следствие – к возможным неправильным действиям защит. Поэтому допустимость такого режима должно предварительно оцениваться. [24].

6.44. Когда применяется обходная система шин с обходным выключателем ?

Обходная система шин с отдельным выключателем выполняется при числе присоединений на подстанции более шести. При меньшем количестве присоединений используется схема совмещенного с обходным секционного или шиносоединительного. [24].

6.45. Для чего предназначено приспособление для измерения напряжения (ПИН) на вводах высокого напряжения ?

В высоковольтных вводах электрооборудования имеется присоединение измерения напряжения (ПИН). К данному присоединению подключается конденсаторная обкладка, которая наносится на предпоследний цилиндр изоляционного каркаса ввода. ПИН предназначен для профилактических измерений основной части изоляции ввода («тангенса» угла диэлектрических потерь, поэтому данный вывод еще называют «тангенсный» вывод). В нормальном режиме вывод ПИНа должен быть заземлен. [45].

6.46. Как располагаются трансформаторы тока встроенные в выключатели 35-220 кВ ?

Под крышкой каждого бака выключателя 35 кВ на вводах расположены встроенные ТТ. Расположены следующим образом: если встать к выключателю со стороны привода выключателя то первый трансформатор расположен на левом вводе ближнем к приводу, второй на левом вводе с противоположной стороны от привода. Третий на среднем вводе со стороны привода, четвертый на среднем вводе с противоположной стороны от привода. Пятый и шестой аналогично, с правой стороны выключателя.

ТТ встроенные в выключатели 110-220 кВ располагаются следующим образом: если встать к выключателю со стороны привода то первый ТТ расположен на левом вводе ближний к приводу и является нижним ТТ на данном вводе. Второй ТТ расположен на правом вводе ближнем к приводу и также является нижним ТТ на данном вводе. Третий аналогично первому на левом среднем вводе. Четвертый ТТ расположен на среднем вводе с правой стороны от привода и также являются нижними ТТ на данном вводе. Пятый и шестой ТТ расположены с левой и с правой стороны соответственно на крайних вводах от привода выключателя и являются нижними на своем вводе. Седьмой и восьмой ТТ расположены слева и с право соответственно на ближних к приводу выключателя вводах и являются верхними для своего ввода. Девятый и десятый ТТ расположены на средних вводах соответственно с лева и с право от привода выключателя и являются верхними на своем вводе. Одиннадцатый и двенадцатый расположены аналогично предыдущим только на крайних вводах от привода выключателя.

6.47. В чем заключаются особенности вакуумного выключателя серии ВВ/ TEL от других типов вакуумных выключателей ?

В выключателях применяется современная конструкция вакуумной дугогасительной камеры с аксиальным магнитным полем. Дуга в таком поле находится все время в диффузионном

состоянии, что существенно уменьшает износ, который не превышает 1 мм после исчерпания коммутационного ресурса.

Включение и отключение выключателя производится от блока управления (БУ), который является неотъемлемой частью ВВ. При подаче команды включения БУ подает напряжение на катушки электромагнита, которые включаются параллельно. За счет магнитного потока электромагнитов и кольцевого магнита происходит движение якоря и включение ВВ. После замыкания контактов якорь становится на магнитную защелку и удерживается в этом положении неограниченно долго за счет остаточной индукции кольцевого электромагнита.

В случае обрыва цепи катушки электромагнита одного из полюсов выключатель не фиксируется во включенном положении и отключается, тем самым предупреждается работа выключателя в неполнофазном режиме.

Источником электрической энергии для включения ВВ служат предварительно заряженные малогабаритные конденсаторы, установленные в БУ или в блоке питания (БП).

Отключение ВВ происходит при подаче команды отключения БУ подает на катушку электромагнита напряжение противоположной полярности и определенной длительности. При этом электромагнит частично размагничивается и якорь снимается с магнитной защелки.

6.48. Какие меры необходимо применить для предотвращения последствий повреждения ячеек масляных выключателей ?

На отходящих ВЛ 6-10 кВ с выключателями ВМП-10 нежелательно устанавливать АПВ. После срабатывания клапанной дуговой защиты необходим «запрет» АПВ вводного МВ. Включение МВ на отходящих ВЛ и КЛ в КРУН 6-10 кВ следует производить с помощью выносного пульта снаружи КРУН 6-10 кВ.

Оперативный персонал должен следить, чтобы пружины привода были незамедлительно заведены после каждой операции.

6.49. Какие особенности конструкции и компоновки разъединителя и каким образом влияют на развитие открытой электрической дуги при его отключении?

Разъединитель успешно отключает ток, если его размеры и компоновка позволяют дуге беспрепятственно развиваться (растянуться) до критической длины, обеспечивающей самопогасание. Существенными являются габариты до ближайших расположенных под разъединителем или рядом с ним токоведущих, а также заземленных частей. Принадлежащих как тому же присоединению, что и разъединитель, так и другим присоединениям. Важно также и исполнение подвода ошиновки к самому разъединителю.

В случае горизонтально-поворотного разъединителя дуга тока отключения первоначально образуется в горизонтальной плоскости, и лишь потом поднимается вверх под воздействием тепловой конвекции.

В случае вертикально-рубящего разъединителя дуга первоначально ориентирована вертикально, но сразу же после возникновения начинает вытягиваться кверху.

Чрезвычайно благоприятные условия для самопогасания дуги на разъединителе имеют место в случае, когда критическая длина дуги меньше расстояния между полностью разомкнутыми контактами, так как при этом дуга погаснет ранее завершения операции отключения; в такой ситуации существенное значение имеет скорость размыкания разъединителей: чем скорее расходятся контакты, тем скорее дуга достигает критической длины и тем короче время ее существования и тем меньше возможностей для ее подъема с увеличением длины ствола.

Если же критическая длина дуги существенно превосходит расстояние между размыкающими контактами – роль скорости. С которой отключается разъединитель, заметно снижается, так как дуга погаснет значительно позже.

Включать разъединитель следует быстро «до упора», безусловно доводя начатую операцию включения до конца; что касается отключения, то целесообразно начинать эту операцию медленно.

При отключении чисто емкостного тока (зарядный ток ЛЭП или конденсаторной батареи) открытая электрическая дуга длиннее, чем при отключении активного или индуктивного тока той же величины.

6.50. Какими соображениями следует руководствоваться при определении очередности оперирования полюсами разъединителя с пофазным управлением?

При оперировании однополюсными разъединителями следует иметь в виду. Что отключение первой по порядку фазы от источника питания переводит электроустановку из трехфазного режима работы в двухфазный. На отключаемой со стороны питания фазе разъединителя обычно сохраняется встречное (то есть со стороны электроприемника) напряжение. Хотя и существенно сниженное по сравнению с нормальным рабочим режимом. Вследствие этого обстоятельства дуга на размыкающихся отключаемой фазе разъединителя либо не возникает вообще, либо она имеет незначительную интенсивность, так как даже при отключении тока нагрузки она вызвана протеканием в ней составляющей тока обратной последовательности, составляющей лишь некоторую долю полного тока нагрузки. Отключение второй по порядку фазы переводит электроустановку из двухфазного режима в однофазный, при котором большинство электроприемников неработоспособны и, следовательно, не потребляют тока нагрузки вообще. Поэтому отключение под нагрузкой второй по порядку фазы сопряжено с разрывом существенно большего тока, чем на первой или третьей (по порядку) фазах, а при выполнении этой операции разъединителями вызывает появление дуги наибольшей длины, то есть наиболее опасно.

Следовательно первой по порядку следует отключать ту фазу, которая находится в наихудших условиях с точки зрения расположения относительно других элементов электроустановки. В частности при расположении разъединителя в одной горизонтальной плоскости целесообразно первой отключать среднюю фазу. Но, с другой стороны, крайнюю фазу целесообразно отключить первой, если именно она расположена близко к заземленным конструкциям, стенам, ограждениям. В случае расположения фаз разъединителя друг над другом обычно наиболее опасно отключение самой нижней фазы.

7. ОПЕРАТИВНЫЕ ЦЕПИ УСТРОЙСТВ РЗА.

7.1. Какие схемы питания оперативных цепей постоянного тока применяются на ПС ?

Ток, питающий цепи управления, релейной защиты, автоматики, называется оперативным током.

Для повышения надежности питания потребителей на ПС обычно имеются две секции и постоянного тока. Все потребители постоянного тока могут быть переведены на 1С или 2С секции шин. Шинки сигнализации \pm ШС примерно на середине щита управления обычно имеют разрыв и соединяются секционным рубильником. Обычно шинки управления \pm ШУ подключаются к 1С секции шин, а шинки \pm 2ШУ ко 2С секции шин. Шинки сигнализации обычно подключаются ко 2С секции шин.

Питание шинок управления и сигнализации осуществляется по разомкнутой кольцевой схеме. При такой схеме шинки делятся на две примерно равные части (секции), каждая из которых получает питание со щита постоянного тока через свой предохранитель (автоматический выключатель) и переключатели. Секционный рубильник, соединяющий эти две секции шинок, нормально разомкнут.[58].

7.2. Какие источники и схемы оперативного тока применяются на ПС ?

Источники оперативного тока осуществляют питание цепей дистанционного управления выключателями, устройств РЗА, и других средств управления. Для питания оперативных цепей применяются источники постоянного, переменного и выпрямленного тока. В качестве источника постоянного тока служат аккумуляторные батареи с номинальным напряжением 220-110 В.

Источниками выпрямленного оперативного тока служат силовые выпрямительные устройства и специальные блоки питания, которые питаются переменным током от измерительных трансформаторов тока и напряжения и ТСН.

В качестве источника переменного оперативного тока используют измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также трансформаторы собственных нужд (ТСН). Кроме того, в качестве источников оперативного тока используют предварительно заряженные конденсаторы.[59].

7.3. Назвать назначение и отличия блоков питания ?

Блоки питания служат для питания оперативных цепей :

БПН – нестабилизированные блоки питания, подключаемые к измерительным трансформаторам напряжения или к трансформаторам собственных нужд.

БПТ – стабилизированные блоки питания, подключаемые к трансформаторам тока.

БПЗ – блоки питания и заряда конденсаторов в сочетании с батареями конденсаторов.

БПНС, УСЗ, УСН – блок стабилизированного напряжения для питания выпрямленным стабилизированным напряжением цепей защиты, автоматики и управления.

УКП, БПРУ – комплектные выпрямительные устройства применяются для питания соленоидов включения электромагнитных приводов и состоят из выпрямителя и распределительного устройства выпрямленного тока.

ШУОТ – шкаф управления оперативным током. Включает в себя аккумуляторную батарею и зарядно-подзарядное устройство.

Блоки серии БПН(Т) –11 предназначены для питания устройств РЗА, когда потребление этих цепей не превышает 20 Вт в длительном и 40 Вт в кратковременном режиме.

БПН(Т) – 101 соответственно 100 Вт и 200 Вт. БПН(Т)- 1002 – соответственно 800 Вт и 1500 Вт.[3].

7.4. Как распределяется нагрузка при постоянном подзаряде аккумуляторных батарей ?

При режиме постоянного подзаряда аккумуляторная батарея все время подключена к зарядному устройству, непрерывно подзаряжающему ее током, который определяется интенсивностью саморазряда батареи. Зарядное устройство принимает на себя постоянную нагрузку, а кратковременные нагрузки, сопровождаемые большими толчками токов, например при включении выключателей с электромагнитными приводами, воспринимаются аккумуляторной батареей, имеющей по сравнению с зарядным устройством значительно меньшее внутреннее сопротивление.[37].

Опишите принцип работы феррорезонансных стабилизаторов и укажите их недостатки ?

Стабилизаторы С-0,5; С-0,75; С-0,9 представляют собой трансформатор с большим индуктивным сопротивлением рассеяния, достигаемым благодаря применению магнитного шунта. Значение емкости конденсатора С и сопротивления рассеяния подобрано так, что часть магнитопровода, на которой расположена вторичная обмотка W_2 , находится в режиме магнитного насыщения, поэтому напряжение на вторичной обмотке в определенных пределах мало зависит от первичного напряжения, особенно при его понижении.

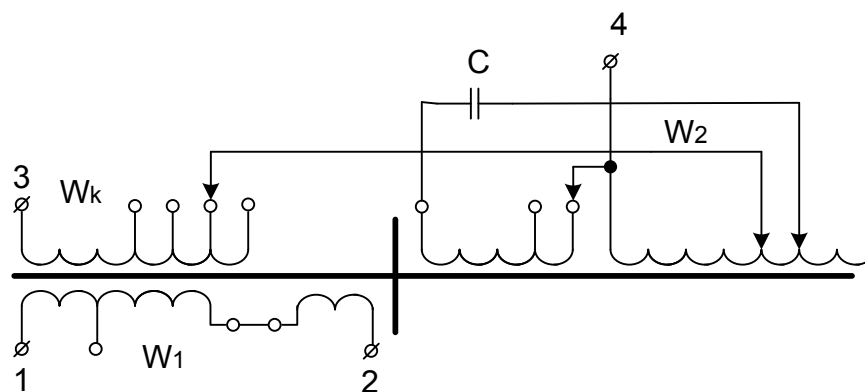


Рис.7.1. Схема стабилизатора С-0,75

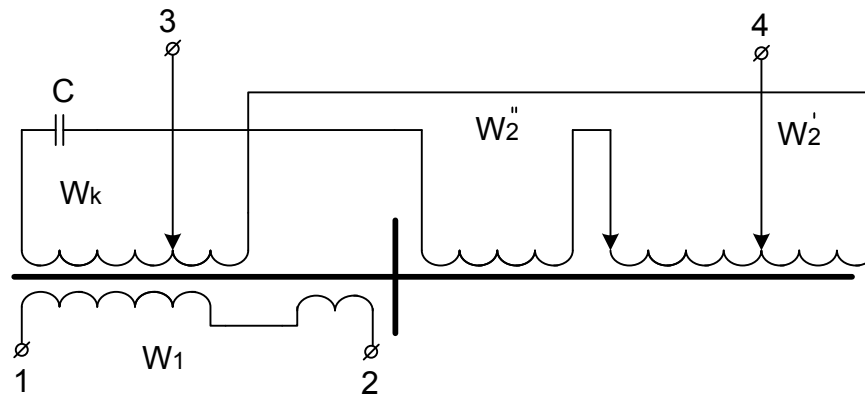


Рис.7.2.Схема стабилизаторов С-0,5; С- 0,9

На насыщенной части магнитопровода находится компенсационная обмотка (W_k) напряжение которой вычитается из вторичного напряжения и снижает его (в определенных пределах) при повышении напряжения питания. Так как сердечник стабилизаторов работает в режиме насыщения, то форма вторичного напряжения значительно отличается от синусоидальной: содержание высших гармоник, в основном третьей и пятой, доходит до 3,5%. Для многих устройств такая форма выходного напряжения недопустима по принципу их действия. Кроме того, искаженная форма напряжения вызывает вибрацию якорей реле, что в свою очередь вызывает нечеткую работу контактов и повышенный износ механизмов реле.

Следует особо отметить, что стабилизаторы поддерживают напряжение оперативного тока лишь при обычных в эксплуатации колебаниях напряжения сети в нормальном режиме и удаленных КЗ. При близких КЗ феррорезонансные стабилизаторы не могут обеспечить необходимое значение напряжения, поэтому все вторичные схемы должны строиться так, чтобы снижение напряжения или полное исчезновение оперативного тока не вызывали их отказа или неправильной работы.

Вторичные напряжения однотипных стабилизаторов у разных экземпляров могут значительно отличаться друг от друга; при параллельном включении стабилизаторов за счет этого могут возникать чрезмерные уравнивающие токи. Поэтому в общем случае параллельная работа стабилизаторов нежелательна. В ряде случаев неравномерность нагрузки стабилизаторов может улучшить, включив дополнительный резистор во вторичную обмотку того стабилизатора, у которого вторичное напряжение выше. Значение сопротивления подбирается опытным путем; по условиям обеспечения термической стойкости он должен длительно пропускать номинальный вторичный ток стабилизатора.[15].

Назвать особенности включения феррорезонансных стабилизаторов .

В трехфазных схемах нельзя включать вторичные обмотки стабилизаторов в треугольник, из-за наличия гармоник во вторичном напряжении по контуру треугольника будут проходить значительные токи, вызывающие недопустимый перегрев стабилизаторов. Магнитопроводы стабилизаторов сильно греются; поэтому стабилизаторы следует устанавливать так, чтобы обеспечивалось их охлаждение.

Следует особо обратить внимание на то, что вторичный ток КЗ стабилизаторов очень мал, примерно лишь вдвое больше номинального тока и сильно зависит от величины первичного напряжения. Эта особенность требует очень тщательного расчета и настройки защиты стабилизаторов от КЗ.

Следует особо отметить, что стабилизаторы одновременно являются и трансформаторами, отделяющими вторичные цепи от остальной сети собственных нужд. Это важно потому, что сопротивление изоляции сети собственных нужд обычно невелико и при отсутствии трансформатора появляется опасность неправильной работы вторичной аппаратуры при двойных замыканиях на землю. Если не применены стабилизаторы, вторичные цепи необходимо питать через разделительный трансформатор.

Стабилизаторы имеют большой ток ХХ сравнительно с минимальным током КЗ. Поэтому допускается вынужденный отказ автоматического выключателя при КЗ на выводах стабилизатора.[15].

7.7. Укажите область применения блоков питания БПЗ-401 ?

Для медленного заряда конденсаторов к БПЗ-401 подключаются через резистор с сопротивлением примерно 1,5 кОм. Все технические характеристики устройства БПЗ-401 гарантируются для использования их или только в качестве блока питания, или только в качестве зарядного устройства. Одновременное использование устройства в качестве зарядного устройства и блока питания оперативных цепей возможно при соответствующем подборе нагрузки, так как напряжение оперативных цепей и напряжение заряда конденсатора взаимосвязаны. При этом оперативные цепи релейной защиты включаются на выводы 7 и 10, а заряжаемые конденсаторы на выводы 6 и 10. Выводы одного полюса вторичной обмотки на зажим 5 позволяет выполнить на двух устройствах БПЗ-401, трехфазную мостовую схему выпрямления, включая их на разные линейные напряжения.[15].

7.8. Как измерить напряжение заряда и каким должно быть напряжение заряда от БПЗ-401?

Значение напряжения на выходе зарядного устройства при котором электромагнит четко срабатывает, должно быть не более 260 В (65% номинального значения выпрямленного напряжения). Измерять после заряда напряжение на конденсаторной батарее кратковременным подключением вольтметра с внутренним сопротивлением не менее чем 2 кОм на 1 В. [17].

7.9. Почему используется повышенное значение напряжения для заряда конденсаторов от БПЗ ?

Конденсатор заряжается в нормальном режиме через зарядное устройство. Емкость конденсатора должна быть достаточной для накопления энергии W , необходимой для приведения в действие реле или электромагнита отключения. Энергия заряженного конденсатора определяется по формуле

$$W = CU^2/2$$

где C – емкость конденсатора,

U_k – напряжение заряженного конденсатора.

Для получения требуемого значения энергии при возможно меньшей емкости C следует увеличивать U_k . В устройствах заряда, выпускаемых промышленностью, принято $U = 400$ В [9].

7.10. Почему устройство БПЗ-402 не имеет контроля напряжения ?

Поскольку устройство БПЗ-402 не может являться самостоятельным зарядным устройством, а включается только параллельно зарядному устройству, питаемому от цепей напряжения, в нем не предусмотрена схема контроля напряжения. [34].

7.11. Возможна ли работа выпрямителей типа БПРУ-66, УКП-1 при неполнофазном режиме питающей сети ?

При неполнофазном режиме (обрыв одной фазы питания или повреждения выпрямительных диодов (в БПРУ-66, УКП-1) в выпрямленном напряжении резко увеличивается переменная составляющая, а среднее выпрямленное напряжение уменьшается незначительно. Но в этом режиме выпрямитель не может обеспечить включение выключателя; поэтому предусмотрена сигнализация о неполнофазном режиме.

В цепи контроля выпрямленного напряжения в БПРУ-66 и УКП-1 имеется схема контроля изоляции сети. Чувствительность контроля 43 кОм. Заменять предохранители в БПРУ-66, УКП-1 на другие типы нельзя, т.к. применяются быстродействующие предохранители ПНБ5-380. [15].

7.12. Для чего применяется накопитель в устройстве УКП-2 ?

Накопитель представляет собой мощный электромагнит, подключаемый параллельно соленоиду включения выключателя. Если выключатель включается на КЗ и напряжение снизилось, то специальная схема на полупроводниках преобразует магнитную энергию,

запасенную в накопителе, в электрический ток, проходящий по соленоиду и заканчивающий включение выключателя. В режиме холостого хода напряжение на выходе устройства УКП составляет 257-297 В, а при подключении нагрузки – 230 В. Выпрямленный ток устройства УКП с выходом через накопитель 55-150 А, а без него 150-320 А. Устройство обеспечивает включение выключателя на КЗ при исчезновении напряжения с током потребления электромагнита включения до 150 А. Устройство предназначено для использования в импульсном режиме. Количество импульсов в цикле при токе 320 А – 4, при 150 А – 5, при 100 А – 10. Минимально допустимое время между циклами – 0,5 с, а между циклами – 10 мин.[15].

7.13. Для чего в УКП-2 применяется режим «опробование» ?

Режим «опробование» предусмотрен с целью проверки исправности элементов схемы и работоспособности устройства. В этом режиме переключатель S2 переводится в положение «опробование», после чего замыкается кнопка S3. Срабатывание указательного реле К3 свидетельствует об исправности элементов схемы и ее работоспособности.[31].

7.14. Какие меры применяются для поддержания работоспособности концевых элементов аккумуляторной батареи ?

В установках, где для включения мощных электромагнитов масляных выключателей требуется повышенное напряжение, устанавливают дополнительные элементы. Батареи с дополнительными элементами состоят из 120, 128, 140 элементов вместо 108. В таких случаях схема несколько изменяется. Чтобы предотвратить сульфатацию пластин дополнительных элементов, которые разряжаются эпизодически, между минусом и отпайкой от 108-го элемента включается регулируемый резистор, с помощью которого создается ток разряда, равный току разряда основных элементов.

Для поддержания работоспособности концевых элементов в нормальном режиме работы батареи применяют схемы подзаряда этих элементов от самостоятельного источника тока или шунтируют регулируемым балластным резистором, выбранным по току нагрузки батареи:

$$R = U_n / I_{нагр.}$$

где U_n – напряжение концевых элементов батареи,

$I_{нагр.}$ – ток нагрузки основных элементов батареи (в основном потребление устройствами РЗА).

Что обеспечивает поддержание напряжение $2,2 \pm 0,05$ В на элемент.

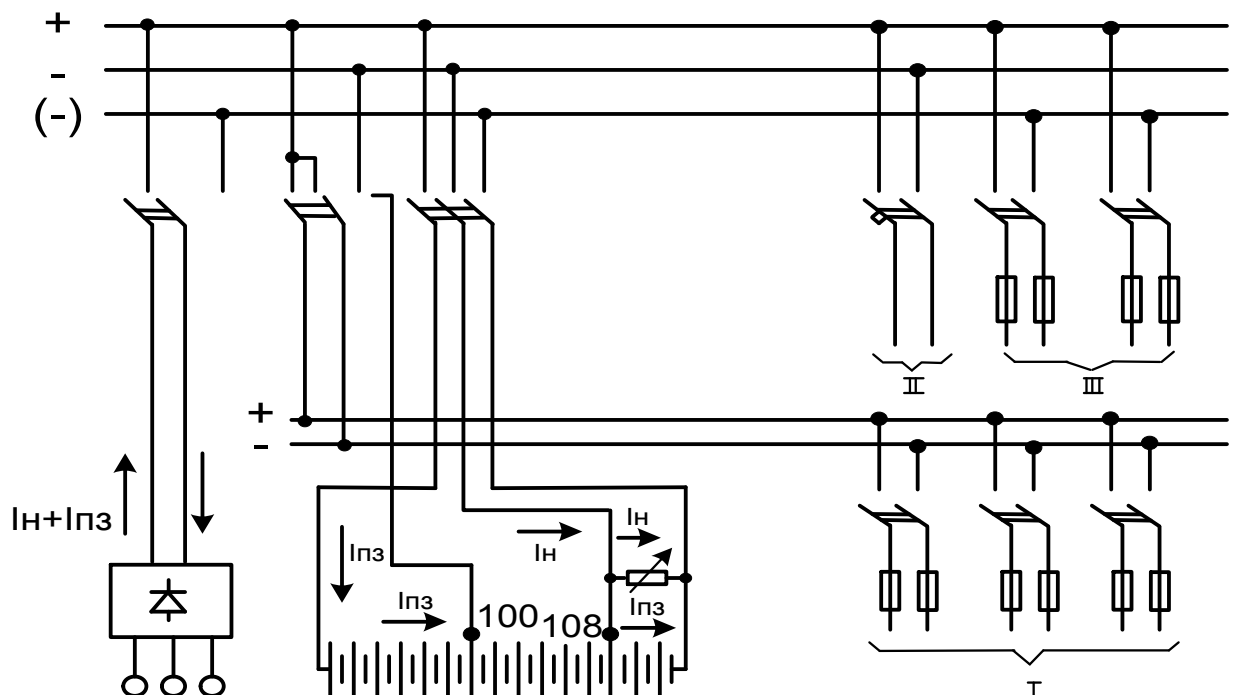


Рис.7.3. Схема включения дополнительного резистора на концевые элементы аккумуляторной батареи.

При уменьшении нагрузки сети персонал соответственно изменяет сопротивление резистора. Ток, проходящий через амперметр, должен быть равен нулю. [18].

7.15. Назовите наиболее рациональные схемы включения токовых блоков типа БПТ .

Наиболее рациональной схемой включения токового блока, применяемой в сети с изолированной нейтралью, является включение на разность вторичных токов ТТ двух фаз (Ja – Jc). При таком включении на выходе БПТ (Uвых.бпт) появляется при всех видах междуфазных КЗ и двойных замыканий, возможных в этих сетях, за исключением случая двухфазного КЗ за трансформатором с соединением обмоток Y/Y-0.

При необходимости действия релейной защиты и в этих случаях, дополнительно к БПТ, включенному на разность токов фаз А и С, устанавливается второй БПТ, включенный на ток третьей фазы В (при наличии на ней ТТ), либо блок напряжения БПН, включенный на междуфазное напряжение Uac тех же фаз, от которых питается БПТ. [9].

7.16. Какие меры применяются для разделения блоков питания оперативных цепей на выпрямленном токе ?

Особенностью схем питания оперативных цепей выпрямленным током от блоков БПНС и БПТ является обеспечение резервирования питания со стороны выпрямленного напряжения без устройств АВР. Надежное резервирование в этом случае обеспечивается тем, что со стороны переменного тока блоки напряжения получают питание от разных секций щита СН, токовые блоки – от ТТ разных трансформаторов. Со стороны выпрямленного тока все блоки БПНС и БПТ объединены.

Для надежности питания цепей управления при возникновении замыканий на выводах блоков напряжения выходные цепи блоков разделены диодами. Для связи между блоками тока и напряжения и уменьшения перенапряжений, возникающих при прохождении через трансформаторы тока, от которых питаются блоки БПТ, больших токов КЗ, разделительные диоды (VD Д242) зашунтированы резисторами (R ПЭ-50 100 Ом), как показано на рисунке 7.4. [59]:

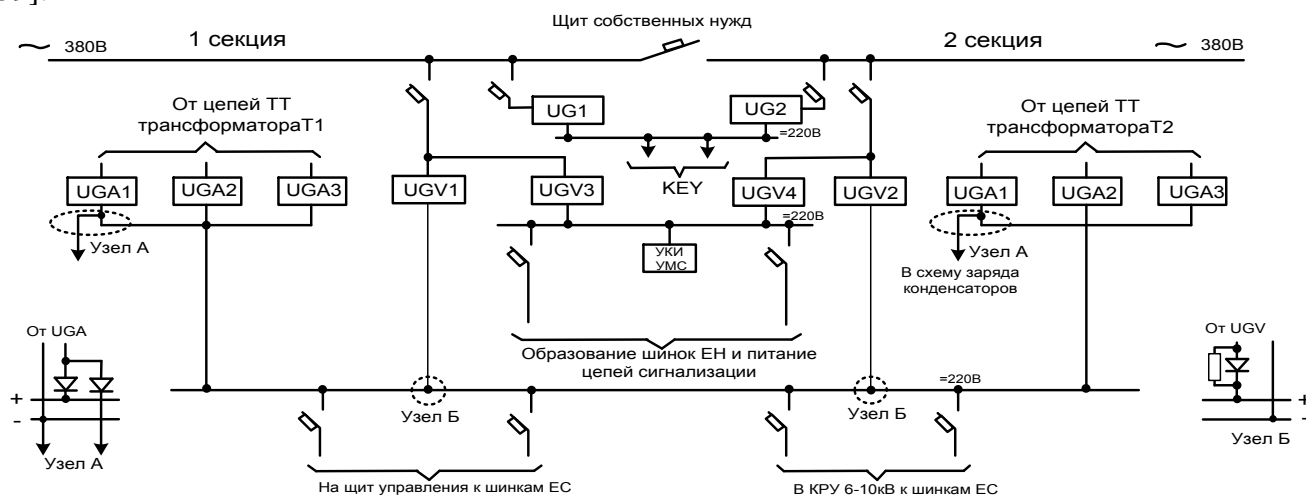


Рис.7.4. Схема включения блоков питания UGA и UGV .

7.17. Каковы особенности параллельной работы нескольких блоков БПНС-2 ?

Особенностью параллельной работы нескольких блоков БПНС-2 и загрузка трансформаторов напряжения является следующее:

- можно регулировкой резисторов R3, R4 изменять степень загрузки каждого блока (увеличение R3 и R4 ведет к уменьшению загрузки блока, не рекомендуется уменьшать их

величину ниже 150 Ом, так как они могут выйти из строя), при наличии блоков БПНС-2, питающихся от трансформаторов собственных нужд и трансформаторов напряжения, целесообразно в нормальном режиме уменьшить нагрузку блоков, питающихся от ТН, за счет увеличения нагрузки блоков, питающихся от ТСН;

- измеряется пофазно ток нагрузки ТН при включенных блоках питания в нормальном режиме. Для ТН типа НКФ-110 нагрузка должна быть не более 500 ВА на фазу в классе 1 и не более 1000 ВА на фазу в классе точности 34;
- Уменьшение числа стабилизаторов в плечах измерительного моста также приводит к снижению напряжения. Уменьшение числа работающих стабилизаторов производится шунтированием переключкой. Не рекомендуется сокращать число стабилизаторов в одном плече моста ниже 17 штук.[59].

7.18. Какие шкафы используются в комбинированных устройствах питания цепей оперативного тока ?

В комбинированных устройствах питание электромагнитов включения выключателей осуществляется от УКП, подключенного к ТСН, а цепей управления, автоматики, защиты и сигнализации – от небольшой герметической аккумуляторной батареи с автоматическим подзарядом от выпрямительных устройств. Такими АБ оборудованы, например, шкафы управления оперативным током (ШУОТ).[59].

7.19.. К чему может привести появление переменной составляющей в постоянном оперативном токе ?

Обычно аккумуляторные батареи работают в режиме постоянного подзаряда от статических зарядно-подзарядных агрегатов типа ВАЗП или подобных. Напряжение постоянного тока на выходе статического подзарядного агрегата имеет некоторую переменную составляющую. Частота и амплитуда пульсаций зависит от схемы подзарядного агрегата. Поскольку батарея и подзарядный агрегат включены на шины щита постоянного тока (от которых питаются цифровые терминалы) параллельно, то батарея существенно сглаживает эти пульсации до безопасных цифровых терминалов значений. Однако если по каким либо причинам автомат аккумуляторной батареи оказался отключенным, то переменная составляющая оперативного тока от подзарядного агрегата попадает в цифровой терминал и может вызвать его повреждение. Поэтому при установке цифровых терминалов следует проверить значение пульсаций, даваемых подзарядными агрегатами, и сравнить их с допустимыми для применяемой серии терминалов. При недопустимом уровне пульсаций может потребоваться замена подзарядного агрегата на другой тип или установка на его выходе специальных фильтров.[7].

7.20. Укажите порядок следования цепей в ряду зажимов на панелях и шкафах РЗА.

Порядок следования цепей устройств РЗА по ряду зажимов сверху вниз (слева направо) при постоянном оперативном токе (при переменном оперативном токе порядок следования аналогичен) следующий:

- токовые цепи фаз А,В,С,Н каждой группы ТТ;
- цепи напряжения фаз А,В,С,Н,У,К,Ф каждого ТН;
- цепи оперативного тока:
 - разводка «+» оперативного тока;
 - плюсовые цепи устройств автоматики (АПВ, АВР, АЧР и др.) и защиты;
 - плюсовые цепи ламп сигнализации положения выключателя (при их питании от цепей управления), реле контроля положения, фиксации команд и другие промежуточные цепи (нечетные марки по возрастанию);
 - цепи включения;
 - цепи отключения;
 - минусовые промежуточные цепи (четные марки по убыванию);
 - разводка «-» оперативного тока;
- отправки к плюсу оперативного тока, цепям отключения или блокировок других монтажных единиц;

- цепи сигнализации: разводка +ШС, вспомогательные и промежуточные шинки сигнализации, промежуточные цепи предупредительной и аварийной сигнализации, лампы сигнализации положения (при их питании от цепей сигнализации), разводка –ШС:
- цепи от резервных контактов реле и аппаратов:
- прочие и транзитные цепи. Транзит токовых цепей выполняют через нормальные зажимы. Маркировку цепей постоянного тока выполняют числами с учетом полярности цепей.. Участки цепей положительной полярности обозначают нечетными числами, отрицательной – четными.[59].

7.21. Возможно ли использовать зарядные устройства серии БПЗ-400 одновременно для питания цепей РЗА и заряда конденсаторов?

Все технические характеристики устройств БПЗ-400 гарантируются для использования их или только в качестве блока питания, или только в качестве зарядного устройства. Одновременное использование устройства БПЗ-400 в качестве зарядного устройства и блока питания оперативных цепей возможно при соответствующем подборе нагрузки, так как напряжение оперативных цепей и напряжение заряда конденсатора взаимосвязаны.

При этом следует также принимать специальные меры (выдержку времени при возврате выходных реле защиты, включение удерживающих обмоток выходных реле в цепь электромагнита отключения выключателя и др.) для обеспечения надежной работы РЗ при кратковременном снижении оперативного напряжения во время разряда или заряда конденсаторов.[3].

7.22. Имеются ли технические особенности эксплуатации шкафа управления оперативным током ?

Шкаф управления оперативным током имеет следующие особенности технического обслуживания:

ПЗУ, входящее в состав ШУОТ, обеспечивает стабилизацию выпрямленного напряжения с точностью $\pm 2\%$ при изменении от 10% до 100% номинального значения. Это значит, что при токе 2А выходное напряжение ШУОТ становится нестабильным и изменяется на непредсказуемую величину.

ПЗУ обеспечивает стабилизацию выпрямленного тока в более узком диапазоне температур. При росте температуры свыше $+25^{\circ}\text{C}$, выпрямленное напряжение может меняться на непредсказуемое значение, в зависимости от качества комплектующих.

При снижении напряжения аккумуляторной батареи до уровня 190 В срабатывает защита от глубокого разряда. ШУОТ переходит в режим заряда, а нагрузка обесточивается.

При загорании индикации «Снижение сопротивления изоляции» в течение 30 мин. Нужно выяснить, какая шина сидит на корпусе и если это «+» -я шина, то обесточить ШУОТ, т.к при этом выходит из строя резистор R53.

При работе от сети, от которой питается близко расположенные источники помех (особенно мощные тиристорные устройства), возможны сбои в управлении тиристорами.

8. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ВЛ-110 кВ и ВЫШЕ

8.1. Какие виды защит применяются на ВЛ-110-220 кВ ?

Сети, как правило, работают с глухозаземленными нейтралью. Поэтому защиты выполняются как от многофазных (за исключением двойного замыкания на землю в разных точках), так и от однофазных КЗ. Сети часто имеют сложную конфигурацию, несколько источников питания. Поэтому для защиты от многофазных КЗ (включая двойного замыкания на землю в одной точке) часто применяются дистанционные ступенчатые защиты с разными характеристиками органов сопротивления, снабжаемые блокировками от качаний и нарушений вторичных цепей. От замыканий на землю применяются не дистанционные защиты, а токовые многоступенчатые направленные защиты нулевой последовательности.

В случаях, когда по условиям обеспечения устойчивости системы и ответственных потребителей требуется действие защиты на всей длине защищаемого участка без выдержки времени (на шинах станций и узловых подстанций $U_{ост}$ при 3-х фазном КЗ $\leq 0,6 \div 0,7 U_{ном}$),

возможны два решения вопроса: дополнение ступенчатых защит устройствами ВЧ блокировки или передачи отключающих сигналов и использование в качестве основной отдельной продольной защиты с абсолютной селективностью. Предпочтение отдается второму варианту, обеспечивающему независимость в эксплуатации и более совершенное ближнее резервирование. На тупиковых линиях иногда удается использовать и более простые токовые ступенчатые защиты.[67].

8.2. Какие защиты называются дистанционными ?

Дистанционными называются защиты с относительной селективностью, выполняемые с использованием измерительных органов сопротивления – органов, характеристической величиной для которых по ГОСТ является заданная функция выраженных в комплексной форме отношений воздействующих напряжений к воздействующим токам.

Практически работа дистанционных защит при КЗ определяется не только расстоянием до места повреждения, но и рядом других искажающих факторов – переходными сопротивлениями, наличием между местами их включения и КЗ источников питания и нагрузок, сдвигами по фазе между ЭДС источников питания, неоптимальным сочетанием воздействующих величин органов сопротивления и т.д.[67].

8.3. Назовите типы панелей используемые для защиты ВЛ-110-220 кВ.

В настоящее время используются электромеханические, полупроводниковые и микропроцессорные типы панелей защит. К ним относятся панели снятые с производства но до сих пор находящиеся в эксплуатации: ПЗ-157, ПЗ-158, ПЗ-152, ПЗ-153, ПЗ-164А, ПЗ-2, ПЗ-201, ДФЗ-2,

Выпускаемые промышленностью ЭПЗ-1636; ШДЭ-2801(2); ПДЭ-2802; ДФЗ-201; ЭПЗ 1637-91(для выполнения поперечной дифференциальной токовой направленной защиты параллельных ЛЭП); ЭПЗ 1639 91 (для выполнения продольной дифференциальной токовой защиты 1-й или 2-х ЛЭП); ЭПЗ 1643 (ВЧ блокировка ДЗ и от замыканий на землю); ШДЭ 2803 (ДЗ и токовая защита линий с комплектами УРОВ); ШЭ2607 011021 (шкаф защиты линии и автоматики управления линейным выключателем); ШЭ2607 031 (направленная защита линии с ВЧ блокировкой); ШЭ2607 081 (дифференциально-фазная защита линии). Шкафы серии ШЭ2607 выполнены на микропроцессорных терминалах серии БЭ2704.

8.4. Как выбираются ступени защиты нулевой последовательности от замыканий на землю одиночных линий 110-500 кВ с двухсторонним питанием без ответвлений ?

Согласно Руководящего указания по РЗ №12 *ток срабатывания первой ступени* при выполнении ее без выдержки времени выбирается по условиям отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты:

- при замыкании на землю на шинах противоположной подстанции;
- в кратковременном неполнофазном режиме, возникающий при одновременном включении фаз выключателя;
- в неполнофазном режиме, возникающем в цикле ОАПВ на защищаемой линии.

Ток срабатывания второй ступени защиты выбирается по условиям:

- отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю за предыдущим автотрансформатором на стороне его смежного напряжения;
- отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты в неполнофазном режиме, возникающим в цикле ОАПВ на защищаемой или предыдущей линии, а также в длительном неполнофазном режиме на предыдущей линии.

Вторая ступень обычно защищает всю линию и работает с выдержкой времени 0,4-0,5 с.

Ток срабатывания третьей ступени выбирается по условию согласования с защитой предыдущей линии (со второй или третьей ее ступенью) или защитой от замыканий на землю предыдущего автотрансформатора, установленной на стороне смежного напряжения.

Ток срабатывания четвертой ступени должен быть отстроен от тока при внешних замыканиях между фазами, если рассматриваемая ступень защиты нулевой последовательности

имеет выдержку времени, равную или меньшую, чем защита от замыканий между фазами на поврежденном элементе.

Третья и четвертая ступени резервируют 1-ю и 2-ю и осуществляют функции дальнего резервирования. Их срабатывание (кроме ускоряемых при включении) дает основание предполагать наличие неисправности в цепях 1-й или 2-й ступеней, возможен также отказ выключателя или защит на смежном элементе.

3-я и 4-я ступени, как наиболее чувствительные, могут срабатывать при неполнофазном режиме. Допускается в этом случае выводить работавшие ступени. В большинстве случаев не удастся обеспечить селективность при неполнофазном режиме.[52].

8.5. ПАНЕЛЬ ЗАЩИТЫ ЭПЗ-1636.

8.5.1. Укажите назначение и состав панели ЭПЗ-1636.

Панель защиты ЭПЗ-1636 предназначена для использования в качестве основной и резервной или только резервной защиты одиночных и параллельных ВЛ-110,220 кВ с двухсторонним и односторонним питанием, с отпайками и без отпаяек.

Панель защиты включает в себя:

- для защиты от междуфазных КЗ – трехступенчатую дистанционную защиту (ДЗ), две ступени которой размещены в комплекте ДЗ-2, а третья – в комплекте КРС-1, с блокировкой при качаниях комплект КРБ-126 (ЭПЗ-1636./2) или КРБ-125 (ЭПЗ-1636/1), и двухрелейную токовую отсечку (комплект КЗ-9);
- блокировку при неисправностях цепей напряжения;
- для защиты от КЗ на землю – четырехступенчатую токовую защиту нулевой последовательности (ТЗНП). В панелях ЭПЗ-1636М в данном комплекте размещены три ступени, а четвертая – вне комплекта;
- для контроля наличия тока через выключатель и обеспечения работы устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ) имеется два реле тока типа РТ-40/Р.

Панель типа ЭПЗ-1636м разделена на два комплекса.

В первый комплекс входит:

- 2-х ступенчатая дистанционная защита типа ДЗ-2 (1-я и 2-я ступени);
- блокировка при качаний КРБ-126 (КРБ-125);
- одноступенчатая токовая защита нулевой последовательности (4-я ступень).

Во второй комплекс входит:

- токовая отсечка типа КЗ-9;
- одноступенчатая ДЗ типа КРС-1. (3-я ступень);
- трехступенчатая защита нулевой последовательности типа КЗ-10.

Питание цепей переменного тока каждого комплекса может осуществляться от отдельных групп ТТ, питание цепей напряжения – посредством отдельных кабелей от панели ТН, а питание оперативных цепей – через отдельные автоматические выключатели.[30]

8.5.2. Какой принцип действия положен в основу дистанционной защиты ?

Основным элементом ДЗ является дистанционный измерительный орган (ДО), определяющий удаленность КЗ от места установки РЗ. Поведение ДО, реагирующего на сопротивление линии, зависит от расстояния до места повреждения. К зажимам реле сопротивления (РС) подводятся вторичные значения U_p и J_p от трансформаторов напряжения (ТН) и тока (ТТ) Реле выполняется так, чтобы его поведение в общем случае зависело от отношения U_p к J_p . Это отношение является некоторым сопротивлением Z_p . При КЗ $Z_p = Z_{p.k.}$, и при определенных значениях $Z_{p.k.}$ реле сопротивления срабатывает; оно реагирует на уменьшение Z_p , поскольку при КЗ U_p уменьшается, а J_p возрастает. Наибольшие значения Z_p , при котором РС срабатывает, называется сопротивлением срабатывания реле $Z_{c.p.}$ [9].

8.5.3. Как выбираются уставки первой ступени дистанционной защиты ?

С учетом того, что первые ступени ДЗ не имеют выдержки времени, по условию селективности они не должны действовать за пределами защищаемой линии, Исходя из этого

протяженность первой ступени, не имеющей выдержки времени, берется меньше протяженности защищаемой ЛЭП и обычно составляет 0,8-0,9 длины ЛЭП. Остальная часть защищаемой ЛЭП и шины противоположной подстанции охватываются второй ступенью ДЗ этой ЛЭП. [9].

8.5.4. Какие ступени ДЗ блокируются устройством блокировки при качаниях ?

Устройство блокировки при качаниях, блокирует первую ступень, а в тех случаях, когда время действия второй ступени мало (менее 1с) – и вторую. Потому что время периода качаний незначительное.[9].

8.5.5. Назовите основные требования к реле сопротивления.

1. Реле сопротивления 1-й ступени должны быть быстродействующими: время срабатывания в сетях 500 кВ – 0,01-0,02 с, в сетях 110-220 кВ – 0,02-0,04 с. При выполнении 1 ступени ДЗ с выдержкой времени панель ЭПЗ-1636 имеет недостаток: потеря «памяти» при близких трехфазных КЗ.
2. Реле сопротивления, выполняющие функции измерительного органа 1-й, 2-й и 3-й ступеней ДЗ, должны иметь высокую точность при срабатывании в конце зоны их действия.
3. Измерительные органы 2-й ступени должны иметь коэффициент возврата больше или равно 1,05-1,1, что позволит повысить их чувствительность.
4. Реле сопротивления не должны работать в переходных режимах при наличии в токе и напряжении апериодических составляющих с частотой, отличающихся от 50 Гц.
5. Реле сопротивления должны обладать высокой помехоустойчивостью, исключающих их ложное срабатывание от воздействия внешних и внутренних помех.
6. Реле сопротивления должны быть надежными и простыми в эксплуатации, иметь возможно меньшее потребление мощности в цепях тока. [9].

8.5.6. Что называется током точной работы реле сопротивления ?

Тот минимальный ток, при котором напряжения в схеме сравнения еще обеспечивают $Z_{ср} = 0.9 Z_{уст.}$, называется током точной работы. Реле сопротивления может работать с достаточной точностью только в определенном диапазоне токов реле особенно в начальной части кривой зависимости $Z_{ср} = f(I_p)$ в области малых токов. [30].

8.5.7. Следует ли учитывать влияние дуги при расчете дистанционной защиты ВЛ ?

Оценить влияние дуги при расчете можно, исходя из приближенного определения падения напряжения на дуге порядка 1 кВ на каждый метр дуги. Если принять, что при КЗ дуга может раздуться и в 2-3 раза превысить расстояние между фазами ВЛ, то можно для каждого конкретного случая рассчитать сопротивление дуги. Анализ показывает, что при малых сопротивлениях дуги и относительно малых уровнях токов КЗ влияние переходного сопротивления дуги может быть значительным и требует учета при расчете уставок. [30].

8.5.8. В каких целях применяется устройство блокировки при качаниях ?

В случае нарушения устойчивости параллельной работы электростанций по ЛЭП возникают качания, сопровождающиеся значительными колебаниями тока, напряжения и угла между ними. Поскольку реле сопротивления может сработать при этих колебаниях, дистанционная защита дополняется блокировкой при качаниях. В блокировках используется тот факт, что при КЗ возникает несимметрия систем токов и напряжений (устойчивая, если КЗ несимметричное, и кратковременная, если КЗ трехфазное). При появлении несимметрии (КЗ) блокировка разрешает сработать защите в течение заданного времени; при отсутствии несимметрии (качания) защита остается заблокированной. КРБ разрешает работать с временем менее 1,5 секунды 1-й и 2-й ступеням защиты только при КЗ. [30].

Может ли сработать реле сопротивления при однофазном КЗ на землю ?

При 2-х фазных КЗ на землю свойство реле сопротивления сохраняется как при 3-х и 2-х фазных КЗ. Реле сопротивления реагирует на однофазные КЗ, но с укороченной зоной, поэтому возможно одновременное срабатывание ТНЗП и ДЗ. Наиболее часто одновременно срабатывают 1-я зона и 1-я ступень ТЗНП, в этом случае надо искать КЗ в начале линии, поскольку зона действия ДЗ при однофазном КЗ сильно сокращается. [30].

8.5.10. Для чего установлены резисторы 9R-12R в комплекте ДЗ-2 контура сравнения ?

Для поддержания неизменным сопротивления тормозного контура при регулировке уставок трансформатора 1TV последовательно с отпайками грубой регулировки уставки включены резисторы 9R-12R.[5].

Что называется трансреактором ?

Трансреактор – это трансформатор с зазором, сопротивление ветви намагничивания которого на порядок меньше сопротивления нагрузки. Поэтому напряжение на вторичной обмотке трансреактора близко к производной тока в первичной обмотке. Трансреактор ослабляет апериодическую составляющую, но увеличивает содержание высших гармоник тока. [8].

Каким способом изменяется фмч в комплекте ДЗ-2 ?

Два значения угла максимальной чувствительности получаются шунтированием вторичных обмоток трансреактора резисторами 1R и 3R или 2R и 4R. Напряжение, вводимое в схему сравнения со вторичных обмоток трансреактора, пропорционально первичному току и сдвинуто относительно его на угол фмч в сторону опережения. Таким образом, если при КЗ угол между напряжением и током, подводимыми к реле фкз будет равен углу фмч, то в тормозном контуре ЭДС от напряжения и тока окажутся в противофазе. Следовательно, результирующая ЭДС тормозного контура будет минимальна и реле сопротивления будет иметь наибольшую (максимальную) чувствительность. Чем больше сопротивление, шунтирующее вторичную обмотку трансреактора 1TAV, тем больше угол между первичным током и вторичным напряжением, вводимым в схему сравнения.[5].

Для чего предназначен контур подпитки в комплекте реле сопротивления ДЗ-2 ?

Контур подпитки предназначен для обеспечения правильной работы реле при близких КЗ и состоит из трансреактора подпитки 2TAV и конденсатора С6. Первичная обмотка 2TAV и С6 образуют резонансный контур, настроенный на частоту 50 Гц.

При трехфазном КЗ в начале зоны постоянная подпитки от третьей фазы не может быть обеспечена. Перекрытие «мертвой зоны» обеспечивается тем, что в резонансном контуре подпитки, настроенном на 50 Гц, энергия, запасенная конденсатором и индуктивностью, не может исчезнуть мгновенно. Это приводит к тому что ЭДС подпитки снижается постепенно, обеспечивая работу дистанционного органа по «памяти». [5].

Укажите назначение резисторов и диодов в схеме сравнения реле сопротивления ДЗ-2 ?

Сопротивления R6, R7 – балластные, R5 переменный резистор необходимый для выравнивания сопротивления рабочего и тормозного контуров схемы сравнения. Резисторы 13R и 14R исключают КЗ в цепях напряжения при переключении зон. Для защиты магнитоэлектрического реле (МЭР) от больших кратностей тока параллельно его обмотке включения диоды VD6, VD7 (1Д, 2Д для комплектов с МЭР).

Таким образом, напряжение на обмотке МЭР не может быть более падения напряжения на открытом диоде (≈ 1 В). Это не снижает чувствительности схемы, т.к. напряжение на обмотке реле при токе его сравнения составляет ≈ 20 мВ, а при таком напряжении шунтирующий диод имеет сопротивление намного превышающее сопротивление обмотки реле.

Резистор 8R по величине в 8-10 раз больше чем, сопротивление обмотки МЭР, служит для создания режима критического успокоения рамки МЭР. В этом случае приближение подвижного контакта к неподвижному при срабатывании реле носит апериодический характер.

Для сглаживания выпрямленного тока в реагирующем органе последовательно с ним включен фильтр-пробка, рассчитанный на резонанс токов при частоте 100 Гц, частоте основной гармоники выпрямленного тока. Фильтр состоит из дросселя 1ДР, выполненного с регулируемым зазором в сердечнике и конденсатора 1С. [5].

Может ли работать МЭР без искрового контура ?

Важным условием надежной работы МЭР является наличие искрогасительного контура, подключенного параллельно контактам реле. Работа реле без искрогасительного контура недопустима. [5].

Указать особенности настройки дистанционного органа .

Расширение характеристики срабатывания реле (во всех направлениях, включая третий квадрант) может быть вызвано следующим :

- превышением ЭДС рабочего контура над ЭДС тормозного при равных сопротивлениях контуров;
- превышением сопротивления тормозного контура над сопротивлением рабочего при равных ЭДС контуров . Соответственно сужение характеристики (смещение в 1-й квадрант) может быть вызвано превышением ЭДС тормозного контура или превышением сопротивления рабочего контура. Так, если (при равных сопротивлениях контуров схемы сравнения) ЭДС рабочей обмотки трансреактора будет больше, чем ЭДС тормозной, то это приведет к охвату характеристикой реле начало координат (место установки защиты). К аналогичному явлению приведет превышение сопротивления тормозного контура схемы сравнения над сопротивлением рабочего контура при равных ЭДС трансреактора.

И, наоборот, значительное превышение ЭДС тормозной обмотки трансреактора над ЭДС рабочей (при одинаковых сопротивлениях) или превышение сопротивления рабочего контура над тормозным (при одинаковых ЭДС) может привести к увеличению «мертвой зоны» защиты до таких размеров, что даже влияние контура подпитки не сможет устранить ее.

При равных сопротивлениях контуров от ЭДС подпитки в реагирующем органе будет проходить составляющая тока, знак которой зависит от того, какой из контуров реле имеет большее сопротивление, положительное значение этого тока недопустима из-за возможности кратковременного срабатывания реагирующего органа в реле, т.к. ЭДС контура подпитки ввиду наличия «памяти» исчезает не сразу. Отрицательное значение этого тока приводит к загроблению реле (увеличению тока точной работы). Исходя из этих соображений, считается допустимым наличие отрицательного тока от ЭДС подпитки от 0 до 10 мкА, при этом загробление реле будет незначительным. Идентичность наведенных ЭДС во вторичных обмотках трансреакторов зависит только от величины воздушного зазора. [5].

8.5.17. Чем достигается смещение характеристики реле КРС-1 в третий квадрант ?

Смещение характеристики срабатывания реле КРС-1 в 3-й квадрант комплексной плоскости сопротивления осуществляется введением дополнительного сопротивления $6R$ в тормозной контур. [5].

8.5.18. Чем достигается эллиптичность характеристики реле КРС-1 ?

Для получения эллиптической характеристики срабатывания используется то обстоятельство, что переменная составляющая на входе схемы сравнения имеет минимальное значение при угле между сравниваемыми электрическими величинами, равными нулю, и максимальное значение при угле 90° . Эллиптическая характеристика срабатывания реле сопротивления облегчает отстройку защиты от токов нагрузочного режима на длинных, сильно нагруженных ЛЭП, когда токи нагрузки соизмеримы с током КЗ. Для получения такой характеристики на дросселе 1ДР , сглаживающего фильтра предусматривается дополнительная трансформаторная обмотка. Переменная составляющая 100 Гц, полученная с этой обмотки после двухполупериодного выпрямления диодами 3Д, 4Д подается на МЭР встречно относительно постоянной составляющей от схемы сравнения, которая не зависит от угла между сравниваемыми

электрическими величинами. Таким образом, получается торможение от переменной составляющей 100Гц, выделенной на дросселе. Уровень переменной составляющей на выходе схемы сравнения изменяется в зависимости от угла между ЭДС рабочего и тормозного контуров. Регулирование эллиптичности производится резисторами 16R-18R. Резистор 19R снижает уровень постоянной составляющей от схемы сравнения, следовательно, увеличивает эллиптичность. Для уменьшения вибрации реагирующего органа схемы сравнения, могущей иметь место при работе реле сопротивления с характеристикой сравнения, близкой эллипсу, параллельно обмотки МЭР включается фильтр-«шунт», настроенный на резонанс напряжений при частоте 100 Гц. Фильтр состоит из дросселя 2ДР с регулируемым зазором в сердечнике и конденсатора 2С.

В реле сопротивления комплекта КРС-1 с нуль - индикаторами (НИ) положительные полуволны переменной составляющей срезаются шунтирующей цепочкой VD8-(R25-R27) и к НИ не прикладываются, что равносильно уменьшению тока в НИ в сторону срабатывания. Характеристика срабатывания сжимается. Регулировка эллиптичности осуществляется выбором соответствующего резистора из R25-R27. Для уменьшения возможной вибрации НИ при работе реле сопротивления с эллиптической характеристикой параллельно входу НИ подключается конденсатор С5. [5].

8.5.19. Почему в реле сопротивления КРС-1 отсутствует контур подпитки ?

Благодаря возможности смещения характеристики срабатывания в 3-й квадрант в целях упрощения из схемы реле сопротивления КРС-1 исключен контур подпитки. В тех редких случаях, когда смещение характеристики срабатывания реле сопротивления в 3-й квадрант неприемлемо, приходится мириться с наличием у реле сопротивления мертвой зоны, которая перекрывается токовой отсечкой и 1-й ступени дистанционной защиты [30].

8.5.20. Для чего в устройстве блокировки при качаниях КРБ-125(126) применяется фильтр (L1-4С) ?

Известно, что фильтр напряжения обратной последовательности является также и фильтром пятой гармоники напряжения сети 250 Гц. Для того чтобы напряжение этой гармоники не прикладывалось к обмотке реле KV1, предусмотрен фильтр-пробка L1C4, настроенный в резонанс на частоте 250 Гц, так что почти все напряжение пятой гармоники со вторичной обмотки TL1 (КРБ-125) оказывается приложенным к этому фильтру. Для устранения влияния сетевых токов пятой гармоники параллельно вторичной обмотке TL1 (КРБ-126) включен фильтр-шунт L1C4, настроенный на частоту 250 Гц и имеющий для этой частоты сопротивление много меньше, чем сопротивление нагрузки TL1. [30].

8.5.21. Для чего в комплекте ДЗ-2 (с МЭР) в схеме постоянного тока установлен резистор 18R ?

Резистор 18R необходим для того, чтобы реле ЗРП не срабатывало при КЗ в 3-й зоне [5].

8.5.22. Какой прибор используется при настройке реле сопротивления и правильности его включения в реле сопротивления с МЭР и НИ ?

Настройку реле сопротивления с МЭР ведут, наблюдая за током в цепи обмотки МЭР по микроамперметру, включенному в рассечку накладки ЗН. Если сопротивление микроамперметра составляет 200-250 Ом и меньше, то настройку производят при включенном МЭР. Прибор в этом случае включается на зажим а и б перемычки ЗН. Если сопротивление прибора 1500-2000 Ом, то настройку производят при отключенном МЭР. В этом случае прибор является нагрузкой схемы сравнения примерно эквивалентной МЭР и включается на зажимы а и в перемычки ЗН (зажимы а и б разомкнуты). В панелях с полупроводниковыми НИ накладка ХВЗ становится в положение б-в, а прибор включается между зажимами а-б. [5] [30].

8.5.23. Какие меры необходимо принять, чтобы реле сопротивления не срабатывало при подаче только тока или напряжения ?

В обоих этих случаях защита не должна отключать линию. Чтобы реле не сработало, настройкой добиваются прохождения тока по обмотке МЭР или НИ (тока небаланса) в тормозном направлении как при подаче только тока ($J_{нб} = 8-16 \text{ мкА}$), так и при подаче только напряжения подпитки ($J_{нб} = 0-10 \text{ мкА}$). С другой стороны, следует иметь ввиду, что слишком большой ток в тормозном направлении значительно ухудшает работу реле по памяти. Невозможность получения рекомендуемых токов небаланса указывает на неисправность в схеме реле. В таких случаях проверяют в полном объеме отдельные элементы реле: трансреактор, трансформатор напряжения, номинальные величины входящих в схему резисторов, исправность выпрямительных мостов. Трансреакторов подпитки. Весь контур подпитки. Необходимо обратить внимание на то, что при $Z_{уст \text{ мин}} = 1,5 (7,5) \text{ Ом/фазу}$ ток при балансировке контуров подается равным $J_{ном} / 1,5$, т.е. $3,33 (0,67) \text{ А}$. В цепях напряжения применяются два переключателя перевода вторичных цепей напряжения на резервный, что исключает ложную работу ДЗ, при переводе цепей напряжения на резервный ТН [5].

8.5.24. В каком режиме КЗ производится настройка реле сопротивления ?

Настройка реле сопротивления производится в режиме двухфазного КЗ, т.е. ток, подводимый к реле. J_p пропускается через две последовательно включенные первичные обмотки трансреакторов ТАВ1, т.е. $J_p = |J_a - J_b| = |J_c - J_a| = 2J_p$. Отсюда вытекает формула для проверки уставок реле сопротивления в режиме двухфазного КЗ [30]:

$$Z_{cp} = U_p / 2J_p \quad U_p = 2 J_p Z_{cp}$$

8.5.25. Влияет ли частота на параметры фильтра ?

При отклонении частоты от номинальной соотношение между сопротивлениями конденсатора и резистора изменяется и фильтр расстраивается. Поэтому при выборе параметров реле, включаемых на фильтр, необходимо учитывать это обстоятельство. [9]

8.5.26. Какие действия необходимо принять при срабатывании сигнализации «неисправность цепей напряжения» ?

При неисправностях в цепях напряжения ТН, в результате чего сработали автоматические выключатели или, сгорели предохранители в этих цепях, на панелях защиты выпадает указательные реле РУЗ «неисправность цепей напряжения» на панели ЭПЗ-1636 и РУ1 на панели ЭПЗ-1636М. В этом случае необходимо:

- все дистанционные защиты, не имеющие ни токовой блокировки, ни пуска по току обратной последовательности, вывести из работы во избежание их излишнего срабатывания от тока нагрузки. Токовые защиты при этом излишне сработать не могут, но следует иметь ввиду, что при КЗ на землю ступени ТЗНП с разрушающим реле мощности могут отказать в действии, а ступени с блокирующим реле мощности могут излишне сработать при КЗ «за спиной». Учитывая, что с блокирующим реле мощности выполняются обычно ступени ТЗНП, предназначенные для дальнего резервирования и, следовательно, вероятность их излишней работы невелика, выводить из работы ТЗНП не требуется;
- принять меры к быстрому отыскиванию и устранению повреждения в цепях напряжения и к восстановлению питания защиты (включить автомат, заменить предохранитель). При обнаружении места повреждения цепей напряжения в ТН или его кабеле оперативный персонал переводит все устройства РЗА и ПАА, питающихся от отключаемого ТН, на находящийся в работе резервный ТН (например, смежной системы шин), при этом системы шин должны быть объединены (снят оперативный ток с ШСВ или включена развилка шинных разъединителей), то есть перевод цепей напряжения при раздельной работе систем шин запрещается;
- если допустимо по режиму, необходимо отключить ЛЭП, на которых отключены дистанционные защиты.

8.5.27. Как определить наибольший ток на ЛЭП по условию уставки 3-й ступени дистанционной защиты ?

Третья ступень предназначается для резервирования присоединений (ЛЭП и трансформаторов), отходящих от шин противоположной ПС и поэтому отстраивается от рабочего минимального сопротивления $Z_{\text{раб.мин}}$. Дистанционные органы 3-й ступени должны действовать при КЗ в конце наиболее длинной ЛЭП, отходящей от шин противоположной ПС, и за подключенными к ней трансформаторами. При определении $Z_{\text{раб}}$ необходимо учитывать ток самозапуска электродвигателей, при котором

$$Z_{\text{раб.мин}} = U_{\text{раб.мин}} / K_{\text{сзп}} \cdot J_{\text{раб.мак}} \cdot \sqrt{3}$$

Обычно $U_{\text{раб.мин}} = 0,95U_{\text{ном}}$. На транзитных ЛЭП, электрически удаленных от промышленной нагрузки $K_{\text{сзп}} = 1$.

Кроме того необходимо учитывать возврат дистанционного органа после отключения КЗ. Учитывая выше указанное сопротивление срабатывания защиты 3-й ступени примет вид:

$$Z_{\text{с.з}} = U_{\text{раб.мин}} / K_{\text{н}} K_{\text{в}} K_{\text{сзп}} J_{\text{раб.мак}} \sqrt{3}$$

$$\text{Отсюда } J_{\text{раб.мак}} = U_{\text{раб.мин}} / K_{\text{н}} K_{\text{в}} K_{\text{сзп}} \cdot Z_{\text{с.з}} \cdot \sqrt{3}$$

где – $K_{\text{н}} = 1,2$ – коэффициент надежности;

$K_{\text{в}} = 1,15$ – коэффициент возврата реле. [9].

8.5.28. Указать недостатки выходного реле НИ типа РП-13 .

В энергосистемах имели место случаи излишнего срабатывания панели защит типа ЭПЗ-1636М, из-за залипания промежуточного реле типа РП-13, которое является выходным для реле сопротивления с нуль-индикаторами.

При расследовании этих случаев было установлено, что промежуточное реле типа РП-13 залипает из-за низкого напряжения возврата (1,2 ÷ 1,5) В.

В методических указаниях по техническому обслуживанию панелей ЭПЗ-1636М на вышеуказанное реле задано напряжение срабатывания – не более 14,4 В, а напряжение возврата не нормируется. По согласованию с заводом изготовителем напряжение возврата должно быть не менее 4 В.

Для исключения подобных случаев предлагается:

Отрегулировать на вышеуказанном реле напряжение возврата не менее 4 В. Для увеличения напряжения возврата на реле, необходимо ослабить крепежный винт неподвижной контактной системы и сдвинуть всю контактную систему в сторону подвижного якоря, после закрепления контактной системы и регулировки контактов, замерить напряжение возврата.

8.5.29. Почему при настройке реле сопротивления испытательный ток на панель подается помимо реле УРОВ (РТ-40/ Р-5) ?

Нелинейность сопротивления реле РТ-40/Р, а также трехфазного токового органа панели ЭПЗ 1636П, приводит к искажению синусоидальной кривой тока и, следовательно, к неточности выставления уставок реле сопротивления, поэтому ток в панель должен подаваться помимо упомянутых реле. [30].

8.5.30. Описать проверку блокировки при неисправностях цепей напряжения под нагрузкой рабочим напряжением .

Проверка блокировки при неисправности в цепях напряжения (КРБ-12) от постороннего источника (проверочной аппаратурой) достаточно трудоемка, поэтому регулировку резисторов R37, R39 удобнее производить на этапе проверки защиты под нагрузкой от вторичных цепей напряжения ТН.

Вместо накладки ХВ7- АКЗ2 включается миллиамперметр. Резистором R37 устанавливается минимум тока через реле KV1. Имитируется режим однофазного КЗ:

- на ряде зажимов панели отключаются фаза А (в схеме звезды) и вывод Н (в схеме разомкнутого треугольника) цепей напряжения;
- вход фазы А панели закорачивается на нуль;
- на вход Н подается вывод И (испытательная жила) от ТН;

- резистором R39 устанавливается минимум тока через реле KV1;
- в обоих случаях ток в реле KV1 не должен превышать 0,2-3 мА;
- восстанавливается нормальное подключение панели;
- проверяется, чтобы при размыкании каждой фазы и нуля цепей напряжения ток в реле KV1 становился больше тока срабатывания т.е. более 1,7-1,9 мА. Ориентировочные значения токов в реле при обрывах: фазы А – 20 мА, фаз В,С вывода И – 10 мА, нуля 4-5 мА;
- при обрыве вывода Н ток в реле больше тока срабатывания только в последних модификациях КРБ-12;
- после имитации обрывов проверяется ток небаланса и замыкается накладка ХВ7-АКЗ2.
- при обрыве А, В, С, О ток небаланса должен быть более четырех токов срабатывания реле $I_{нб} > 4 I_{ср}$.
- в нормальном режиме ток небаланса не должен превышать половины тока возврата реле $I_{нб.нр} < 0,5 I_{в}$. [30].

8.5.31. Укажите назначение и отличия устройств КРБ-126 и КРБ-125 ?

Устройство блокировки при качаниях типа КРБ-126. Используется совместно с дистанционными защитами. При КЗ устройство блокировки вводит в действие те зоны ДЗ, которые могут сработать при качаниях, на время достаточное для их срабатывания, но меньше периода качаний, , если срабатывание не произошло, блокирует их. Считается, что время срабатывания 3-й зоны ДЗ больше периода качаний, поэтому ее блокировка не предусматривается. Вторая зона ДЗ может иметь две выдержки времени, с меньшей выдержкой зона блокируется при качаниях, с большей – нет.

Устройство также может использоваться для ввода (подачи «+») дистанционной защиты при возникновении любой несимметрии на время, большее времени срабатывания последней ступени защиты, предотвращая тем самым ее ложное срабатывание при неисправностях в защите. При этом предполагается, что абсолютно симметричных КЗ не бывает, даже трехфазных, что подтверждается практикой. Единственное исключение – включение на короткую. Блокировка реагирует на ток обратной последовательности (J_2) и ток нулевой последовательности ($3J_0$), пропорциональная сумма которых, протекает через пусковой орган.

Устройство блокировки при качаниях типа КРБ-125. Отличается от КРБ-126 тем, что вместо J_2 используется U_2 . Устройство применяется довольно редко, когда уровень токов КЗ в конце защищаемого участка низкий и не хватает чувствительности блокировки по J_2 . Устройство может не работать, если «за спиной» мощный источник питания и U_2 в месте установки защиты мало.

Необходимость в двух различных видах блокировки определяется тем, что пусковой орган напряжения обратной последовательности (КРБ-126), может оказаться не чувствительным при двухфазных КЗ, если защита установлена вблизи мощного генерирующего источника. Напротив, пусковой орган тока обратной последовательности (КРБ-125) может быть нечувствительным, если защита установлена в участках сети, удаленных от генерирующих источников. Отличаясь пусковыми органами, оба типа блокировки в логической части схемы совершенно аналогичны.[9].

8.5.32. Какой тип реле мощности применяется в защитах от замыканий на землю в сети с глухозаземленной нейтралью ?

Для направленной токовой защиты нулевой последовательности необходимо применять реле направления мощности, имеющие максимальный момент в диапазоне значений $\varphi_r = 90 \div 120^\circ$ т.к. с учетом активного сопротивления сети угол сдвига фаз между U_0 и J_0 составляет $100-120^\circ$. (РБМ-177, РБМ – 178, РМ-12-11, РМ-12-18).[9].

8.5.33. Как осуществляется направленность ступеней защиты от замыканий на землю на панели ЭПЗ -1636 ?

Направленность ступеней защиты нулевой последовательности может осуществляться в общем случае с помощью реле направления мощности, срабатывающего при направлении мощности КЗ в линию и замыкающего при этом цепь защиты (реле с разрешающим сигналом,

или «разрешающее реле» установленное в комплекте КЗ-10 либо с помощью реле направления мощности, срабатывающего при направлении мощности КЗ к шинам и размыкающего при этом цепь защиты (реле с блокирующим сигналом, или «блокирующее реле» установлено отдельно стоящее на панели ЭПЗ –1636. [30].

8.5.34. Требуется ли соблюдение полярности напряжения оперативного тока и каковы требования к стабилитронам панели защит ЭПЗ-1636 П ?

На панель должно быть подведено постоянное строго определенной полярности, иначе в панелях типа ЭПЗ-1636п можно повредить стабилитроны комплекта АКЗ2, а в панелях типа ЭПЗ-1636м не будет работать блоки питания .

Проверку стабилизатора напряжения ЭПЗ-1636п производится при напряжении на входе 0,5-1,1 номинального. При этом определяется порог стабилизации, т. е. То значение входного напряжения, при котором перестает расти выходное напряжение. Начиная с порога стабилизации вплоть до 1,1 номинального напряжения на входе стабилизированное напряжение не должно значительно изменяться и должно находиться в пределах 85-120 В. При входном напряжении 0,8 номинального проверяется распределение напряжения между стабилитронами: на каждом стабилитроне напряжение должно быть в пределах 28-37 В. Пробитый стабилитрон должен быть сразу заменен. Иначе возможен пробой оставшихся в работе стабилитронов, а схема, подключенная к пониженному стабилизированному напряжению, окажется неработоспособной. [30].

8.5.35. Как улучшить и снизить трудозатраты при проверке (наладке) панелей защит типа ЭПЗ-1636 ?

Наладка и проверка комплекта дистанционной защиты ДЗ-2, комплекта реле сопротивления КРС-1 (настройка уставок, выравнивание сопротивлений рабочего и тормозного контуров) производится на всех реле сопротивления. При этом, на всех реле сопротивления, кроме проверяемого, размыкаются накладки ХВЗ, иначе поведение рел, находящихся в нерасчетных условиях, может привести к ошибкам при проверке характеристик проверяемого реле.

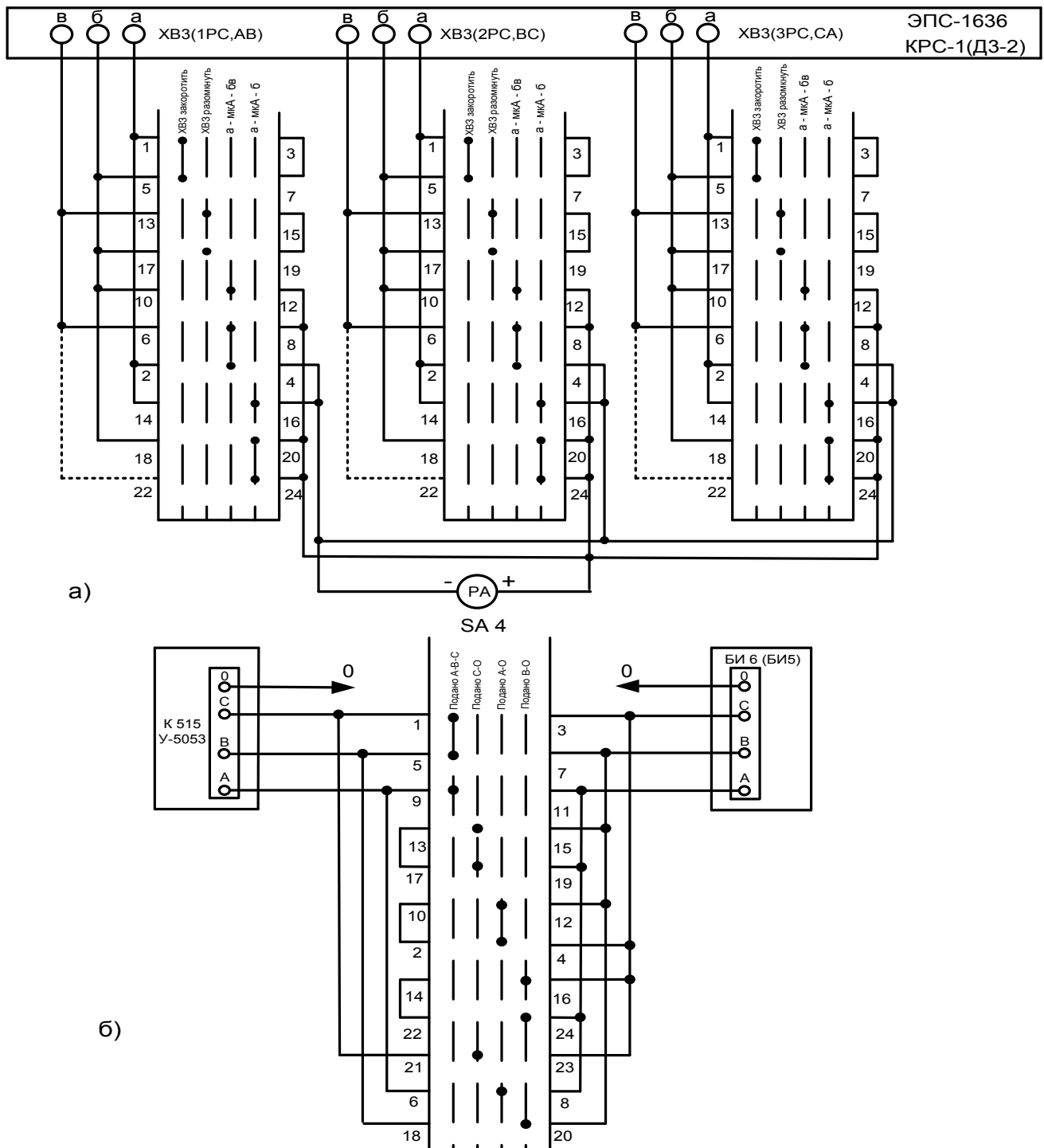


Рис. 8.5.1. Принципиальная электрическая схема приставки к установке У-5053

а) переключение положения накладки XВЗ-ДЗ-2, КРС-1;

б) переключение испытательных цепей напряжения от У-5053 к панели ЭПЗ-1636

Выравнивание сопротивлений рабочего и тормозного контуров реле сопротивления, производится по микроамперметру, включенному в расщелку накладки XВЗ. В панелях ЭПЗ-1636П с магнитоэлектрическими реле (МЭР) микроамперметр с внутренним сопротивлением не более 200-500 Ом включается последовательно с МЭР. Между зажимами а и б накладки XВЗ. При наличии прибора с внутренним сопротивлением 1500-2000 Ом последний включается помимо МЭР, между зажимами а и в. В панелях с полупроводниковыми нуль-индикаторами накладка XВЗ становится в положение б-в, а прибор включается между зажимами а и б. При подаче напряжения подпитка от испытательной установки (У-5053 или аналогичной), цепи основного напряжения должны быть закорочены.

Для исполнения вышеуказанного, необходимы постоянные манипуляции с накладкой XВЗ и шнурами цепей напряжения соединяющих испытательную установку и панель ЭПЗ-1636. Кроме того, операции с испытательными шнурами производятся с обратной стороны установки У-5053, что не безопасно, так как на этом же блоке подключается питающий кабель 0,4 кВ. Требуется: значительное время и повышенные меры безопасности при выполнении проверок параметров реле сопротивления.

Для снижения трудозатрат и повышения уровня электробезопасности предлагается приставка к испытательной установке, которая представляет собой (рис.8.5.1) :

- переключение накладки ХВЗ, всех трех реле сопротивления комплектов ДЗ-2, КРС-1 в любом сочетании положения (см. рисунок 8.5.1.а)
- включение микроамперметра в нужный режим;
- переключение испытательного напряжения требуемых режимов (рис 8.1.б)

При использовании микроамперметра с внутренним сопротивлением 1500-2000 Ом смонтировать цепь указанную пунктирной линией. Комплектующие, предложенной схемы, монтируются в небольшом корпусе позволяющим вместить переключатели (например, корпус разделительного фильтра ВЧ каналов).

SA1-SA4 переключатели типа ПМОФ-45 / 111222. РА – микроамперметр с внутренним сопротивлением 200-500 Ом. Дополнительные пояснений не требуется.

8.6. ШКАФ ЗАЩИТЫ ШДЭ – 2801(2802).

8.6.1. Укажите назначение и состав шкафа защиты типа ШДЭ-2801(2802) .

Шкаф защиты типа ШДЭ-2801 предназначен для использования в качестве основной или резервной защиты линий 110-220 кВ с двухсторонним питанием.

Шкаф защиты типа ШДЭ-2802 позволяет обеспечить основную и резервную защиту линий 110-220 кВ и предназначен преимущественно для ЛЭП с односторонним питанием.

8.6.1.1. Шкаф ШДЭ-2801 содержит основной комплект защит, в состав которого входят:

- трехступенчатая дистанционная защита (ДЗо), предназначенная для действия при всех видах многофазных КЗ (двухфазных, двухфазных на землю, трехфазных). Каждая ступень ДЗо осуществляется посредством трех измерительных органов;
- устройство блокировки при качаниях;
- устройство блокировки при неисправностях в цепях напряжения;
- четырехступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНПо), предназначенная для действия при КЗ на землю.

ТНЗНПо содержит по одному измерительному органу тока в 1-3 ступенях, два измерительных органа тока в 4 ступени, орган направления мощности двухстороннего действия, выполненный в виде двух реле. Одно реле направления мощности (разрешающее) работает при направлении мощности КЗ от шин в линию, а второе реле направления мощности (блокирующее) – при направлении мощности КЗ от линии к шинам;

- токовая отсечка от многофазных замыканий, содержащая измерительный орган, включаемый на ток двух фаз;
- реле тока УРОВ, включаемые на ток трех фаз;
- органы выдержки времени, обеспечивающие требуемое замедление ступеней защит;
- блок питания типа БРЭ 2301 и стабилизатор напряжения типа П0210, предназначенные для питания устройств релейной защиты.

Блоки измерительных органов БЗо, логики и органов выдержки времени, выходных и приемных реле подключены к блоку питания БРЭ 2301 с напряжением $0_1 \pm 15\text{В}$ $0_2 \pm 24\text{В}$ со стабилизацией $\pm 10\%$, а блоки измерительных органов токовых защит – через дополнительный блок П0210 с напряжением $0_1 \pm 15\text{В}$ со стабилизацией $\pm 2\%$.

8.6.1.2. Шкаф ШДЭ-2802 помимо описанного выше основного комплекта защит, содержащегося в ШДЭ-2801, включает в себя резервный комплект, в составе которого входят:

- двухступенчатая дистанционная защита (ДЗр) от многофазных КЗ;
- двухступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП) от КЗ на землю, содержащая только одно (разрешающее) реле направления мощности;
- блок питания мощности 15 Вт.

8.6.1.3. Для повышения надежности работы защита снабжена устройством непрерывного (функционального) и тестового контроля. Устройство функционального контроля сигнализирует о неисправности отдельных элементов и узлов. Неисправность сопровождается:

- загоранием светодиодов «Неиспр д», на кассетах Л103 и Л101 соответственно;
- загоранием лампы HLW «Неисправность» световой сигнализации на дверце шкафа;
- замыканием контактов и сравнением внешней сигнализации.

Устройство тестового контроля позволяет провести проверку работоспособности защиты без переключений и подсоединений на рядах зажимов панели с минимальной затратой времени. В схеме ДЗ предусмотрена возможность ускорения действия 2-й и 3-й ступеней до $t = 0$ при включении выключателя защищаемой ЛЭП от ключа управления или от АПВ, а также оперативного ускорения этих же ступеней, вводимого с помощью переключателей в определенных режимах для ускорения отключения КЗ. Предусмотрено блокирование действия всех ступеней ДЗ при повреждениях в цепях ТН с помощью устройства УБН, которое реагирует на нарушение баланса фазных напряжений вторичных обмоток ТН, соединенных в звезду, и обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник.[9].

8.6.2. Пояснить порядок ввода в работу ШДЭ-2801(2).

Для ввода защит в работу необходимо:

- проверить, что переключатели SA1 «междуфазная токовая отсечка», SA2 «токовая направленная защита», SA3 «дистанционная защита» установлены в положение «ВЫВЕДЕНО»;
- внешним осмотром убедиться, что все блочки установлены в свои гнезда, на рядах зажимов не отключены внешние связи;
- поставить рабочие крышки испытательных блоков SG1, SG2, SG3;
- установить переключатели SA4 ÷ SA7 в положения, соответствующие заданному режиму работы панели;
- включить автоматический выключатель подачи питания, установленный на отдельной панели (как правило, на панели управления);
- включить тумблер блока питания, расположенный на лицевой панели блока E1, при этом должны загореться светодиоды на лицевой панели блока E1 и E4;
- кнопкой SB1, расположенной на дверце панели, произвести возврат R-S триггеров и сигнальных реле, при этом должны погаснуть все световые сигналы на блоках Л101, Л102, Л103, Т1012 за исключением сигнала на блоке питания (БП), свидетельствующего о его рабочем состоянии, и сигнала «НЕИСПРАВНОСТЬ» на дверце шкафа;
- перевести переключатели SA1, SA2, SA3 в положение «В РАБОТЕ», при этом должен погаснуть сигнал «НЕИСПРАВНОСТЬ» на дверце шкафа.[70].

8.6.3. Указать порядок вывода защит типа ШДЭ2801(2).

Для кратковременного вывода защит из работы по оперативным условиям необходимо перевести переключатели SA1, SA2, SA3 в положение «ВЫВЕДЕНО».

Для длительного вывода защиты из работы, связанного с выемкой блоков из кассет или по другим причинам необходимо:

- отключить пуск УРОВ от защит шкафа;
- перевести переключатели SA1, SA2, SA3 в положение «ВЫВЕДЕНО»;
- отключить тумблер блока питания;
- отключить отдельно установленный автоматический выключатель;
- перевести переключатели SA5 ÷ SA7 в положение «ВЫВЕДЕНО», переключатель SA4 – в положение «ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВКЛЮЧЕНЫ»;
- снять крышки испытательных блоков SG1, SG2, SG3.

Для аварийного вывода защит из работы необходимо:

- перевести переключатели SA1, SA2, SA3 в положение «ВЫВЕДЕНО»;
- отключить тумблер блока питания, а затем отдельно установленный автоматический выключатель.

При использовании шкафа ШДЭ – 2802 после выполнения вывода защит основного комплекса, по указанию диспетчера по согласованию со службой РЗА, ввести в работу резервный комплект защит. Ввод защит резервного комплекса осуществляется включением переключателя SA8 «Резервный комплект» в положение «В РАБОТЕ». [70].

8.6.4. Каковы действия оперативного персонала при срабатывании сигнализации шкафа ШДЭ-2801(2).?

При загорании лампы HLW1 «СРАБАТЫВАНИЕ» световой сигнализации на дверце шкафа определить ступени защит, действовавших на отключение по загоранию светодиодов, установленных на лицевых платах блоков Л101, Л102, Л103 и Т1012. Обозначения светодиодов и индикации находятся в заводской документации и в местных инструкциях.

После записи обозначений всех сработавших светодиодов, кнопкой SB1, расположенной на дверце шкафа, произвести возврат схемы сигнализации в исходное состояние. Указательные реле КЛН «СРАБАТЫВАНИЕ ОСНОВНОГО КОМПЛЕКТА» вернуть в исходное состояние.

При загорании лампы HLW1 «НЕИСПРАВНОСТЬ» определить, в каком положении находится указательное реле КЛН2 «НЕИСПРАВНОСТЬ ОСНОВНОГО КОМПЛЕКТА».

Если указательное реле КЛН2 не сработало, то неисправность определить по таблице приведенной в заводской документации или местной инструкции.

После устранения неисправности и возврата сигнализации кнопкой SB1 в исходное состояние, указательное реле КЛН2 «НЕИСПРАВНОСТЬ ОСНОВНОГО КОМПЛЕКТА» также вернуть в исходное состояние.

При появлении замыкания на землю в цепях оперативного тока отключить и включить автоматический выключатель (питание защиты) разрешается только после вывода защиты посредством перевода переключателей SA1, SA2, SA3 на дверце шкафа в положение «ВЫВЕДЕНО».[70].

8.6.5. Возможно ли изменение угла наклона характеристики реле сопротивления 3-й ступени на ШДЭ-2801(2) более предусмотренного заводом –изготовителем ?

В связи с необходимостью в последнее время по условию отстройки от максимальной нагрузки, регулирования угла наклона правой боковой стороны треугольника – характеристика срабатывания реле сопротивления 3-ей ступени дистанционной защиты на панели ШДЭ-2801(2) больше предусмотренного заводом-изготовителем (47 град.), предлагается увеличение угла наклона правой боковой стороны треугольника РС 3-ей ступени ДЗ согласно заданной уставки производить путем замены резисторов R6 и R21 в модуле С101 на рекомендуемые ниже:

- при уставке 52 град. R6 = 120 кОм;
- при уставке 55 град. R6 = 90 кОм;
- при уставке 60 град. R6 = 135 кОм.

8.6.6. Указать особенности используемые в схеме шкафа ШДЭ –2801(2).

При неисправности в цепях напряжения дистанционная защита выводится из работы, а защита от замыканий на землю становится ненаправленной.

В 4-й ступени защиты от замыканий на землю предусмотрено два токового реле, одно реле служит для пуска 1-й, 2-й и 3-й ступеней, второе реле выполняет роль 4-й ступени. Если 4-я ступень не задана на ней необходимо выставить минимальные уставки.

Функциональный контроль осуществляется в течение 13 сек., после чего все реле возвращаются в исходное состояние.

Если токовая отсечка не используется, то в цепи сигнализации следует разомкнуть перемычку X161-162.

Отклонение уставок (уход уставок) от заданных может быть из-за ухудшения свойств конденсатора С17 в реагирующем органе реле сопротивления.

Напряжение обратной последовательности, при проверке подается от испытательной установки толчком т. к. пусковой орган блокировки при качания (ПОБ) реагирует на скорость изменения (приращение) тока обратной последовательности. При медленных изменениях входных величин в условиях качаний срабатывание реагирующих органов не происходит и сигналы на их выводах отсутствуют.

При имитации или изменении уставок необходимо исключить нулевой провод и тогда блокировка при неисправности напряжения не будет срабатывать (т. к. при неисправности цепей напряжения ДЗ блокируется).

Если светодиод, реагирующих органов реле сопротивления, теряет яркость («подтлевет»), то необходимо осциллографом смотреть выход с ФИНа. Вероятной причиной может быть неисправность (пробит) диод на входе микросхемы А1 в ФИНе.[70].

8.6.7. Какие виды характеристик ДЗ применяются в ШДЭ-2801(2) ?

Характеристика 1-й ступени ДЗ имеет форму, близкую к окружности, проходящую через начало координат и является направленным реле сопротивления.

Характеристика 2-й ступени ДЗ имеет форму четырехугольника, охватывающего начало координат, что обеспечивает надежное резервирования при близких повреждениях. Верхняя сторона направляется под углом к оси +R и поэтому близка к характеристике реактивного сопротивления. Она должна четко фиксировать концы защищаемой зоны 2-й ступени и быть отстроенной от реактивных (в основном) небольших нагрузок. Правая боковая сторона обеспечивает отстройку от рабочих режимов, а также по возможности ликвидирует недостатки характеристики органа реактивного сопротивления. Левая боковая сторона помогает отстройке от мощностей нагрузок, передаваемых к месту включения защиты. Нижняя сторона охватывает начало координат и имеет наклон к оси +R, для устранения мертвой зоны. Полученная характеристика реле обеспечивает необходимую чувствительность при КЗ и имеет наилучшую отстройку от нагрузки и качаний по сравнению с другими характеристиками, обладающими равной чувствительностью при металлических КЗ.

Характеристика 3-й ступени имеет форму треугольника. Такое построение характеристики обеспечивает лучшую отстройку от нагрузочных режимов и возможность дальнего резервирования. [9].

8.6.8. Как выполнить автоматический ввод токовой отсечки на шкафу ШДЭ-2801(2) ?

На шкафах защиты ШДЭ-2801(2) заводом-изготовителем не предусмотрены цепи автоматического ввода в работу междуфазной токовой отсечки при включении выключателя, что необходимо в некоторых случаях для обеспечения надежной работы защиты при постановке под напряжение поврежденной линии.

Для обеспечения возможности срабатывания токовой отсечки в данном режиме необходимо на шкафу защиты ШДЭ-2801(2) выполнить следующие изменения (променяется в ОАО «Тюменьэнерго»):

1. В блоке токовой отсечки Т101 между разъемами X1:2В и X1:16А навесным монтажом на плату модуля Т101 впаять резистор R.
2. На шкафах защиты ШДЭ-2801(2) выпуска до 1989 года не выполнена блокировка срабатывания токовой отсечки при подаче оперативного тока. Для выполнения указанной блокировки необходимо разрезать дорожку между выводами 1 и 2 микросхемы D1.1. модуля Т101 и вывод 2 микросхемы D1.1 соединить изолированным проводом с разъемом X1:16А модуля Т101.
3. На шкафах защиты ШДЭ-2801(2) выпуска до 1989 года на плату модуля логики типа Л101 впаять диод катодом к общей точке между R20 и эмиттером VT2, анодом к разъему X1:8А модуля Л101.
На шкафах выпуска после 1989 года разрезать дорожку, соединяющую разъем X1:8А и общую точку между R20 и эмиттером VT2, и впаять диод аналогичным образом.
4. Проверить наличие соединения между выводами X1:16А модуля Т101 и X1:8А модуля Л101. При отсутствии такого соединить указанные выводы гибким проводом.
5. Соединить гибким проводом выводы X1:16А модуля Т101 с колодкой АЗ-ХТ6:8, вывод X1:2А этого же модуля – с колодкой АЗ-ХТ6:7.
6. Соединить колодку АЗ-ХТ6:7 с колодкой А1-ХТ8:4, а колодку АЗ—ХТ6:8 с колодкой А1-ХТ8:3.
7. Установить дополнительно реле РП на панели автоматики выключателя для контроля отсутствия напряжения на линии и отключенного положения выключателя.
8. Размыкающий контакт вновь установленного реле РП подключить между клеммами Х78 и Х95 для управления герконовым реле КЛ2 модуля Р119(А÷Е5). Реле КЛ2 предназначалось для повторения положения «ОТКЛЮЧЕНО» второго выключателя линии (при его наличии).
9. Демонтировать провод от колодки А1-ХТ2:8 с адресом X1:8В модуля Р119(А1÷Е5). Установить переключку между клеммами колодки А1-ХТ2:7 и А1-ХТ2:8.
10. Демонтировать провода с вывода X1:8А модуля Р119(А1÷с адресами X1:18В и X1:6С и установить переключку между выводами X1:18С и X1:6С этого же модуля.
11. Соединить гибким проводом вывод X1:8А модуля Р119(А1÷с колодкой А1-ХТ8:4 и вывод X1:8В этого же модуля с колодкой А1-ХТ8:3.

12. Описанные в пунктах 1÷11 изменения, а также схема подключения реле РП показаны на рис.8.6.1÷8.6.4. Вновь монтируемые цепи показаны утолщенными линиями. Резистор R устанавливается дополнительно, тип МЛТ-0,125 – 100 кОм. Диод D устанавливается дополнительно, тип КД-522Б, Д-223 или Д-226. Реле РП устанавливается дополнительно, тип РП-252, Uном = 220 В, выдержка времени на отпадание 0,7-0,8 секунды..

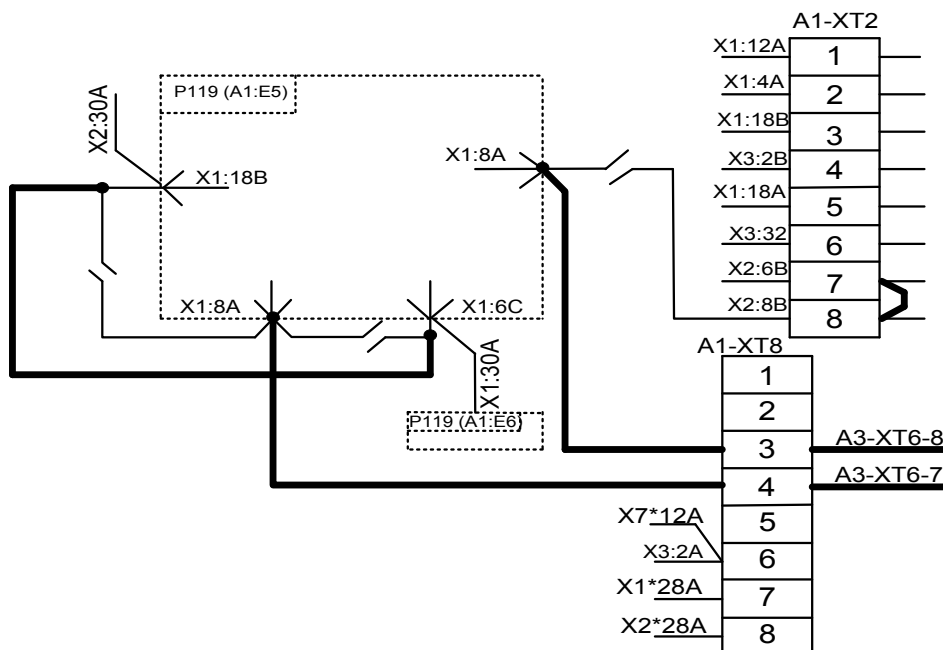


Рис. 8.6.1. Изменения в модуле А1.

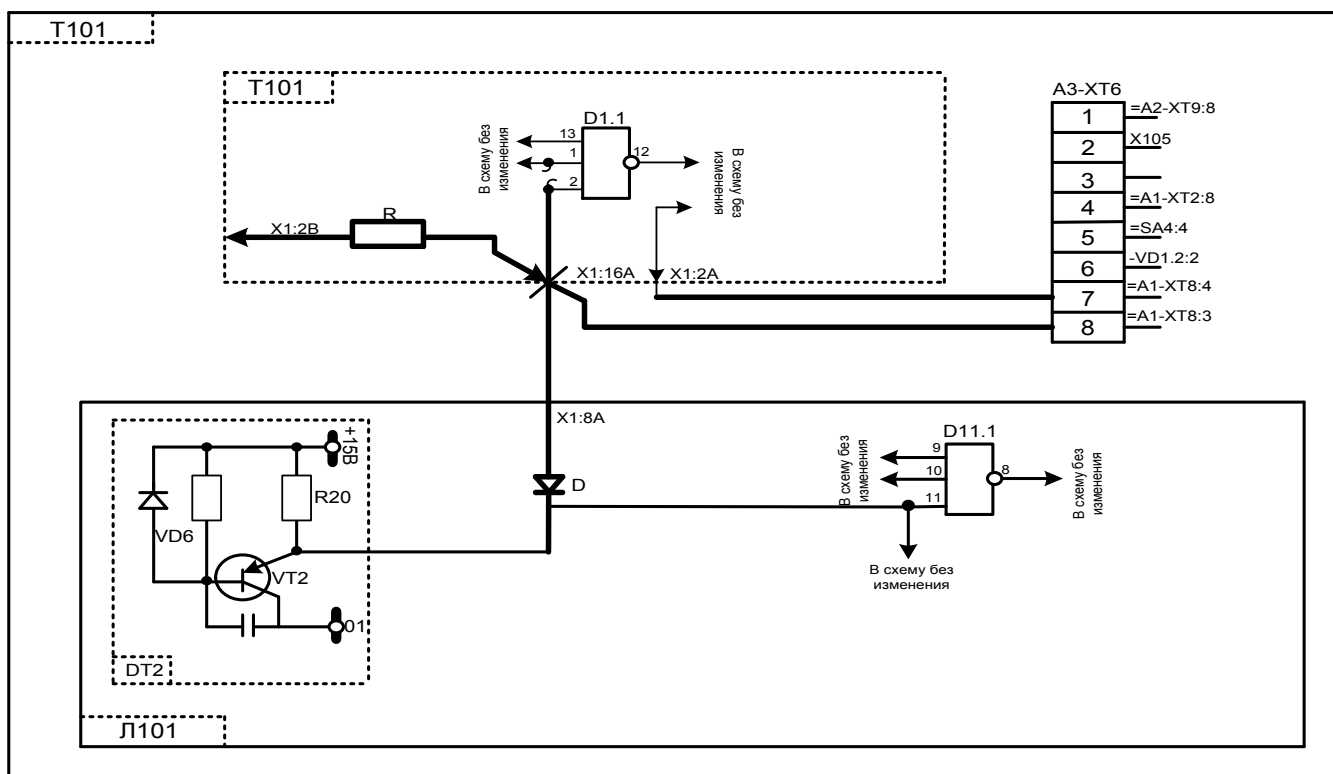


Рис. 8.6.2. Изменения в модуле А3

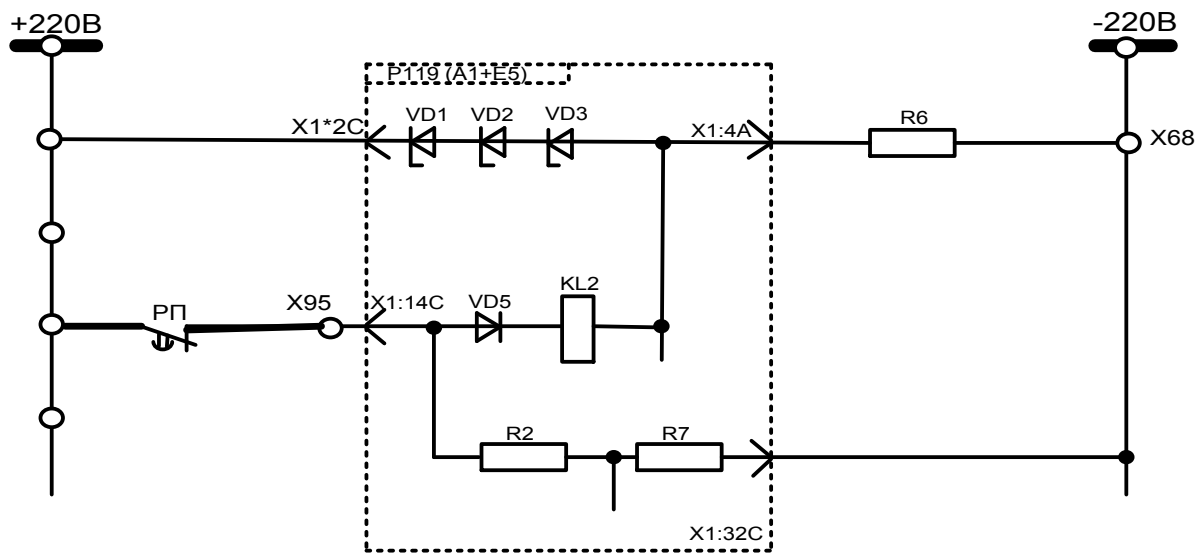


Рис 8.6.3. Схема изменения в шкафу защиты ШДЭ-2801 (ШДЭ-2802).

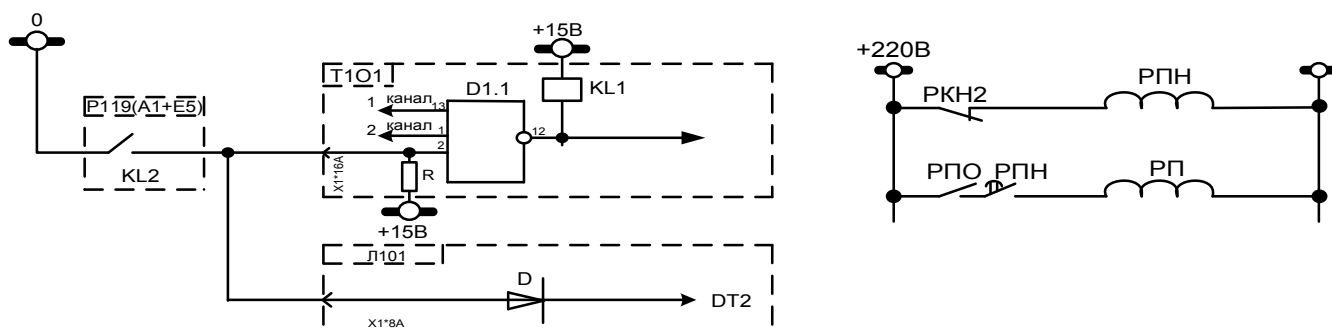


Рис. 8.6.4. Принципиальная схема подключения реле ПП.

8.7. ПАНЕЛЬ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ НАПРАВЛЕННОЙ ЗАЩИТЫ ПДЭ-2802.

8.7.1. Назовите назначение и состав панели защит ПДЭ-2802.

Панель типа ПДЭ-2802 предназначена для использования в качестве основной быстродействующей защиты ЛЭП, не имеющих ОАПВ. Она обеспечивает действие на отключение высоковольтных выключателей при всех видах КЗ на защищаемой линии, посылает ВЧ сигнал блокировки на противоположные концы линии при КЗ вне защищаемой зоны линии, а при необходимости и на пуск сигнала телеотключения на противоположные концы линии при срабатывании резервных защит или при неполнофазном включении или отключении.

Принцип действия ВЧЗ ПДЭ-2802 основан на сравнении направления мощности по концам защищаемой ЛЭП. При несимметричных повреждениях сравниваются направления мощности обратной последовательности, а при симметричных – фазные мощности. В первом случае в качестве органа направления мощности и пускового органа используется реле направления мощности (РНМ), реле тока и напряжения обратной последовательности, во втором – направленные реле сопротивления, включенные на разность токов двух фаз и междуфазное напряжение тех же фаз. Благодаря такому построению ВЧЗ повышается ее чувствительность при несимметричных КЗ и обеспечивается надежная работа органа направления мощности защиты при 3-х фазных КЗ.

Для организации канала связи используются приемопередатчики типа АВЗК-80, ПВЗУ [9].

8.7.2. Каков порядок ввода в работу панели ПДЭ-2802 ?

Ввод в работу должен производиться в следующем порядке:

- проверить, что ключ SA3 установлен в положение «ВЫВЕДЕНО»;
- внешним осмотром убедиться, что все блоки установлены в кассету и на ряде зажимов не отключены внешние связи;
- вставить рабочие крышки испытательных блоков SG1-SG4;
- переключатель SA1 в соответствие с заданным режимом (через «свой» или обходной) выключателей,
- переключатель SA2 в заданное положение;
- проверить, что заземляющий нож конденсатора связи на включаемой линии отключен;
- включить автоматический выключатель подачи питания, установленный на отдельной панели;
- включить блок питания и по свечению светодиодов на блоках ПО 110 (120) и ПО 211 убедиться, что напряжение на панель подано;
- произвести проверку ВЧА и обмен ВЧ сигналами с противоположными концами защищаемой линии;
- перевести ключ SA3 в положение «РАБОТА» и кнопкой SB1, расположенной на плите панели, сбросить светодиодную сигнализацию,
- произвести механический возврат блинкеров сигнализации, при этом должен погаснуть сигнал «ЗАЩИТА НЕИСПРАВНА».[71].

8.7.3. Каков порядок вывода панели ПДЭ-2802 ?

Для длительного вывода защиты из работы необходимо:

- отключить пуск УРОВ от защиты, для чего перевести переключатель SA1 установить в положение «ОТКЛЮЧЕНО»;
- перевести ключ SA3 режима работы в положение «ВЫВЕДЕНО»;
- отключить оперативный ток с защиты и с ВЧА;
- снять рабочие крышки испытательных блоков SG1-SG4;
- при необходимости отсоединить провода , идущие от панели с зажимов цепей отключения по программе производства работ.

Для кратковременного вывода защиты из работы по оперативным условиям необходимо установить ключ SA3 режима работы в положение «ВЫВЕДЕНО».[71].

8.7.4. Укажите действия оперативного персонала при срабатывании сигнализации на панели ПДЭ-2802.

При срабатывании сигнализации панели необходимо:

- при загорании лампы HLR1 «СРАБАТЫВАНИЕ» и выпадании блинкера KHL1 «СРАБАТЫВАНИЕ ЗАЩИТЫ» на лицевой стороне панели определить, по загоранию на лицевых платах блоков, какие измерительные органы защиты подействовали на отключение. После записи обозначений всех сработавших светодиодов, блинкеров и ламп, кнопкой SB1, расположенной на лицевой стороне панели, произвести возврат схемы сигнализации в исходное состояние, сообщить диспетчеру о сработавших измерительных органах защиты и об отключении.
- При загорании лампы HLW1 «Неисправность защиты» и выпадании блинкера KHL2 «Неисправность защиты» на лицевой стороне панели определить по загоранию светодиодов на лицевых платах блоков E3 (У101), E16 (M103) и на лицевой панели аппаратуры контроля ВЧ приемопередатчиков. Кнопкой SB1 «Съем сигнала», расположенной на лицевой стороне панели, произвести возврат схемы сигнализации в исходное состояние, вернуть блинкер KHL2 «Неисправность защиты» в исходное состояние. Если сработавшие светодиоды и блинкер не возвращается в исходное состояние, сообщить вышестоящему оперативному персоналу. Переключатель SA1 установить «Отключено», а ключ SA3 в положение «Выведено».[71].

8.7.5. Требуется ли вывод ПДЭ-2802 при выводе резервных защит ?

В отличие от ВЧ блокировок, защита типа ПДЭ-2802 полностью самостоятельна и может оставаться в работе при выводе резервных защит. Защита типа ПДЭ-2802 имеет также встроенный контроль исправности цепей напряжения. При неисправности цепей

напряжения полукомплект защиты выводится на своем конце защищаемой линии и подается блокирующий сигнал на противоположный.[71].

8.7.6. Почему применяются два пусковых органа с разной чувствительностью ?

Пусковой орган (ПО) выполняется при помощи двух комплектов реле, один из которых ПО2 пускает передатчик ВЧ-поста, а второй ПО1 управляет цепью отключения РЗ. Из принципа действия ВЧЗ и работы схемы следует, что неизменным условием правильной работы РЗ при внешних КЗ является пуск ВЧ-передатчика на ближнем к месту КЗ (т.е. приемном) конце ЛЭП. При несогласованной чувствительности ПО на противоположных концах ЛЭП это условие может быть нарушено. Так, например, если при внешнем КЗ реле ПО2 пускающее ВЧ-передатчик на приемном конце ЛЭП, не сработает из-за недостаточной чувствительности, а реле ПО1, пускающее РЗ на питающей стороне ЛЭП, окажется более чувствительным и подействует, то это РЗ неправильно отключит ЛЭП из-за отсутствия блокирующего сигнала с приемного конца. Для исключения этого ПО выполняется из двух комплектов реле: одного – ПО2 для пуска ВЧ-передатчика и второго – ПО1 в цепи отключения, При этом реле ПО2 должно быть в 1,5-2 раза чувствительнее реле ПО1 на своем и противоположном концах ЛЭП. При выполнении этого условия имеется полная гарантия, что более чувствительные реле ПО2 обеспечат пуск ВЧ-передатчика, если пришли в действие более грубые пусковые реле ПО1 в цепи отключения [9].

8.8. ПАНЕЛЬ ЗАЩИТЫ ДФЗ-201.

8.8.1. Пояснить назначение и принцип действия панели защит ДФЗ-201.

Дифференциальная фазная высокочастотная защита (ДФЗ-201) – основная быстродействующая защита с абсолютной селективностью, работает при всех видах КЗ и не реагирует на токи нагрузки и качания, так как в этих режимах токи на обоих концах ЛЭП имеют разные знаки, при неполнофазном режиме может пускаться, но на отключение не действует.

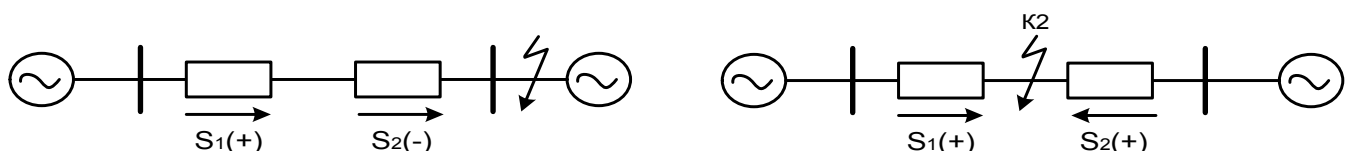
ДФЗ-201 основана на сравнении фаз тока по концам защищаемой ЛЭП. Сравнивая фазы токов по концам ЛЭП, можно установить местоположение КЗ. Сравнение фаз осуществляется косвенным путем посредством ВЧ - сигналов. Защита состоит из трех основных органов: пускового органа, органа манипуляции высокочастотным передатчиком и орган сравнения фаз токов.

Применяется на линиях 110 кВ и выше, т. е. на тех линиях, где повышенные требования в отношении быстродействия, чувствительности и селективности.

Работает совместно с приемопередатчиками типов УПЗ-70, АВЗК-80, ПВЗУ и другими. В отличие от практически всех высокочастотных защит, ДФЗ остается в работе при неисправности цепей напряжения.

При возникновении КЗ срабатывает пусковой орган, который реагирует на ток обратной последовательности при несимметричных КЗ и на ток прямой последовательности или сопротивление при трехфазных КЗ. Может использоваться пуск от суммы токов обратной нулевой последовательности. Пусковой орган запускает генератор высокой частоты. Работа которого управляется органом манипуляции. Генератор работает, когда напряжение на выходе комбинированного фильтра органа манипуляции отрицательно. Это напряжение пропорционально сумме токов прямой и обратной последовательности. Таким образом, передатчик генерирует импульсы высокой частоты длиной в половину периода (пауза тоже половина периода).

Приемник принимает свои сигналы и сигналы с противоположного конца (концов). За счет затухания сигналы противоположного конца имеют меньшую амплитуду. Если суммарный принимаемый сигнал имеет паузы (см.рис.8.8.1.), то КЗ на защищаемой линии. Если паузы достаточно большие (определяется органом сравнения фаз), защита срабатывает.



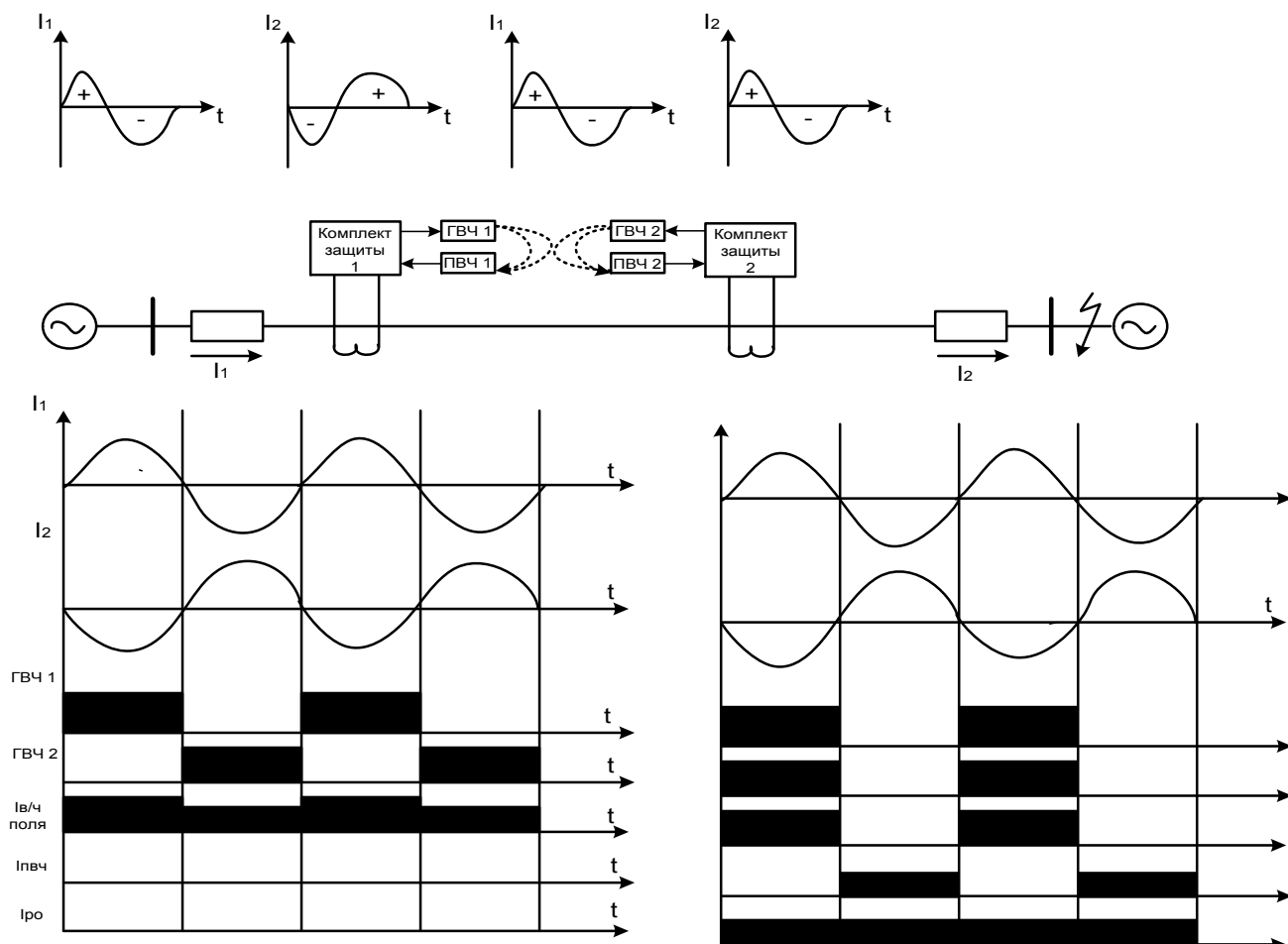


Рис. 8.8.1. Пояснение работы защиты ДФЗ.

Особенностью ДФЗ заключается в том, что ВЧ - генератор управляется (манипулируется) непосредственно токами промышленной частоты при помощи специального трансформатора. Генератор включен так, что при положительной полуволне промышленного тока он работает, посылая в ЛЭП сигнал ВЧ, а при отрицательной запирается, и сигнал ВЧ прекращается. В то же время приемник выполнен таким образом, что при наличии сигналов ВЧ, поступающих в его входной контур, выходной ток, питающий реле реагирующего органа (РО), равен нулю, а при отсутствии ВЧ – сигнала появляется выходной ток, поступающий в РО. Таким образом, генератор ВЧ работает только в течение положительных полупериодов тока промышленной частоты, а приемник – при отсутствии ВЧ – сигналов. Сдвиг фаз между токами, проходящими по обоим концам ЛЭП, определяется по характеру ВЧ – сигналов (сплошные, при внешнем КЗ или прерывистые, при КЗ в зоне), на которые с помощью приемника реагирует реле РО. [9].

8.8.2 Почему в защите ДФЗ применяется комбинированный фильтр ?

Комбинированные фильтры $J_1 + k J_2$ или $J_1 + k J_0$ обеспечивают действие ДФЗ при всех видах КЗ. В случае симметричных КЗ ток фильтра обуславливается составляющей J_1 , а при несимметричных составляющими J_1 и J_2 или J_1 и J_0 . Фильтры преобразуют трехфазную систему токов в однофазную. [9].

8.8.3. Почему в ДФЗ применяются два органа с разной чувствительностью ?

Пусковой орган состоит из двух комплектов – один, более чувствительный, пускает ВЧ – пост, а второй управляет цепью отключения и реле сравнения реагирующего органа. Оба комплекта приходят в действие только при появлении токов обратной последовательности и нулевой последовательности, благодаря этому они не реагируют на нагрузку и обладают высокой

чувствительностью.[9].

8.8.4. Требуется ли выводить ДФЗ в тупиковом режиме ?

При одностороннем питании ток повреждения проходит только с одного конца ЛЭП. Под воздействием этого тока ДФЗ на питающем конце пускается при всех видах КЗ, но поведение защиты будет зависеть от приемного конца, где проходит только ток нагрузки. В случае несимметричного КЗ под влиянием напряжения обратной последовательности, возникающего в месте КЗ, по обоим концам ЛЭП будет проходить ток J_2 , замыкающийся на приемном конце через нагрузку. Под воздействием этих токов в ЛЭП появится прерывистый сигнал ВЧ, и ДФЗ сработает на отключение.

В случае симметричного трехфазного КЗ ток несимметрии появится только в первый момент. Пусковое реле 1.KAZ1 сработают кратковременно и пустят передатчики на обоих концах ЛЭП на время, определяемое замедлением реле 2. KL2 и 2.KL3. Передатчик на питающем конце, управляемый током КЗ, будет посылать прерывистый сигнал ВЧ. Передатчик же на приемном конце будет работать непрерывно посылая сплошной сигнал, так как направление у потребителя при металлическом КЗ будет равно нулю, вследствие чего ток и манипуляция отсутствуют. В результате этого ДФЗ откажет в действии, поэтому КЗ должно отключаться резервной защитой. В тупиковом режиме защиту выводить не требуется. При внешнем КЗ через защиту, возможно, будут протекать токи только нулевой последовательности. См. на рис.8.8.2.

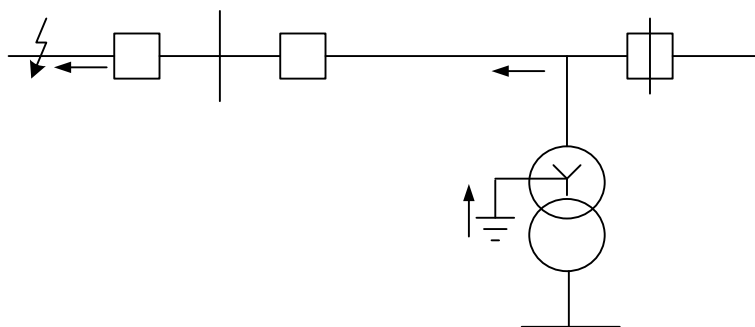


Рис.8.8.2. Протекание токов нулевой последовательности.

ДФЗ может запуститься, но орган манипуляции, реагирующий на сумму токов прямой и обратной последовательности, будет выдавать сплошной (не манипулированный) сигнал и защита работать не будет.[9].

8.8.5. Дайте пояснение фазной характеристики и углу блокировки .

Благодаря наличию емкости 2.C12 (в органе сравнения фаз) через трансформатор 2.TL трансформируется главным образом основная гармоника 50 Гц, выделяемая из прямоугольных импульсов тока (на выходе приемника). В обмотке реле 2.KS4 появляется ток, реле срабатывает и вызывает действие защиты, Значение тока в обмотке реле 2.KS4 органа сравнения фаз токов зависит от угла сдвига фаз между ВЧ импульсами обоих концов линии на входе приемника. Зависимость тока в обмотке реле 2.KS4 от угла между суммарными векторами токов $J_1 + k J_2$ на концах линии называется фазной характеристикой. Предельное отклонение угла сдвига по фазе между токами обоих концов ЛЭП от 180° , при котором защита еще блокируется, называется *углом блокировки*. Угол блокировки соответствует определенному току в обмотке реле 2.KS4. Значение тока срабатывания этого реле можно изменять углы блокировки защиты, т. е. углы сдвига фаз между ВЧ импульсами обоих передатчиков, при которых защита блокируется.



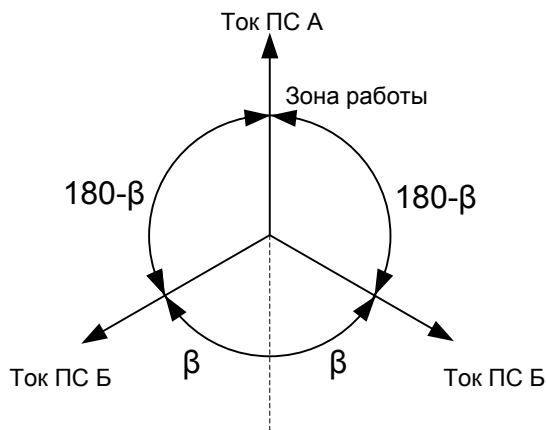


Рис.8.8.3. Фазная характеристика. Где: β -угол блокировки, составляет 40-50°

Если паузы между импульсами, в приемнике, выраженные в градусах превышают угол блокировки, то защита срабатывает (рис. 8.8.3.)

Для исключения ложного действия защиты при удаленных внешних КЗ, когда пусковые органы работают на пределе чувствительности и возможен пуск передатчика с одного конца, предусматриваются грубые органы, которые управляют цепью отключения (пусковые органы защиты).

Для надежного блокирования защиты при внешних КЗ передатчик пускается до начала сравнения фаз токов, а останавливается после отключения КЗ. При отключении выключателя, передатчик останавливается мгновенно.

Защита может отказать при несимметричных КЗ, если сумма токов прямой и обратной последовательности окажется меньше 2 А вторичных (для исполнения 5 А), в этом случае будет выдаваться не манипулированный сигнал. Аналогично, для правильной работы защиты при трехфазных КЗ ток прямой последовательности должен быть больше 2 А. Указанное возможно на длинных линиях, питающихся от маломощного источника.[63].

8.8.6. Назовите особенности эксплуатации ДФЗ-201,

К особенностям эксплуатации ДФЗ-201 можно отнести следующее:

- требуется постоянный или периодический контроль каналов ВЧ связи (непрерывный – с помощью специальных устройств или периодически – оперативным персоналом). При приеме смены дежурный персонал должен проверить исправное состояние ВЧ поста по показаниям приборов. Один раз в сутки, в условленное время, независимо от того, выведена ДФЗ или нет, дежурный персонал должен производить обмен сигналами для проверки исправности ВЧ канала и приемопередатчика. Обмен должен производиться при токах нагрузки не менее указанных в журнале по объекту;
- Защита с обеих сторон должна вводиться и выводиться одновременно, кроме случаев, когда защита выводится кратковременно;
- Защита немедленно выводится из действия в следующих случаях (с немедленным сообщением диспетчеру):
 - при выпадении блинкера «Накал», если он не поднимается; (при выпадении блинкера «Пуск защиты», если его не удастся поднять и причина длительного пуска неизвестна, защиту следует оставить в работе, так как возможной причиной длительного пуска может быть неполнофазный режим в сети);
 - при исчезновении оперативного тока на защите или ВЧ посту, Обратный ввод защиты может быть произведен не ранее, чем через 5 минут после восстановления питания ВЧ поста, это требуется для прогрева ламп; последнее не требуется для новых типов постов;
 - при резком отклонении величин тока приема от допустимых значений (при наличии достаточного тока нагрузки);
 - при неисправности ВЧ канала. Признаки: уменьшение тока приема при запуске передатчика с одной стороны ниже определенной величины (5 мА); снижение тока покоя при нормальном напряжении оперативного тока ниже (16 мА); отсутствие снижения тока покоя при обмене ВЧ сигналами; наличие тока приема (более 0,5 мА) при запуске передатчиков с обеих сторон.

- перед операциями с токовыми блоками ДФЗ; при выводе защиты в проверку;
 - при необходимости заземлить конденсатор связи.
- при неисправности цепей напряжения или выпадении блинкера «Вызов» защиту выводить из работы не требуется. Неисправность цепей напряжения контролируется блинкером «Напряжение», но он может не выпадать, если ток нагрузки по линии небольшой. Выпадение блинкера «Вызов» при отсутствии сигнала «Пуск защиты» говорит о том, что с вами хотят связаться с противоположного конца.

8.8.7. Какие меры возможно применить для исключения излишней работы ДФЗ-201 при внешних КЗ ?

В ряде энергосистем имели место случаи излишней работы ДФЗ – 201 в момент отключения внешних КЗ. При расследовании этих случаев было установлено, что излишняя работа защиты происходит из-за переходных процессов в органе манипуляции при разных напряжениях манипуляции в органах полуккомплектов ДФЗ по концам линии.

При уровне токов КЗ на грани срабатывания – возврата реле пуска защиты при несимметричных КЗ 1-ПР2 (1-2ПР) размыкание нормально открытого контакта приводит к возникновению помехи, которая по цепи останова передатчика (клемма П8/4 АВЗК-80) вызывает кратковременное открытие транзистора Т8 (узел УПР-1). Вследствие этого происходят остановки передатчика, появление скважности ВЧ сигнала и возможное излишнее срабатывание ДФЗ. Для исключения в дальнейшем излишнего срабатывания или отказа по указанным причинам предлагается для ВЛ с ДФЗ-201 независимо от наличия блокирующих комплектов выполнить следующее:

- замедление срабатывания защиты на 50-60 мсек по рис 8.8.4;
- в защитах с ВЧ аппаратурой АВЗК-80, отключить внешний монтаж с клемм приемопередатчика П8/4, П7/5; в узле УПР1 запаять перемычку 6-7;
- на ВЛ-110-220 кВ с защитами типа ДФЗ-201, с использованием ВЧ аппаратуры УПЗ-70, АВЗК-80 или ПВЗУ безынерционный пуск ВЧ передатчиков не использовать. .

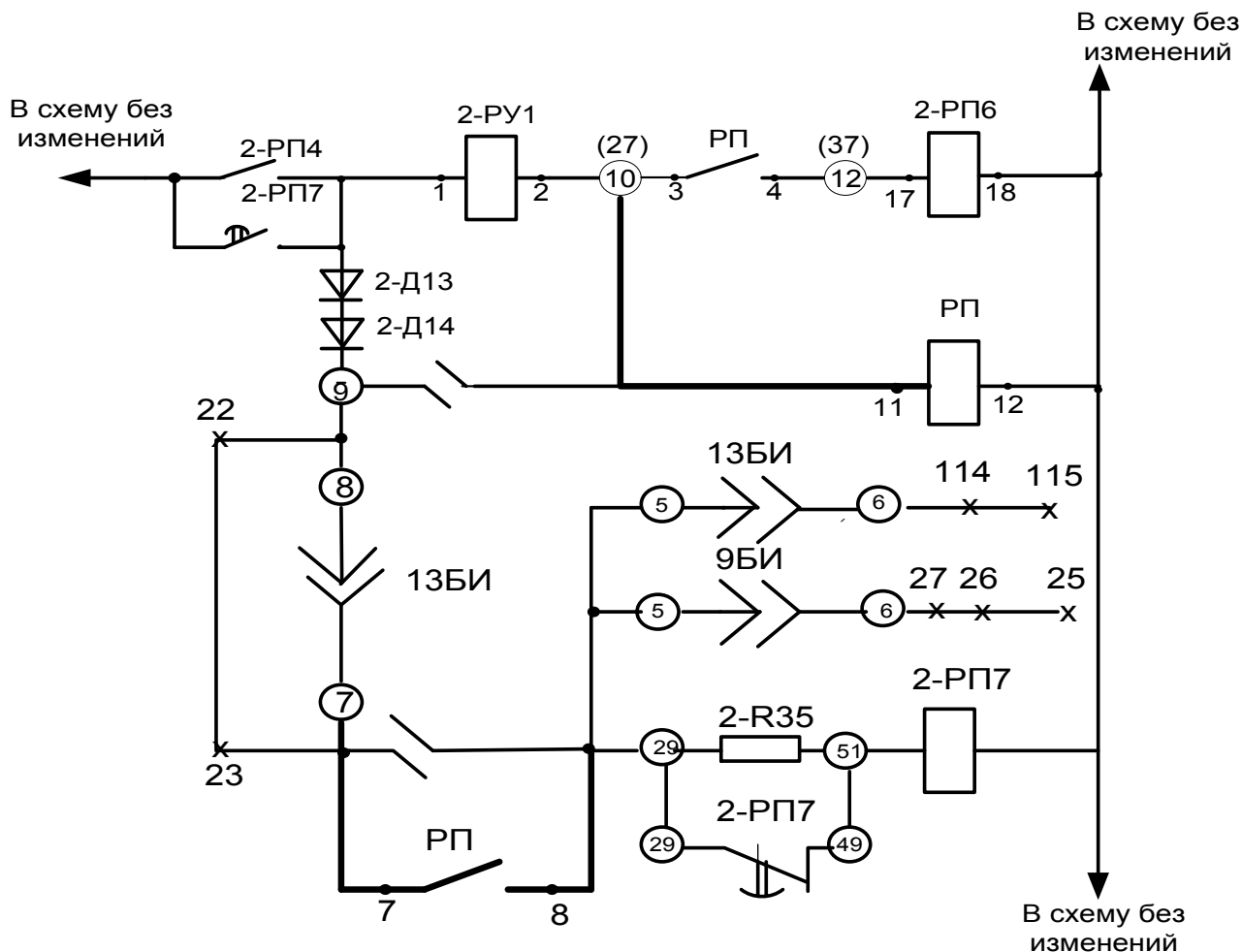


Рис. 8.8.4. Схема изменения в принципиальной схеме панели защит ДФЗ-201.

Примечания:

- вновь монтируемые цепи показаны утолщенными линиями;
- реле РП – установить дополнительно, тип РП-23, $U_{ном} = 220$ В;
- обозначения показаны согласно технического описания ОБК.469.521 на панели типа ДФЗ-201, издание 07, (издание 05);
- согласно техническому описанию ОБК.469.521 издание 05, колки 10 и 12 второго комплекта заняты, В таких панелях для монтажа контакт дополнительно установленного реле необходимо, освободить колок 27 второго комплекта. Для этого снять перемычку 27-29 и провод с адреса 2-R35:1 с колка 27 переключить на колок 29. Освобожденный колок 27 использовать для монтажа вновь монтируемых цепей.

8.8.8. Каким должен быть ток нагрузки на ЛЭП, обеспечивающий проверку исправности защиты ДФЗ?

При проверке ДФЗ необходимо по показанию щитового амперметра определить достаточность тока нагрузки для надежной манипуляции передатчика. Этот ток составляет примерно 10-20% номинального тока измерительных трансформаторов тока, к которым подключена защита. [63].

8.8.9. Для чего панель ДФЗ-201 комплектуется промежуточными трансформаторами тока?

Панель защиты типа ДФЗ-201 в части наличия промежуточных трансформаторов тока в цепях переменного тока выпускаются в двух модификациях:

- с промежуточными ТТ, имеющими коэффициент трансформации 1/5. Они используются, когда панель приключается к ТТ со вторичным током 1 А;
- с промежуточными ТТ, имеющими коэффициент трансформации 4-2,2/5 (регулировка коэффициента трансформации ступенчатая). Они используются, когда по концам защищаемой линии или линии и обходном выключателе установлены ТТ (со вторичным номинальным током 5 А), имеющие разные коэффициенты трансформации. В этом случае использование промежуточных ТТ может дать возможность выполнить на полукомплектах, включаемых на ТТ с разными коэффициентами трансформации, одинаковые уставки при равных первичных токах срабатывания.

Для возможности включения указанных промежуточных ТТ в цепях тока защиты на ряде зажимов панели предусмотрены специальные зажимы. [73]

8.9. Как выполнить ускорение защит от замыканий на землю на параллельных линиях ?

Ускорение токовой защиты нулевой последовательности параллельных ВЛ можно выполнить с проверкой направления мощности в параллельной линии или линиях. В ряде энергосистем применяется другое название – «поперечная защита».

Защита выполняется индивидуальной для каждой линии, в ней используется реле направления мощности и токовые органы 3-х ступеней (реже 2-х) всех параллельных линий. Время срабатывания защиты составляет 0-0,4 с.

Принцип действия защиты основан на сравнении направлений протекания мощности на параллельных линиях при КЗ на одной из них (рис.8.8.5.)

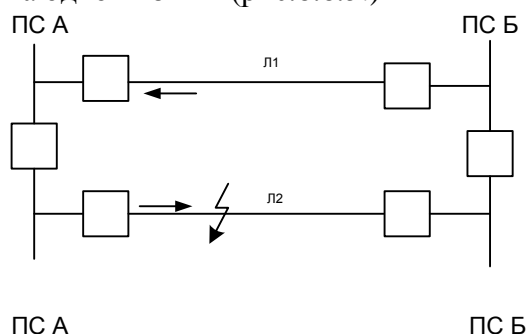


Рис.8.8.5.

При КЗ на Л-2 сработает поперечная защита Л-2 на ПС А по факту протекания мощности по Л-2 от шин в линию, а по Л-1 от линии к шинам. После отключения Л-2 на ПС А, не обязательно от поперечной защиты, создадутся условия для срабатывания поперечной защиты Л-2 на ПС Б и, Л-2 быстро окажется отключенной с двух сторон.

Защиты необходимо выводить с помощью соответствующих накладок в следующих случаях:

- при отключении СВ на ПС А должны выводиться защиты Л-1 и Л-2 на ПС А и ПС Б, при этом, как правило, на ПС А защиты выводятся автоматически. В противном случае при КЗ показанном на рис.8.8.6. произойдет отключение Л-2 на ПС А и Л-1 на ПС Б;

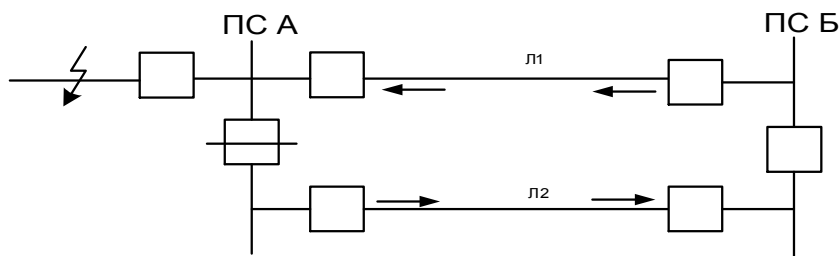


Рис.8.8.6.

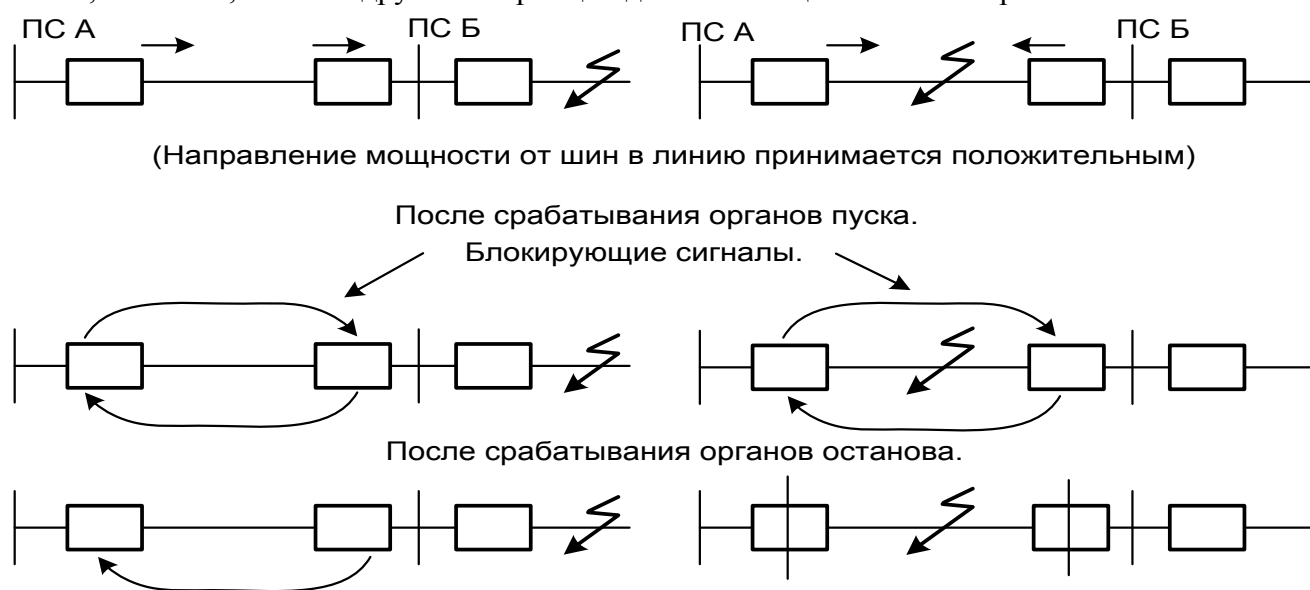
- при выводе защиты нулевой последовательности (например, для проверки) на одной из линий, должны выводиться поперечные защиты на обеих линиях с той стороны, где выведена защита нулевой последовательности;
- при неисправности цепей напряжения разомкнутого треугольника должны быть выведены защиты на той ПС, где возникла неисправность;
- при отключении одной из линий требуется выводить защиту на параллельной линии;
- для обеспечения правильной работы защиты необходимо, чтобы во время параллельной работы защищаемых линий на отпаечных ПС не было трансформаторов с заземленными нейтральями;

Если линия работает в тупиковом режиме, на питающем конце защиту выводить не требуется.[30]

8.10. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ БЛОКИРОВКА ЗАЩИТ ЛИНИЙ.

8.10.1. Каков принцип работы ВЧ блокировки ?

ВЧ блокировка применяется на линиях 110-220 кВ. Работают совместно с приемопередатчиками УПЗ-70, АВЗК-80, ПВЗУ и другими. Принцип действия защиты поясняет рис. 8.8.7.



На ПС Б работает передатчик, блокируя свой полукомплект и полукомплект ПС А.

Рис. 8.8.7. Схема пояснения действия защиты.

Рассматривается работа двух полукомплектов защиты на линии, соединяющей ПС А с ПС Б, При КЗ срабатывают чувствительные ненаправленные пусковые органы, и начинается посылка блокирующих сигналов с ПС А и с ПС Б, эти сигналы принимаются приемниками обоих полукомплектов. И пока существует хотя бы один сигнал, защита не срабатывает. Если КЗ на защищаемой линии, то сработают направленные в линию органы останова, снимутся блокирующие сигналы и произойдет отключение линии. При внешнем КЗ передатчик на ПС Б будет продолжать работать пока существует КЗ, тем самым, блокируя оба полукомплекта защиты.

ВЧ блокировки, например типа ЭПЗ-1643, для своей работы используют компоненты резервных защит (блокировку при качаниях, зоны ДЗ и другое), поэтому не могут работать автономно.

На ПС с ремонтной перемычкой (рис.8.8.8.), если на ней имеются трансформаторы тока, как правило, предусматривается перевод защит на ремонтную перемычку. В этом случае при срабатывании одной из защит произойдет отключение Л-1 и Л-2, при этом на ПС В будет сигнализация о том, на какой линии произошло КЗ. Например, при КЗ на Л-1 сработает защита линии, произойдет отключение Л-1 на ПС А, на ПС В снимется блокирующий сигнал защиты Л-2, вызывая отключение Л-2 на ПС Б. Для определения поврежденной линии и анализа работы защит дежурный персонал (ОВБ) должен зафиксировать действие защит на ПС В.

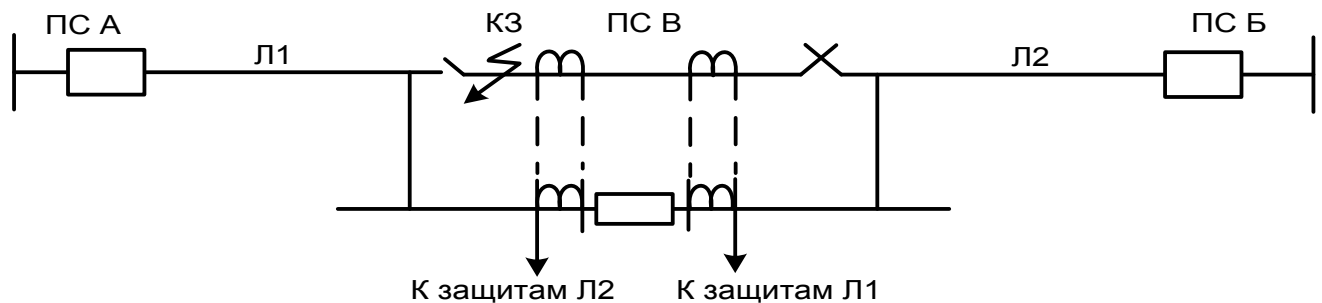


Рис.8.8.8. Схема защиты с ремонтной перемычкой.

В нормальном режиме, т.е. когда включен СВ, имеется возможность держать ремонтную перемычку под напряжением. В этом случае, при КЗ на ремонтной перемычке (см. рис.8.8.8.), произойдет срабатывание защит Л-1 и отключение неповрежденной Л-1, а так как для ВЧ защиты Л-2 – это повреждение «внешнее», она работать не будет, повреждение будет ликвидироваться резервными защитами на ПС Б. Для предотвращения отключения неповрежденного элемента надо либо не держать ремонтную перемычку под напряжением, либо с помощью токовых блоков отключать ТТ ремонтной перемычки от защит Л-1 и Л-2.[9]

8.10.2. Может ли ВЧ блокировка работать каскадно ?

При применении схем с ненаправленным пуском ВЧ передатчика, по принципу действия ВЧ блокировка ЭПЗ-1643-69 не может работать каскадно, т.е. если орган останова ВЧ передатчика на данном конце не срабатывает при повреждении на защищаемой линии, то неостановленный передатчик данного конца будет продолжать посылать блокирующий ВЧ сигнал, в результате чего комплекты защит с ВЧ блокировкой, установленные на других концах линии, откажут в действии.

ВЧ блокировка с направленным пуском ВЧ передатчика может применяться при каскадном отключении внешнего КЗ. При каскадном отключении внешнего КЗ в условиях, когда происходит изменение направления мощности по защищаемой линии, принципиально могло бы иметь место излишнее срабатывание дистанционной защиты с ВЧ блокировкой вследствие невозврата реле сопротивления. Но из анализа действия реле сопротивления при каскадном отключении внешнего КЗ следует, что во всех практически возможных случаях возврат реле сопротивления при каскадном отключении внешнего КЗ будет обеспечиваться, т.е. излишнее срабатывание в практических случаях невозможно. [63].

8.10.3. Для чего применяются контакты реле положения отключено выключателя в цепи останова ВЧ передатчика?

Предусмотренные в цепи останова ВЧ передатчика контакты реле положения «отключено» КQT (РПО) выключателей линии необходимы для предотвращения возможного отказа в срабатывании защиты при включении линии с противоположного конца на КЗ, а также для обеспечения действия защиты противоположных концов в режиме каскадного отключения повреждения. Отказ защиты мог бы иметь место вследствие посылки в линию блокирующего сигнала передатчика, установленного на том конце, где выключатели отключены. [63]

8.11. Какими параметрами характеризуется высокочастотный канал ВЧ защит ?

Высокочастотный канал характеризуется заданной частотой, рабочей фазой, затуханием ВЧ тракта, согласованием элементов ВЧ канала, наличием отраженного сигнала и биением частот на входе приемника. Частота и фаза ВЧ канала выбираются проектной организацией с учетом действующих ВЧ каналов и перспективы развития сети.

Получение наиболее выгодного режима работы ВЧ канала достигается согласованием его элементов, в результате чего исключаются излишние потери мощности сигнала.

В элементах ВЧ тракта происходит затухание мощности передаваемого сигнала. Единицей измерения затухания служит бел (Б); в практике измерений пользуются децибелом (дБ). Ранее в качестве единицы затухания использовали непер (Нп). Связь между единицами выражается соотношениями

$$1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп}; 1 \text{ Нп} = 8,69 \text{ дБ}.$$

Отличаются данные величины только логарифмами взятыми отношений измеренных мощностей в точках передачи и приема. Децибел – применяется десятичный логорифм, непер – применяется натуральный логорифм. [63].

8.12. Какие операции необходимо выполнить с устройствами РЗА при включении ремонтной перемычки на ПС со схемой «мостик» ?

Включение РП для ремонта оборудования.

Для перевода защит при включении ремонтной перемычки необходимо поочередно на обеих ВЛ:

- односторонне выводятся пуск УРОВ от ВЧ защиты и ВЧ защита ВЛ;
- вводятся ТТ РП в схему ВЧ защиты;
- вводится останов ВЧ передатчика от выходных реле ВЧ защиты другой ВЛ;
- вводится в работу ВЧ защита и пуск УРОВ от нее.

Вводится взаимный останов ВЧ постов обеих ВЧ защит.

Вводятся ТТ РП в схемы резервных защит обеих ВЛ.

Вводится взаимное действие резервных защит на отключение выключателя обеих ВЛ.

Включается РП.

При ремонте выключателя ВЛ после включения РП выполняются следующие операции:

- отключается выключатель ВЛ;
- односторонне выводится пуск УРОВ от ВЧ защиты и ВЧ защита ВЛ, выключатель которой выводится в ремонт;
- исключаются ТТ выводимого в ремонт выключателя из схемы ВЧ защиты;
- производится двухсторонний обмен сигналами по ВЧ каналу защиты;
- при отсутствии замечаний вводится в работу ВЧ защита и пуск УРОВ от нее;
- производится двухсторонний обмен сигналами по ВЧ каналу ВЧ защиты другой ВЛ и при отсутствии замечаний защита остается в работе.

При ремонте СВ после включения РП выполняются следующие операции:

- отключается СВ;
- производится двухсторонний обмен сигналами по ВЧ каналам ВЧ защит обеих ВЛ и при отсутствии замечаний защиты остаются в работе.

Отключение РП при вводе из резерва оборудования.

- включается в работу оборудование и включается РП;
- выводится взаимный останов ВЧ постов обеих ВЧ защит;
- исключаются ТТ РП из схемы резервных защит обеих ВЧ защит;
- выводится взаимное действие резервных защит на отключение выключателей обеих ВЛ.

Поочередно на обеих ВЛ:

- односторонне выводится пуск УРОВ от ВЧ защиты и ВЧ защиты ВЛ;
- выводятся ТТ РП из схемы ВЧ защит;

- выводится останова ВЧ передатчика от выходных реле ВЧ защиты другой ВЛ;
- вводятся ТТ выводимого в ремонт выключателя в схгму ВЧ защиты (только при ремонте выключателя ВЛ);
- производится двухсторонний обмен по ВЧ каналу ВЧ защиты;
- при отсутствии замечаний вводится в работу ВЧ защита и пуск УРОВ от нее.

8.13. Как выбираются параметры срабатывания токовой защиты нулевой последовательности от замыканий на землю одиночных линий в радиальной сети 110-220 кВ с односторонним питанием (с ответвлениями и без ответвлений) ?

8.13.1. На *тупиковых линиях* в случаях, когда длительный режим работы двумя фазами не предусматриваются, защита может выполняться одно- или двухступенчатой. Однако, учитывая наличие типовых панелей, защиту целесообразно выполнять двухступенчатой с направленной второй ступенью, что даст возможность повысить чувствительность защиты и уменьшить время отключения.

8.13.2. Ток срабатывания одноступенчатой защиты и первой ступени двухступенчатой защиты тупиковых линий выбирается по условиям отстройки от:

- броска намагничивающего тока трансформаторов, имеющих глухозаземленные нейтрали и включаемых под напряжение при включении линии;
- утроенного тока нулевой последовательности (НП), проходящего в месте установки защиты в кратковременном неполнофазном режиме, возникающем при одновременном включении фаз выключателя, подающего напряжение на защищаемую линию, и самозапуске двигателей нагрузки трансформаторов, питаемых от защищаемой линии, при работе хотя бы одного из этих трансформаторов с глухозаземленной нейтралью;

- утроенного тока НП, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю за автотрансформатором приемной подстанции на стороне его, примыкающей к сети с глухозаземленной нейтралью;

- тока небаланса в нулевом проводе ТТ при КЗ между тремя фазами за трансформаторами питаемых подстанций;

- утроенного тока НП, проходящего в месте установки защиты, при замыкании на землю на шинах подстанции, на которой эта защита установлена.

8.13.3. Ток срабатывания второй ступени тупиковых линий выбирается по условию тока небаланса в нулевом проводе ТТ при КЗ между тремя фазами за трансформаторами питаемых подстанций, а выдержка времени – по условию отстройки от одновременности включения фаз выключателя. [52]

8.14. К чему может привести нарушение нормального режима ЛЭП 11-220 кВ?

Пример нарушения нормального режима работы ВЛ 110-220 кВ – разрыв фазы. Последнее может возникать при нарушениях шлейфовых соединений под воздействием протекания токов КЗ, при недовключении фаз выключателей и разрывах проводов под воздействием внешних факторов и др. Разрывы фаз сопровождаются протеканием токов нулевой последовательности (НП), и во многих случаях токовые защиты НП ВЛ работают неселективно, например, на параллельных линиях. Как известно, взаимная индукция параллельных линий при разрывах фаз обуславливает перераспределение токов НП: увеличивает долю тока НП в параллельной линии и снижает долю тока, ответвляющегося во внешнюю сеть. Это приводит к уменьшению напряжения НП на шинах подстанции. И в тех случаях, когда напряжение НП оказывается недостаточным для срабатывания реле направления мощности, блокирующее реле мощности на линии без разрыва не срабатывает на внешнее для нее повреждение и не выводит чувствительную ступень защиты НП из работы. Это приводит к одновременному отключению поврежденной и неповрежденной линии.

9. ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ.

9.1. От каких видов повреждений и ненормальных режимов следует предусматривать защиты трансформаторов ?

Основными видами повреждений в трансформаторах и автотрансформаторах являются:

- замыкания между фазами внутри трансформатора и на наружных выводах обмоток;
- замыкания в обмотках между витками одной фазы (витковые замыкания);
- замыкания на землю обмоток или их наружных выводов;
- повреждения магнитопровода трансформатора, приводящие к появлению местного нагрева и «пожару стали»

Для ограничения размера разрушения релейная защита от повреждений в трансформаторе должна действовать быстро ($t=0,05-0,1$ с).

Защита от повреждений осуществляется токовой отсечкой, дифференциальной и газовой защитой.

Наиболее частым ненормальным режимом работы трансформаторов является появление в них сверхтоков, т.е. токов, превышающих номинальный ток обмоток трансформатора. Сверхтоки в трансформаторе возникают при внешних КЗ, качаниях и перегрузках.

Защита от внешних КЗ осуществляется при помощи максимально токовой защиты (МТЗ), МТЗ с блокировкой минимального напряжения, дистанционной защитой, токовой защитой нулевой и обратной последовательностей. В зону действия релейной защиты от внешних КЗ должны входить шины подстанций (1-й участок) и присоединения, отходящие от этих шин (2-й участок). Эти защиты являются также резервными от повреждений в трансформаторе.

К ненормальному виду режима также относится перегрузка, повышение напряжения (для автотрансформаторов 500 кВ и выше), неполнофазный режим, понижение уровня масла в баке трансформатора, перегрев масла.[9].

9.2. В каких случаях применяется дифференциальная защита и почему она так называется ?

Дифференциал в переводе с латинского означает разность. Поэтому дифференциальная защита – это устройство, позволяющее получить результирующий импульс, как сумму или разность токов составляющих элементов схемы (на одно реле фазы защиты подается ток от ТТ включенных на разные стороны защищаемого трансформатора и в котором происходит суммирование токов НН и СН и их разница с током ВН). Следовательно, можно несколько вольно сказать, что это защита, реагирующая на разность токов. Если слово «продольный» использовать в его прямом значении, т.е. вдоль чего-то, можно сказать, что это защита, измеряющая разность токов с двух сторон защищаемого аппарата. Естественно, при повреждении вне аппарата разность теоретически должна быть равной нулю, а при повреждении внутри аппарата должна быть равна сумме токов. Отсюда получается, что защита не работает при внешних КЗ, следовательно может быть выполнена без выдержки времени.

Продольная дифференциальная токовая защита без выдержки времени применяется на трансформаторах мощностью 6,3 МВА и более, на шунтирующих реакторах 500 кВ, а также на трансформаторах мощностью 4 МВА при параллельной работе последних с целью селективного отключения поврежденного трансформатора.

Дифференциальная защита может быть предусмотрена на трансформаторах меньшей мощности, но не менее 1 МВА, если: токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности. А максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 0,5 с; трансформатор установлен в районе, подверженном землетрясениям.

Продольная дифференциальная защита должна быть выполнена так, чтобы в зону ее действия входили соединения трансформатора со сборными шинами. Допускается использование для дифференциальной защиты трансформаторов тока, встроенных в трансформатор, при наличии защиты, обеспечивающей отключение (с требуемым быстродействием) КЗ в соединениях трансформатора со сборными шинами.[9].

9.3. В каких случаях применяется газовая защита ?

Газовая защита от повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа, и от понижения уровня масла или возникновении ускоренного потока масла из бака трансформатора в расширитель, должна быть предусмотрена:

- для трансформаторов мощностью 6,3 МВА и более;
- для шунтирующих реакторов напряжением 500 кВ;
- для внутрицеховых понижающих трансформаторов мощностью 630 кВА и более.

Газовую защиту можно устанавливать также на трансформаторах мощностью 1-4 МВА. Газовая защита должна действовать на сигнал при слабом газообразовании и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании и дальнейшем понижении уровня масла. В некоторых случаях опасных внутренних повреждений трансформаторов («пожар стали» межвитковых замыканий и т.п.) действует только газовая защита, а электрические защиты трансформатора не работают из-за недостаточной чувствительности.

При бурном газообразовании и резких толчках масла возможен отскок контактов газовой релле после срабатывания, поэтому газовое релле должно действовать на отключение через промежуточное релле по схеме с самоудержанием.

Для защиты контакторного устройства РПН с разрывом дуги в масле, сопровождающихся возникновением ускоренного потока масла из бака контактора в расширитель, следует предусматривать отдельное газовое (струйное) релле. [9].

9.4. В чем заключаются конструктивные особенности струйных от газовых релле ?

После срабатывания струйных релле защиты контактора (URF-25/10, RS-1000, PCT-25) следует производить их возврат медленным нажатием на кнопку, расположенную под крышкой в верхней части релле («контроля-возврата» у релле URF-25/10 и «Включено» у релле RS-1000) Целесообразно обратить внимание оперативного персонала на то, что возврат релле URF-25/10 выполняется нажатием кнопки только на половину ее хода и что через смотровое стекло следует убедиться, что после возврата груз располагается горизонтально. Возврат релле PCT-25 производится нажатием до упора на кнопку контроля, предварительно переведенную в положение возврата в соответствии с надписью на крышке коробки зажимов.

Газовое релле не имеет устройства возврата, но имеет кнопку опробования работы контактов на сигнал и отключение (BF-80/Q, PGT-80/50).

Струйное релле не срабатывает на появление газа в релле т.к. небольшое количество горячего газа, выделяющегося из масле в процесс работы контактора, является нормальным явлением.[49].

9.5. В каких случаях переводится отключающий элемент газовой защиты с действием на сигнал ?

Перевод отключающего элемента газовой защиты с действием на сигнал должен производиться в следующих случаях:

- на время проверки защиты;
- при неисправности защиты;
- при работах в масляной системе трансформатора, в том числе и при доливке масла;
- при временных взрывных работах вблизи места установки трансформатора;
- при выводе в ремонт трансформатора с сохранением в работе его выключателей.[49].

9.6. Какие особенности операций с вводом в работу трансформатора, возникают при работе защиты контактора РПН ?

Если несмотря на повреждение контактора РПН требуется сохранить в работе трансформатор, он может быть включен в работу после отключения устройств РПН, оперативных цепей управления РПН и блокирования привода. Если на устройстве РПН по какой-либо причине выведено из работы струйное релле, то необходимо отключить автоматическое и запретить ручное регулирование напряжения. Срок работы РПН в этом режиме устанавливается главным инженером предприятия.

Если струйное релле выведено на срок не более одних суток, то по решению главного инженера предприятия трансформатор с устройством РПН может быть включен в работу без защиты контактора.[49].

9.7. Как осуществляется пуск схемы пожаротушения трансформаторов ?

На дифференциальную и газовую защиты трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов не должны возлагаться функции пуска установки пожаротушения. Пуск схемы пожаротушения указанных элементов должен осуществляться от специального устройства обнаружения пожара.[62].

9.8. Какие меры применяются в защите автотрансформаторов при выводе ДЗШ ?

На автотрансформаторах 220-500 кВ подстанций, блоках генератор-трансформатор 330-500 кВ и автотрансформаторах связи 220-500 кВ электростанций должна предусматриваться возможность оперативного ускорения защит от токов, обусловленных внешними КЗ, при выводе из действия дифференциальных защит шин или ошиновки, обеспечивающего отключение поврежденных на элементах, оставшихся без быстродействующей защиты с выдержкой времени около 0,5 с .[65].

9.9. Может ли сработать дифференциальная защита силового трансформатора из-за работы разрядников ?

Фиксировались случаи действия дифференциальной защиты силовых трансформаторов при включении отходящих ЛЭП 10 кВ. КЗ происходило из-за работы разрядников РВП-10, установленных в зоне действия дифференциальной защиты. От коммутационных перенапряжений. Нижний предел работы разрядника оказывался ниже допустимого (26 кВ).[39].

9.10. Для чего применяется быстронасыщающий трансформатор в дифференциальных реле ?

Быстронасыщающийся трансформатор (БНТ) работает как обычный промежуточный трансформатор, если через первичную обмотку проходит переменный ток нормальной частоты с симметричной синусоидальной формы кривой, т.е. ток, каждый период которого состоит из симметричных положительного и отрицательного полупериода. Магнитный поток и пропорциональная ему магнитная индукция в сердечнике БНТ изменяются от положительного до отрицательного максимальных значений, создавая ЭДС на вторичной обмотке БНТ и достаточный для работы исполнительного реле тока.

Иначе работает БНТ. Если через его первичную обмотку проходит ток с несимметричной формой кривой, т.е. ток, у которого каждый период состоит из одних положительных или одних отрицательных полупериодов или же из положительных полупериодов с большой амплитудой и отрицательных полупериодов с малой амплитудой (или наоборот).

Такое смещение кривой тока относительно оси времени происходит из-за того, что переходные процессы сопровождаются прохождением постоянного затухающего тока, который в отличие от периодического переменного тока называется аperiodическим. Таким образом, полный ток во время переходного процесса состоит из периодической и аperiodической составляющих и равен их сумме.

Длительность переходного процесса зависит от соотношения индуктивного и активного сопротивлений генераторов, трансформаторов и ЛЭП и может составлять 0,05-0,5 с .

В этом случае, магнитный поток и магнитная индукция в сердечнике БНТ будут изменяться только от положительного максимального значения до нулевого значения тока намагничивания. Поэтому на вторичной обмотке БНТ будет создаваться небольшая ЭДС и недостаточный для работы исполнительного реле тока.

Это свойство БНТ используется для того, чтобы отличить токи КЗ от токов намагничивания силовых трансформаторов и токов небаланса в первые периоды КЗ, сопровождающихся переходным процессом. Таким образом, при включении токовых реле через БНТ они становятся нечувствительными к токам намагничивания силовых трансформаторов и тока небаланса при переходных процессах. Что дает возможность повысить чувствительность защиты. В то же время реле с БНТ надежно срабатывает при КЗ в зоне защиты.[43]

9.11. Укажите случаи применения реле серии РНТ-560 и ДЗТ-11.

В соответствии с [53] использование дифференциальных защит трансформаторов, выполненных с реле серии РНТ-560 на проектируемых ПС не рекомендуется, поскольку на трансформаторах с РПН такие защиты в большинстве случаев не удовлетворяют требованиям чувствительности, регламентируемых ПУЭ.

Для трехобмоточных трансформаторов реле серии РНТ-560 используются крайне редко. Возможно использовать РНТ-560 в первую очередь для защиты двухобмоточных трансформаторов мощностью менее 25 МВА. Если для трансформаторов мощностью 25 МВА

и выше значение первичного тока срабатывания защиты окажется больше 1,5 номинального тока трансформатора, то в соответствии с рекомендациями ПУЭ следует выполнять защиту с реле серии ДЗТ-11.[53]

9.12. Как целесообразнее включать тормозную обмотку реле серии ДЗТ-11 ?

Как правило тормозную обмотку реле ДЗТ-11, целесообразно присоединять:

- на двухобмоточных трансформаторах – к трансформаторам тока, установленным на стороне низкого напряжения, а на 2-х обмоточных трансформаторах с расщепленной обмоткой на сумму токов ТТ, установленных в цепи каждой из расщепленных обмоток. В этом случае при КЗ в защищаемой зоне торможение от тока системы отсутствует;
- на 3-х обмоточных трансформаторах на сумму ТТ, установленных на сторонах среднего и низшего напряжений;
- на автотрансформаторах – к ТТ, установленными на стороне среднего напряжения, где, как правило, предусмотрено регулирование напряжения под нагрузкой.[53]

9.13. В каких случаях применяется дистанционная защита автотрансформаторов ?

Направленные дистанционные защиты (ДЗ), устанавливаемые на сторонах ВН и СН, включаются таким образом, чтобы защищать ЛЭП ВН и СН соответственно.

На АТ с ВН 220 кВ применяются два варианта включения ДЗ: одноступенчатые выполняются как на стороне СН, так и на ВН; двухступенчатая РЗ – на стороне СН.

Установка дистанционной защиты автотрансформаторов (АТ) может потребовать по условиям обеспечения:

- согласования защит смежных линий с защитами АТ;
- дальнейшее резервирование в сетях высшего или среднего напряжения;

Одновременно защита может частично резервировать основные защиты АТ. ДЗ, как другие резервные защиты АТ, с первой выдержкой времени действует на деление шин (на отключение шиносоединительного выключателя), что обеспечивает повышение эффективности дальнего резервирования.

В целях упрощения следует стремиться устанавливать на АТ с высшим напряжением 220 кВ одну панель ДЗ, 330 кВ и выше, как правило, устанавливаются две панели. Как правило, цепи тока подключаются к ТТ на той стороне АТ, в которую направлена ДЗ. Однако при использовании ступеней ДЗ для осуществления ближнего резервирования основных защит АТ и направленности ее в сторону шин среднего (высшего) напряжения, цепи тока этой ступени должны подключаться к ТТ на стороне высшего (среднего) напряжения АТ так, чтобы последний входил в зону действия ступени.

Цепи напряжения защиты могут в общем случае включаться на фазные напряжения (относительно нулевой точки системы) ТН, установленного непосредственно на выводах низшего напряжения АТ, или на междуфазные напряжения ТН, установленного на шинах среднего или высшего напряжения. Последнее целесообразно в случаях, когда обе ступени защиты включаются на ТТ, установленные на той же стороне АТ, на которой установлен используемый для защиты ТН. При таком включении обеспечивается максимальная чувствительность при внешних КЗ защиты, направленной в сторону сети. Использование ТН стороны низшего напряжения наиболее целесообразно при включении ступеней защиты на ТТ разных сторон АТ.

ДЗ на стороне ВН направленная в сеть СН действует с тремя выдержками времени: с первой на отключение шиносоединительного или секционного выключателя СН, со второй на отключение выключателя СН АТ и с третьей на выходные реле АТ.

ДЗ на стороне СН направленная в сеть ВН действует с первой выдержкой времени – на отключение ШСВ или СВ ВН АТ, со второй выдержкой времени на отключение выключателя ВН АТ и с третьей – на выходные реле РЗ АТ. [53]

9.14. Как правильно выбрать значение напряжения срабатывания МТЗ с пуском напряжения ?

Согласно РУ 13Б [53] МТЗ с комбинированным пуском напряжения, выполняется с помощью реле тока РТ-40, фильтр-реле напряжения обратной последовательности типа РНФ-1М и минимального реле напряжения типа РН-54.

В ориентировочных расчетах напряжение срабатывания минимального реле РН-54 может быть принято равным $(0,9-0,85) U_{ном}$. Для РНФ-1М – исходя из минимальной уставки устройства (6 В междуфазных) $U_{2сз} = 0,06 U_{ном}$. По данным экспериментов и опыта эксплуатации при таком напряжении срабатывания обеспечивается отстройка от напряжения небаланса в расчетном (нагрузочном) режиме.[53]

9.15. В чем отличие блокировок МТЗ по напряжению минимального от комбинированного ?

МТЗ с комбинированным пуском напряжения выполняется с помощью реле тока, реле обратной последовательности РНФ-1М и реле минимального напряжения РН-54,

МТЗ с минимальным пуском по напряжению выполняется с помощью реле тока и реле минимального напряжения.

МТЗ установленная на стороне НН с первой выдержкой времени действует на отключение выключателя НН, а со второй – на выходные реле защит трансформатора.

МТЗ установленная на стороне СН с первой выдержкой времени действует на разделение секций шин 35 кВ, далее – на отключение выключателя 35 кВ трансформатора и затем – на выходные реле защиты трансформатора.

В целях уменьшения вероятности повреждения оперативного тока МТЗ с комбинированным пуском напряжения, который совмещен с оперативным током основной защиты трансформатора (при КЗ в распределительных устройствах типа КРУ может отключиться автоматический выключатель оперативных цепей, т.е. полной потерей оперативного тока защиты трансформатора) рекомендуется устанавливать ее аппаратуру не в шкафу КРУ, а на панели ОПУ.[53].

9.16. Как выполняется защита от замыканий на землю на стороне низшего напряжения автотрансформатора ?

Защита выполняется с помощью максимального реле напряжения типа РН-53/60Д, имеющего достаточную термическую стойкость (110 В). Первичное напряжение срабатывания защиты принимается минимально возможным для данного реле, т.е. соответствующим $U_{ср.мин} = 15 В$. Выдержка времени принимается примерно 9с (защита действует на сигнал).[53].

9.17. Какой должна быть уставка защиты от перегруза трансформаторов и автотрансформаторов ?

Ток срабатывания реле тока защиты от перегрузки (действующей на сигнал) определяется по выражению:

$$J_{сз} = K_{отс} / K_{в} J_{ном}$$

где: – $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибку реле и необходимый запас, принимается равным 1,05

$K_{в}$ – коэффициент возврата реле, может быть принят равным 0,8

$J_{ном}$ – номинальный ток обмотки трансформатора (АТ) с учетом регулирования напряжения, на стороне которой установлено рассматриваемое реле .

Обычно принимается величина равная 1,25 номинального тока.

При перегрузке обмотки ВН АТ токи в обмотках СН и НН могут быть ниже номинального тока. Следовательно, на АТ, имеющих питание на стороне ВН, необходимо устанавливать РЗ, реагирующую на перегрузку этой стороны. Указанная РЗ будет также защищать и общую обмотку АТ, так как перегрузка этой обмотки будет сопровождаться перегрузкой обмотки ВН. При работе АТ в режиме передачи электроэнергии со сторон ВН и СН на сторону НН в общей обмотке проходит суммарный ток ВН и СН. В этих случаях общая обмотка может перегружаться при отсутствии перегрузки в двух обмотках АТ. На АТ, работающих в указанном режиме, необходимо устанавливать РЗ от перегрузки на нулевых выводах общей обмотки.

Защита от перегрузки двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой НН выполняется с использованием двух реле, каждое из которых включено на фазный ток части обмотки 6-10 кВ. При параллельном соединении частей расщепленной обмотки НН реле тока защиты от перегрузки устанавливается со стороны ВН трансформатора.

Защита от перегрузки трехобмоточного трансформатора с двухсторонним питанием выполняется с использованием трех реле, установленных со стороны ВН, СН и НН

трансформатора в предложении, что возможна передача мощности со стороны СН одновременно на стороны ВН и НН.

В схемах трехобмоточного трансформатора с односторонним питанием защита от перегрузки устанавливается со сторон ВН и НН.

Для защиты от перегрузки всех сторон трехобмоточного трансформатора используется одно общее реле времени [53]

9.18. Какие меры принимаются для предотвращения ошибок при включении и проверки дифференциальной защиты трансформаторов (АТ).?

Согласно сборника регламентирующих материалов (СРМ-2000), в целях предотвращения излишних и ложных срабатываний диффзащита трансформаторов (АТ) предлагается:

- при проверке схем диффзащита трансформаторов (АТ), у которых ТТ на стороне ВН соединены в звезду, обращать особое внимание на правильность схем с точки зрения обеспечения балансировки токов нулевой последовательности;
- проверить правильность сборки токовых цепей диффзащиты при достаточном значении вторичного тока (как правило, не менее 10-20% номинального тока трансформаторов тока, используемых в защите);
- при отсутствии нагрузки или источника питания на стороне НН для проверки защиты 3-х обмоточных трансформаторов (АТ) с выносными регулировочными устройствами использовать ток регулировочного трансформатора при уставке переключателя в крайнее положение;
- правильность сборки токовых цепей защиты при ее новом включении проверять анализом векторной диаграммы токов и измерением тока небаланса в реле или напряжения небаланса на их зажимах при полностью собранной схеме защиты.

9.19. Как используются обмотки дифференциальных реле ?

Рабочая обмотка включается в дифференциальную цепь защиты, по которой проходит разность токов от плеч защиты.

Уравнительные обмотки используются специально для компенсации неравенства намагничивающих сил, обусловленных токами, поступающими от каждого плеча защиты. Как правило, непосредственно к рабочей обмотке подключают цепи ТТ той стороны, где вторичный ток больше, а к уравнительной обмотке подключают цепи от ТТ с меньшим вторичным током.

Полярности и числа витков обмоток выбираются из того расчета, чтобы при внешнем КЗ и в нормальном режиме диффреле равнялось нулю. [9].

9.20. В каких случаях применяются дифференциальные реле с несколькими рабочими обмотками ?

Реле серии РНТ с несколькими рабочими обмотками применяются, в частности в следующих случаях:

- при использовании ТТ с различными номинальными вторичными токами (5 или 1 А);
- при использовании в защите установки одного напряжения (ДЗШ) ТТ с разными коэффициентами трансформации

В этих случаях величины токов, поступающих от разных плеч защиты, сильно отличаются друг от друга. Реле с независимыми рабочими обмотками (РНТ-563/2, РНТ-564, РНТ-566/2, РНТ-567, РНТ-567/2) оказываются конструктивно более целесообразными по сравнению с реле, в котором токи суммируются в дифференциальной обмотке, а небаланс компенсируется за счет магнитных потоков уравнительных обмоток. [9].

9.21. Как выполняется резервная защита обратной последовательности ?

Токовая резервная защита обратной последовательности устанавливается на стороне ВН и питается от ТТ, встроенных во втулки ВН АТ. Релейная защита (РЗ) выполняется направленной в сторону ВН в предположении, что выдержки времени резервных ЛЭП ВН меньше выдержек времени резервных защит РЗ ЛЭП СН. Как направленная, РЗ действует с первой выдержкой времени, большей выдержек времени резервных РЗ ЛЭП ВН, на отключение

шиносоединительного или секционного выключателей (при их наличии). Со второй – на отключение выключателя ВН АТ и с третьей – на выходные промежуточные реле АТ. В обход реле направления мощности, как ненаправленная, РЗ действует с первой выдержкой времени – на отключение шиносоединительного или секционного выключателей СН, со второй – на отключение выключателей СН АТ и с третьей – на выходные промежуточные реле РЗ АТ.

При наличии на стороне ВН АТ схемы «мостик» с выключателем в перемычке и отделителями в цепях АТ РЗ выполняется ненаправленной. В дополнение к МТЗ ОП для действия при 3-х фазных КЗ предусматривается МТЗ с пуском минимального напряжения в однофазном исполнении.[9].

9.22. В чем заключаются особенности защиты нулевой последовательности автотрансформаторов ?

На выполнение РЗ нулевой последовательности (НП) влияют особенности АТ, и поэтому она имеет некоторые отличия от РЗ трансформаторов:

- у АТ заземляются концы обмоток СН, являющейся общей частью обмоток АТ. При КЗ на землю в сети одного напряжения (например, в точке на стороне СН) в заземляющем проводе проходит ток нулевой последовательности равный разности токов НП ВН и СН. Поскольку этот ток может оказаться недостаточным, МТЗ НП в заземляющем проводе АТ не устанавливается, ее включают на стороны выводов ВН и СН. При этом она реагирует на ток НП ВН или СН соответственно;
- вследствие наличия электрической связи между обмотками ВН и СН АТ КЗ на землю на стороне одного напряжения вызывает токи НП на стороне другого. В связи с этим возникает необходимость согласования выдержек времени МТЗ НП на выводах ВН и СН АТ. Для обеспечения селективности эти РЗ выполняются направленными;
- для уменьшения выдержек времени рекомендуется МТЗ НП на АТ выполнять направленными двух- и трехступенчатыми.[9].

9.23. Как выполняется токовая отсечка для защиты трансформаторов ?

Токовая отсечка (ТО) – простая быстродействующая РЗ от повреждений в трансформаторе. Зона действия отсечки ограничена, она не действует при витковых замыканиях и замыканиях на землю в обмотке, работающей на сеть с малым током замыкания на землю. ТО устанавливается с питающей стороны трансформатора.

На трансформаторах в сети с глухозаземленной нейтралью ТО устанавливается на трех фазах, а в сети с изолированной нейтралью – на двух.

В зону действия ТО входят ошиновка, выводы и часть обмотки трансформатора со стороны питания. ТО в сочетании с МТЗ и газовой защитой обеспечивает хорошую защиту для трансформаторов малой мощности. [9].

9.24. Назовите особенности выполнения дифференциальной защиты трансформаторов и АТ.

В трансформаторе с соединением обмоток звезда-треугольник и треугольник-звезда токи в обмотках ВН и НН различаются не только по значению но и по фазе. Угол сдвига зависит от группы соединения обмоток трансформатора. Таким образом, для выполнения условия селективности (для того чтобы дифференциальная РЗ не работала при нагрузке и внешних КЗ, необходимо уравновесить вторичные токи в плечах РЗ так, чтобы ток в реле, равный их разности, отсутствовал) необходимы специальные меры по выравниванию вторичных токов по значению и по фазе с тем, чтобы поступающие в реле токи были равны.

Для компенсации сдвига фаз токов силовых трансформаторов, соединенных по схеме звезда-треугольник или треугольник-звезда, необходимо ТТ на стороне звезды соединить в треугольник, а на стороне треугольника – в звезду.

Выравнивание величин вторичных токов в плечах дифференциальной РЗ достигается подбором коэффициентов трансформации ТТ дифзащиты и параметров специально для этой цели установленных уравнительных промежуточных автотрансформаторов или промежуточных трансформаторов (этот способ компенсации удобно сочетается с дифференциальным реле,

включаемым через быстронасыщающийся трансформатор т.е. использование реле серий РНТ и ДЗТ).[9]

9.25. В чем заключаются особенности реле ДЗТ-21 ?

Для РЗ трансформаторов и автотрансформаторов большой мощности дифференциальные защиты с магнитным торможением (с реле ДЗТ-11) не обеспечивают требуемой чувствительности и быстродействия. Для таких трансформаторов и АТ разработаны и получили распространение РЗ с реле типа ДЗТ-20, которые обладают более высокой чувствительностью (ток срабатывания регулируется в пределах 0,3-0,7 $I_{ном}$) и имеют независимое торможение от двух групп ТТ (при необходимости обеспечить торможение от трех групп ТТ используется приставка дополнительного торможения типа ПТ-1).

В реле ДЗТ-21(ДЗТ-23) для отстройки от бросков намагничивающего тока силовых трансформаторов и переходных токов небаланса используется времяимпульсный принцип блокирования РЗ в сочетании с торможением от составляющих второй гармонической.

Времяимпульсный принцип основывается на анализе длительности пауз, появляющихся в кривой дифференциального тока. Оценивая с помощью специальной схемы продолжительность пауз, РЗ может отличить режим броска (блокировки РЗ) от режима КЗ.

При больших кратностях тока в защищаемой зоне, особенно при наличии апериодической составляющей, может наступить насыщение ТТ РЗ. При этом во вторичных токах ТТ появляются паузы, которые могут вызвать замедление или отказ РЗ. Для обеспечения надежности и быстродействия РЗ в этих режимах в схеме предусмотрена дополнительная отсечка.

Реле ДЗТ-21 (ДЗТ-23) выполнено трехфазным.[9]

9.26. Каким статическим реле заменяются реле серии РНТ- 560 ?

Реле выполненные на интегральных микросхемах типа РСТ-15(для сети 50 Гц) и РСТ-16 (для сети 60 Гц) служат как реле для дифференциальной защиты, т. е. заменяют реле серии РНТ 560. Тормозные обмотки в реле РСТ-15 не предусмотрены. Реле РСТ-15 характеризуется высокой степенью отстройки от переходных токов небаланса, возникающих при включении трансформаторов и двигателей под нагрузку. Уставка осуществляется штеккером, помещенным в соответствующее гнездо на лицевой плате реле.[9].

9.27. Какие меры принимаются в схемах управления отделителем трансформаторов, не имеющих выключателей на стороне высшего напряжения ?

Схема управления отделителя выполняется таким образом, чтобы импульс на его отключение подавался после срабатывания короткозамыкателя при условии, что питающая ЛЭП отключилась и ток КЗ прекратился. Для контроля тока в цепи ТТ со стороны питания трансформатора, устанавливается трехфазное токовое реле , а не однофазное для предотвращения отключения отделителя под током, которое может иметь место при трехфазном КЗ из-за разновременности отключения фаз выключателя на питающем конце ЛЭП или отказе в отключении одной или двух фаз этого выключателя. Уставка реле принимается минимальной.

Токовое реле, установленное в цепи короткозамыкателя, используется при установке на питающей ЛЭП выключателя с пофазным приводом. Благодаря наличию этого реле предотвращается отключение отделителя под током при отказе той фазы выключателя, питающей ЛЭП, на которой установлен короткозамыкатель.[9].

9.28. Как действует защита от потери охлаждения автотрансформаторов ?

Защита от потери охлаждения АТ действует на его отключение со всех сторон с запретом АПВ:

- через 10 минут при температуре верхних слоев масла больше 75°C и нагрузке АТ больше 100%;
- через 30 минут при температуре верхних слоев масла больше 75°C независимо от нагрузки АТ;
- через 1 час при потере охлаждения АТ независимо от его нагрузки и температуры масла.[23].

9.29. Какие схемы соединения ТТ применяются в дифференциальной защите трехобмоточных силовых трансформаторов?

В схемах для трехобмоточных трансформаторов принято соединение ТТ дифференциальной защиты в треугольник на сторонах высшего и среднего напряжений и в звезду на стороне низшего напряжения. Схема применяется с тремя реле, что обеспечивает повышение чувствительности к замыканиям между двумя фазами на сторонах обмоток с соединением в звезду в режиме с отсутствием питания с этой стороны.

Схема с соединением ТТ на стороне НН в неполную звезду (ТТ устанавливаются в фазах А и С) не принята, так как обладает следующими недостатком. Как показал опыт эксплуатации и исследования такой схемы, в переходном режиме возможно неправильное срабатывание защиты вследствие протекания двухполярного тока небаланса, проходящего в реле фазы В и являющегося результатом суммирования токов небаланса фаз А и С.[53].

9.30. Какие защиты двухобмоточных трансформаторов ликвидируют двойное замыкание на землю на стороне 6-10 кВ?

В случае двойных замыканий на землю на стороне 6-10 кВ, когда одно из мест повреждения находится на выводах трансформатора со стороны НН (повреждена фаза, на которой нет ТТ), а второе – например, на линии 6-10 кВ, питающейся от данного трансформатора, дифференциальная защита не действует и повреждение будет ликвидироваться защитой линии (в ряде случаев с выдержкой времени, что можно считать допустимым). Если одно из мест повреждения находится в самом трансформаторе, то повреждение будет ликвидироваться газовой защитой, а в ряде случаев и дифференциальной (в зависимости от токораспределения для данного случая).[53].

9.31. Почему МТЗ двухобмоточного трансформатора на стороне ВН выполняется на двух реле тока ?

На двухобмоточных трансформаторах 220-110/6-10 кВ МТЗ установленная на стороне ВН, выполняется с двумя реле тока, присоединенными к ТТ, соединенным в треугольник (для трехобмоточного трансформатора с односторонним питанием устанавливаются три реле тока). Такое выполнение защиты предотвращает неселективное действие ее при замыканиях на землю в сети 110-220 кВ (в случае, когда нейтраль трансформатора заземлена). Однако при этом, по сравнению со случаем включения ТТ в звезду и выполнением защиты с тремя реле, имеет место снижение чувствительности на 15% при КЗ между фазами на стороне 6-10 кВ. Также может быть снижена чувствительность в два раза по сравнению со схемой тремя реле при замыкании между двумя фазами на стороне 110-220 кВ, но это, однако, допустимо вследствие того, что при этом токи КЗ обычно достаточно велики.[53].

9.32. Для чего выполняется самоудержание выходных реле защиты трансформатора ?

В качестве выходных промежуточных реле защиты трансформаторов используется реле типа РП-23 (РП-16). В схемах предусмотрено самоудерживание выходных промежуточных реле, необходимое для обеспечения надежного пуска УРОВ при возможных кратковременных замыканиях контактов газового реле. Автоматическое снятие самоудерживания осуществляется при отпуске дополнительно предусмотренного реле типа РП-252 (РП-18), которое осуществляет контроль наличия оперативного тока на защите трансформатора.[53].

10 ОБЩЕПОДСТАНЦИОННЫЕ ЗАЩИТЫ (ДЗШ, УРОВ, ПА, АЧР и др.)

10.1.ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА ШИН.

10.1.1. Для чего применяется защита шин ?

Для прекращения КЗ на шинах их РЗ должна действовать на отключение всех присоединений, питающих шины. В связи с этим специальные РЗ шин приобретают особую ответственность,

так как их неправильное действие приводит к отключению целой подстанции либо их секций. Поэтому принцип действия РЗ шин и их практическое выполнение должны отличаться повышенной надежностью, исключающей возможность их ложного срабатывания. В качестве быстродействующей и селективной РЗ шин получила распространение защита, основанная на дифференциальном принципе.[9].

10.1.2. Каков принцип построения схем ДЗШ ?

Поскольку защита должна реагировать на все виды междуфазных повреждений и КЗ на землю, токовые цепи ДЗШ всегда выполняются в трехфазном исполнении, а ТТ присоединений собираются по схеме полная звезда. ТТ устанавливаются таким образом, чтобы выключатели всех присоединений защищаемой СШ входили в зону действия ДЗШ.

При сквозном КЗ суммарный вторичный ток в дифференциальных цепях (избирателях), а также в общей дифференциальной (пусковой) будут определяться только небалансом за счет погрешности ТТ.

При КЗ на системе шин, ток в месте повреждения будет определяться суммой токов присоединений 1СШ(2СШ) и шиносоединительного выключателя. Соответствующие вторичные токи будут проходить через реле общей дифференциальной цепи (пусковой орган) и в дифференциальной цепи (избирателе) что обеспечит срабатывание ДЗШ и отключение присоединений 1(2) системы шин.

Поскольку избиратели обеспечивают несрабатывание защиты при внешних повреждениях и правильный выбор поврежденной СШ, можно было бы сделать вывод о допустимости исключения из схемы пусковых реле, включенных в общие дифференциальные цепи. Однако такой вывод справедлив только при жесткой фиксации присоединений по системам шин.[9].

10.1.2. Каковы основные оперативные требования к устройству ДЗШ ?

Нормально дифференциальная защита шин (ДЗШ) должна быть включена действием на отключение выключателей всех присоединений, по которым на шины может быть подано напряжение. С присоединений, постоянно работающих в тупиковом режиме (за исключением линий с двигательной нагрузкой), действие ДЗШ должно быть снято.

При наличии на линии, работающей в тупиковом режиме, большой двигательной нагрузке для уменьшения размеров повреждения, предотвращения блокировки АПВ шин и возможной излишней работы АЧР допускается отключать такие ЛЭП от ДЗШ.

На обходном выключателе нормально (при разобранной шинными разъединителями схеме) накладки в цепях отключения от ДЗШ должны быть выведены, а ТТ обходного выключателя должны быть исключены из схемы ДЗШ.

ДЗШ, выполненная по схеме с фиксацией присоединений, при нормальной первичной схеме коммутации распределительного устройства должна быть включена по схеме «с фиксацией».

На ряде ПС имеется ключ запрета АПВ всех присоединений одной из систем шир, используется для вывода АПВ на время производства переключений.

При длительном выводе ДЗШ в отдельных случаях требуется вводить ускорения резервных защит или делать временную защиту, пусть даже неселективную.

При кратковременном выводе допускается ничего не делать, но, при этом не следует производить никаких операций в зоне действия ДЗШ (прежде всего включение и воздушных выключателей, операции с разъединителями).[24].

10.1.3. Для чего в схеме ДЗШ применяется чувствительный орган (комплект) ?

Чувствительный комплект защиты служит для действия при опробовании поврежденной системы шин. При подаче от одного из присоединений напряжения на поврежденную СШ вручную или после действия АПВ ток КЗ будет значительно меньше, чем при повреждении, возникающем на шинах в полной схеме. Если чувствительность ДЗШ при этом оказывается недостаточной, предусматривается дополнительный чувствительный комплект, который вводится в работу временно при действии ДЗШ.

При неуспешном АПВ шин чувствительный орган запрещает АПВ других присоединений на время возврата схемы ДЗШ после первого срабатывания. Удерживает выходные промежуточные реле для предотвращения отказа пуска УРОВ.

Обобщая вышеуказанное, можно сказать, что чувствительный орган, имеющий ток срабатывания меньший, чем у пускового органа, выполняет следующие функции :

- «очувствляет» ДЗШ при опробовании шин включением выключателя вручную или в цикле АПВ;
- при неуспешном АПВ шин запрещает АПВ других присоединений на время возврата схемы ДЗШ после первого срабатывания;
- удерживает выходные промежуточные реле для предотвращения отказа пуска УРОВ.[24].

10.1.4.В каких случаях работает запрет АПВ присоединений после работы ДЗШ ?

В схеме ДЗШ предусмотрены специальные цепи запрета АПВ присоединений; благодаря этому осуществляется однократное автоматическое опробование поврежденной СШ. Запрет АПВ осуществляется в следующих случаях:

- если после срабатывания ДЗШ и возвращения выходного реле на шинах ПС остается напряжение, что происходит при отказе в отключении выключателя одного из присоединений;
- если при автоматической подаче напряжения на СШ действием устройства АПВ одного из присоединений подействует чувствительный комплект ДЗШ, что говорит о наличии устойчивого повреждения на шинах, после первого срабатывания;
- при срабатывании УРОВ присоединений через схему ДЗШ. Используется по решению службы РЗА. При отказе выключателя силовых трансформаторов – используется всегда.[9].

10.1.5.Каково время действия и чувствительность ДЗШ ?

Время действия ДЗШ примерно 0,1 сек без УРОВ и 0,8-0,9 сек с УРОВ. Чувствительность по току должна обеспечиваться при нормальных, ремонтных и аварийных режимах, а также чувствительна в режимах опробования поврежденной системы шин после ремонта или КЗ включением выключателя одного из присоединений. В таком режиме токи КЗ могут быть во много раз меньше, чем при повреждении в нормальном режиме. С учетом этого требования в схему защиты включаются специальные чувствительные органы. Схема ДЗШ в сочетании с АПВ линий должна обеспечивать однократное автоматическое опробование поврежденной системы шин.[24].

10.1.6.Какая величина тока небаланса допускается в токовых цепях ДЗШ и способы их снижения ?

Токи небаланса, измеряемые миллиамперметром в дифференциальных и нулевом проводах, должны быть близки к нулю и не превышать расчетных токов небаланса более чем 20-30%. Правильность сборки токовых цепей ДЗШ следует определять по минимальному значению тока небаланса в дифференциальных проводах при протекании по всем плечам защиты тока нагрузки (как правило. Не менее 10-20% значения номинального тока ТТ, используемых в защите) и увеличением небаланса при поочередном исключении вторичных токов, протекающих в плечах защиты. Допустимый ток небаланса определяется на основе опыта эксплуатации и обычно не более 30-50 мА.[17].

Для уменьшения небаланса нужно обеспечить условия, при которых все ТТ работают при внешних КЗ в ненасыщенной части характеристики. С этой целью необходимо:

- применять однотипные ТТ, у которых насыщение происходит при больших токах I_k ; наилучшими с этой точки зрения являются ТТ класса Р(Д), которые и рекомендуется применять для ДЗШ;
- уменьшать кратность тока I_k к номинальному току ТТ, увеличивая коэффициент трансформации;
- уменьшать нагрузку на ТТ, уменьшая сопротивление нагрузки и вторичный ток; первое достигается за счет увеличения сечения и сокращения длины соединительных проводов, а второе – применением одноамперных ТТ или вспомогательных трансформаторов, понижающих ток в соединительных проводах.[24].

10.1.7. Для чего объединяются токовые и оперативные цепи ДЗШ при нарушении «фиксации» ?

При внешних КЗ при переводе всех присоединений на другую СШ (нарушении фиксации) по присоединениям проходят токи такие же, как и при нормальной фиксации. Однако по реле-избирателям проходит суммарный ток повреждения от присоединений 1 и 2 СШ, что может привести к излишнему срабатыванию. Пусковое реле в таком режиме не срабатывает, что и обеспечивает правильное поведение ДЗШ при повреждении. В частичном переводе присоединений с одной СШ на другую и при включенном ШСВ возможны случаи отказа в срабатывании избирателей при повреждении на шинах .

Поэтому в целях повышения надежности ДЗШ при любом варианте нарушения фиксации контактами избирателей в схеме оперативных цепей шунтируются специальными рубильниками. Поскольку при внешних КЗ и нормальной фиксации присоединений токи по цепям избирателей не проходят (за исключением токов небаланса), нагрузка на ТТ будет определяться только сопротивлением кабеля от места установки ТТ до сборного набора зажимов. Однако при нарушенной фиксации токи проходят и по цепям избирательных органов, что приводит к увеличению нагрузки. Для устранения этого явления в ящике зажимов на ОРУ устанавливается испытательный блок нарушения фиксации.[24].

10.1.8. Как включается пусковой орган ДЗШ в токовые цепи и где устанавливается их заземление?

Пусковой орган включен на сумму токов всех присоединений обеих систем шин, кроме шиносоединительного выключателя. Т.к. по обоим обмоткам ТТ ШСВ во всех режимах, кроме повреждения ШСВ, проходят одинаковые токи.

При нормальной работе схемы все объединенные токовые цепи должны иметь только одну точку заземления установленную на панели ДЗШ. Наличие нескольких точек заземления может привести к отказу защиты шин ее ложному действию.[24].

10.1.9. Почему в токовых цепях ДЗШ применяются реле серии РНТ и токовые реле ?

Применение реле с быстронасыщающимися трансформаторами позволяет лучше отстраиваться от токов небаланса при переходных процессах в режимах внешних КЗ. Недостатком реле серии РНТ является их относительно большое время срабатывания из-за задержки в срабатывании реле при переходных процессах в режиме КЗ на шинах.

Для повышения чувствительности защиты в режимах опробования СШ после КЗ или ремонте, а также для обеспечения невозврата ДЗШ после КЗ с отказом одного из выключателей когда уровни токов повреждения могут резко уменьшиться, в схеме используются чувствительные органы и применяются реле серии РТ-40/Р-5 (РТ-40)[24].

Защита выполняется с помощью реле типа РНТ-565 – при одинаковых коэффициентах трансформации ТТ или типа РНТ-567 – в схемах с ТТ, имеющими разные коэффициенты трансформации[9].

10.1.10. Какие крышки испытательных блоков применяются в схемах ДЗШ ?

«Холостая» крышка испытательного блока — крышка без контактов в целях предотвращения загрязнения внутренних элементов блока.

«Контрольная» крышка – крышка у которой, закорачивающие пластины отделяются от рабочих пружин основания блока и раскорачивают цепь.[24].

10.1.11. В какой последовательности правильно выводится ДЗШ из работы ?

Ввод ДЗШ в работу производится в следующем порядке:

- получить разрешение на ввод в работу ДЗШ от диспетчера, в управлении которого находится данная система шин;
- по сигнальным лампам проверить правильность положения переключающих устройств для изменения фиксации присоединений;
- включить испытательные блоки в цепи переменного и постоянного тока в схеме ДЗШ;
- проверить отсутствие сигнала «Неисправность токовых цепей ДЗШ»;

- произвести замер токов небаланса в фазных и нулевых проводах избирательных и пусковых реле ДЗШ;
- при удовлетворительных результатах замеров токов небаланса включить накладку, через которую подается «плюс» или «минус» в схему ДЗШ;
- проверить отсутствие сработавших указательных реле;
- при отсутствии сработавших указательных реле (блинкеров) включить накладки в цепях отключения выключателей и запрет АПВ присоединений от ДЗШ.[24].

10.1.12. Как правильно вывести ДЗШ из работы ?

Для планового полного отключения ДЗШ необходимо:

- получить разрешение на отключение ДЗШ от диспетчера, в управлении которого находится система шин;
- отключить общую накладку ввода-вывода ДЗШ, через которую подается «плюс» (или «минус») постоянного тока в схему ДЗШ;
- отключить пуск УРОВ от выводимой из работы ДЗШ;
- отключить накладки в цепях отключения и запрета АПВ всех присоединений от ДЗШ;
- снять постоянный оперативный ток с панели ДЗШ (отключением автомата или снятием предохранителей).

При выводе из работы ДЗШ на узловых подстанциях следует соблюдать требования «ПТЭ» п.5.9.6.

При работе в цепях ДЗШ узловых ПС напряжением 110 кВ и выше, если при этом требуется кратковременное выведение защиты из действия на период до ее обратного ввода допускается не вводить ускорения резервных защит. Однако в этом случае, как правило, не следует производить в зоне действия этой защиты никаких операций по включению и отключению воздушных выключателей под напряжением.[24].

10.1.13. Каковы особенности операций в цепях ДЗШ при различных переключениях в первичной схеме подстанций ?

На время замеров токов небаланса с подключением в токовые цепи дополнительных измерительных приборов ДЗШ следует выводить из работы только общей накладкой.

Включение и отключение шинных разъединителей, выключателей, находящихся под напряжением, испытания штангой подвесной и опорной изоляции ОРУ производится только при включенной ДЗШ.

При опробовании СШ, находящейся в резерве или ремонте, ДЗШ должна быть в работе, а включение выключателя, которым производится опробование, должно производиться дистанционно со щита управления.

Если СШ ставится под напряжение обходным, шиносоединительным или межсекционным выключателем, на нем должно быть подключена защита с уставками опробования. При этом ТТ в схеме ДЗШ на обходном выключателе должны быть исключены, на междушинном выключателе из схемы ДЗШ должны быть исключены ТТ обеих СШ, на межсекционном выключателе ТТ обеих секций шин должны быть введены в схему ДЗШ, должна быть введена блокировка действия ДЗШ на отключение системы (секции) шин при включении обходного (междушинного, межсекционного) выключателя.

В случае повреждения на опробуемой СШ выключатель, которым подавалось напряжение, отключится от собственных защит или от ДЗШ. При этом действие ДЗШ на остальные выключатели блокируется.

При постановке СШ под напряжение через выключатель присоединения (для схем 4/3, 3/2 и по два выключателя на присоединение) ДЗШ опробуемой СШ должна быть в работе, никаких дополнительных защит вводить не требуется. Постановку СШ под напряжение производить через выключатель у которого не производились работы в токовых цепях ДЗШ.

В случае повреждения на опробуемой СШ выключатель, которым подавалось напряжение, отключится от действия чувствительного комплекта ДЗШ опробуемой СШ. При этом цепи контроля напряжения на опробуемой СШ в схеме должны быть подключены на «свой» ТН.

При необходимости нарушения фиксации подключения присоединений за системами шин или необходимости перевода всех присоединений на питание от одной СШ, ДЗШ должна переводиться в режим работы «без фиксации», для чего устанавливаются в соответствующее

положение переключающие устройства в цепях постоянного оперативного тока и в токовых цепях ДЗШ.

Перевод ДЗШ в режим работы «без фиксации» производится непосредственно перед началом операций по переводу присоединений с одной СШ на другую. Обратный перевод ДЗШ в режим работы «с фиксацией» по цепям постоянного оперативного тока может быть выполнен только после того, как в распределительном устройстве будет восстановлена нормальная схема подключения присоединений, цепи переменного тока включены по схеме «с фиксацией» замерены токи небаланса в пусковых и избирательных реле ДЗШ.

В распределительных устройствах где СШ замыкаются через междушинный выключатель, на время операций с разъединителями при переводе присоединений с одной СШ на другую с междушинного выключателя снимается оперативный ток.[24].

10.1.14. Указать особенности обслуживания ДЗШ при производстве работ на выключателе .

При производстве работ на выключателе, требующих установки заземляющих закороток с обеих сторон выключателя, работ по проверке ТТ, прогрузке первичным током от постороннего источника или генератора, работающего на закоротку, необходимо после отключения выключателя присоединения отключить ДЗШ, исключить ТТ выведенного в ремонт выключателя присоединения из схемы ДЗШ, замерить ток небаланса в дифреле ДЗШ, при удовлетворительных результатах замеров включить ДЗШ в работу.

После окончания работ и сборки схем присоединения непосредственно перед включением его под нагрузку необходимо ввести ТТ выключателя в схему ДЗШ, включить выключатель под нагрузку. Отключить ДЗШ, замерить токи небаланса в дифреле ДЗШ и при удовлетворительных результатах замеров включить ДЗШ в работу. Если при отключении выключателя присоединения вышеуказанные работы на нем не будут производиться, то никаких операций с ДЗШ выполнять не требуется.[24].

10.1.15. В какой последовательности производится ввод и вывод линейного выключателя с заменой на обходной ?

При выводе в ремонт выключателя линии с заменой его обходным выключателем необходимо:

- собрать схему обходного выключателя на СШ, куда включен выключатель, выводимый в ремонт, и на обходную СШ;
- включить накладку в цепи отключения обходного выключателя от выходных реле ДЗШ той СШ, на которую включен шинный разъединитель обходного выключателя;
- ввести защиту на обходном выключателе с уставками для переводимого на него присоединения или с уставками опробования;
- ввести накладки в цепях УРОВ от защит обходного выключателя;
- ввести блокировку ДЗШ при включении обходного выключателя;
- вывести АПВ на обходном выключателе;
- опробовать напряжение обходной системы шин кратковременным включением обходного выключателя;
- после отключения обходного выключателя вывести защиты опробования, включить разъединитель присоединения, выключатель которого заменяется обходным, на обходную систему шин;
- ввести трансформаторы тока обходного выключателя в схему ДЗШ той СШ, на которую включен шинный разъединитель обходного выключателя;
- отключить накладку в цепи блокировки ДЗШ при включении обходного выключателя;
- включить обходной выключатель, проверить наличие перетока через него;
- отключить выводимый в ремонт выключатель;
- отключить ДЗШ накладкой, вывести ТТ выводимого в ремонт выключателя из схемы ДЗШ;
- замерить токи небаланса в дифреле ДЗШ и при удовлетворительных результатах замеров включить ДЗШ в работу накладкой;
- ввести АПВ на обходном выключателе (при необходимости);
- вывести в ремонт выключатель присоединения.

При обратном включении после ремонта выключателя присоединения, замененного обходным выключателем, необходимо:

- собрать схему выключателя присоединения вышедшего из ремонта;
- ввести ТТ вышедшего из ремонта выключателя в схему ДЗШ;
- включить накладку (если требуется) в цепи отключения от ДЗШ выключателя, вышедшего из ремонта;
- включить вышедший из ремонта выключатель, проверить наличие перетока через него;
- отключить обходной выключатель;
- отключить ДЗШ общей накладкой, вывести ТТ обходного выключателя из схемы ДЗШ;
- замерить токи небаланса в дифреле ДЗШ и при положительных результатах замеров ввести ДЗШ в работу общей накладкой;
- ввести АПВ на выключателе присоединения (если это задано по режиму работы);
- отключить накладку в цепи отключения обходного выключателя от ДЗШ;
- вывести в резерв обходной выключатель.

10.1.16. В какой последовательности производится вывод и ввод выключателя трансформатора, автотрансформатора с заменой его обходным выключателем ?

При выводе в ремонт выключателя трансформатора, автотрансформатора (АТ) с заменой его обходным выключателем (ОВ) необходимо:

- собрать схему ОВ на СШ, на которую включен выводимый в ремонт выключатель трансформатора (АТ), и на обходную СШ;
- включить накладку в цепи отключения ОВ от ДЗШ, от выходных реле той СШ, на которую зафиксирован шинный разъединитель ОВ;
- ввести защиты ОВ с уставками для замены одной из ВЛ или с уставками опробования;
- ввести пуск УРОВ от защит ОВ;
- ввести блокировку ДЗШ при включении ОВ;
- вывести АПВ ОВ;
- опробовать напряжением обходную СШ кратковременным включением ОВ;
- отключить ОВ;
- вывести пуск УРОВ от защит ОВ;
- вывести защиты ОВ;
- вывести блокировку ДЗШ при включении ОВ;
- включить разъединитель выводимого в ремонт выключателя трансформатора (АТ) на обходную СШ;
- ввести ТТ обходного выключателя в схему ДЗШ той СШ, на которую включен шинный разъединитель ОВ;
- ввести оперативные цепи ОВ в схему ДЗШ;

При переводе токовых цепей дифференциальной защиты трансформатора (АТ) с ТТ выводимого в ремонт выключателя на ТТ встроенные в трансформатор (АТ) необходимо:

- ввести защиты с специальными уставками, заданными СРЗА, на ОВ;
- вывести дифзащиту трансформатора (АТ) из работы накладкой;
- ввести встроенные в трансформатор (АТ) ТТ в схему дифзащиты трансформатора (АТ);
- вывести ТТ выводимого в ремонт выключателя из схемы дифзащиты трансформатора (АТ);
- замерить ток небаланса в дифреле дифзащиты трансформатора (АТ), при положительных результатах замеров ввести дифзащиту трансформатора (АТ) в работу накладкой;
- ввести оперативные цепи ОВ в схему защиты трансформатора (АТ) (цепи отключения ОВ, цепи пуска УРОВ, запрета АПВ от защит трансформатора (АТ));
- включить ОВ, проверить наличие тока через него;
- отключить выключатель трансформатора (АТ);
- вывести ДЗШ общей накладкой;
- вывести ТТ выводимого в ремонт выключателя из схемы ДЗШ;
- замерить ток небаланса во всех дифреле ДЗШ, при положительных результатах замеров ввести ДЗШ в работу общей накладкой;
- ввести АПВ на ОВ (при необходимости);
- вывести в ремонт выключатель трансформатора (АТ).

Примечание: При переводе токовых цепей дифзащиты АТ с ТТ выводимого в ремонт выключателя 110 (220) кВ на ТТ, встроенные в АТ со стороны 110(220) кВ. **запрещается** вывод из работы резервных защит АТ на все время работы его через ОВ.

При переводе токовых цепей дифзащиты трансформатора (АТ) с ТТ выводимого в ремонт выключателя на ТТ ОВ необходимо:

- вывести дифзащиту трансформатора (АТ) из работы;
- ввести ТТ ОВ в схему дифзащиты трансформатора (АТ);
- ввести оперативные цепи ОВ в схему защиты трансформатора (АТ); цепи отключения ОВ, цепи пуска УРОВ, запрета АПВ от защит трансформатора (АТ);
- ввести дифзащиту трансформатора (АТ) в работу; включить ОВ, проверить наличие тока нагрузки через него;
- отключить выключатель трансформатора (АТ);
- вывести дифзащиту трансформатора (АТ) из работы;
- вывести ТТ выводимого в ремонт выключателя из схемы дифзащиты трансформатора (АТ);
- замерить ток небаланса в дифреле дифзащиты трансформатора (АТ), при положительных результатах замеров ввести дифзащиту трансформатора (АТ) в работу;
- вывести ДЗШ общей накладкой;
- вывести ТТ выводимого в ремонт выключателя из схемы ДЗШ;
- замерить ток небаланса во всех дифреле ДЗШ, при положительных результатах замеров ввести ДЗШ в работу;
- ввести АПВ на ОВ (при необходимости);
- вывести в ремонт выключатель трансформатора (АТ).

При обратном включении после ремонта выключателя трансформатора (АТ), замененного ОВ, если токовые цепи дифзащиты трансформатора (АТ) переводились на встроенные в трансформатор (АТ) ТТ, необходимо:

- собрать схему выключателя трансформатора (АТ) вышедшего из ремонта;
- ввести ТТ выключателя трансформатора (АТ) в схему ДЗШ;
- включить накладку в цепи отключения выключателя трансформатора (АТ) при работе ДЗШ;
- включить вышедший из ремонта выключатель трансформатора (АТ) проверить наличие перетока через него;
- отключить ОВ;
- отключить ДЗШ общей накладкой;
- вывести ТТ ОВ из схемы ДЗШ;
- замерить ток небаланса во всех дифреле ДЗШ, при положительных результатах замеров ввести ДЗШ в работу общей накладкой;
- отключить оперативные цепи ОВ от защит трансформатора (АТ);
- отключить накладку в цепи отключения ОВ при работе ДЗШ;
- вывести дифзащиту трансформатора (АТ) накладкой;
- ввести ТТ выключателя трансформатора (АТ) в схему дифзащиты трансформатора (АТ);
- вывести встроенные в трансформатор (АТ) ТТ из схемы дифзащиты трансформатора (АТ);
- замерить ток небаланса в дифреле дифзащиты трансформатора (АТ), при положительных результатах замеров ввести дифзащиту в работу накладкой;
- вывести в резерв ОВ.

При обратном включении после ремонта выключателя трансформатора (АТ), замененного обходным выключателем, если токовые цепи дифзащиты трансформатора (АТ) переводились на ТТ ОВ, необходимо:

- собрать схему выключателя трансформатора (АТ) вышедшего из ремонта;
- ввести ТТ выключателя трансформатора (АТ) в схему ДЗШ;
- ввести цепи отключения выключателя трансформатора (АТ) при работе ДЗШ;
- вывести дифзащиту трансформатора (АТ) из работы;
- ввести ТТ выключателя трансформатора (АТ) в схему дифзащиты трансформатора (АТ);
- замерить ток небаланса в дифреле трансформатора (АТ), при положительных результатах замеров ввести дифзащиту трансформатора (АТ) в работу;
- включить вышедший из ремонта выключатель трансформатора (АТ), проверить наличие перетока через него;
- отключить ОВ;
- вывести дифзащиту трансформатора (АТ) из работы;
- вывести ТТ ОВ из схемы дифзащиты трансформатора (АТ);

- измерить ток небаланса в дифреле дифзащиты трансформатора (АТ), при положительных результатах замеров ввести дифзащиту трансформатора (АТ) в работу;
- вывести ДЗШ из работы общей накладкой;
- вывести цепи отключения ОВ при работе ДЗШ;
- вывести ТТ ОВ из схемы ДЗШ;
- измерить ток небаланса во всех дифреле ДЗШ, при положительных результатах замеров ввести ДЗШ в работу общей накладкой;
- ввести АПВ на выключателе трансформатора (АТ) (при необходимости);
- вывести в резерв ОВ.

10.1.17. В какой последовательности производится вывод и ввод линейного выключателя с заменой его на совмещенный междушинный обходной выключатель ?

При выводе в ремонт выключателя с заменой его на совмещенным междушинным обходным выключателем (СОВ) необходимо:

- отключить ДЗШ общей накладкой;
- исключить из схемы ДЗШ оба комплекта ТТ СОВ;
- произвести замер токов небаланса и при удовлетворительных результатах замера ДЗШ включить по схеме без фиксации;
- снять оперативный ток с СОВ;
- объединить СШ развилкой шинных разъединителей какого нибудь присоединения, либо все присоединения перевести на одну СШ;
- разобрать схему СОВ как междушинного и собрать как обходного на обходную СШ;
- включить накладку в цепи отключения СОВ от ДЗШ;
- подключить защиту на СОВ с уставками для переводимого присоединения. Ввести блокировку ДЗШ при включении СОВ;
- опробовать напряжением обходную СШ кратковременным включением СОВ;
- после отключения СОВ включить разъединитель присоединения, выключатель которого выводится в ремонт, на обходную СШ;
- ввести ТТ СОВ в схему ДЗШ как ОВ;
- при включении через СОВ выключатель трансформатора в тех случаях. Когда защиты СОВ не требуются, они отключаются;
- снять накладку блокировки выходных реле дифзащиты 1 и 2 СШ при включении СОВ;
- включить СОВ и отключить выключатель, выводимый в ремонт;
- отключить ДЗШ общей накладкой, вывести ТТ выводимого в ремонт выключателя из схемы ДЗШ;
- произвести замер токов небаланса и при удовлетворительных результатах замера ДЗШ включить в работу по схеме без фиксации.

При обратном включении выключателя присоединения. Замененного СОВ, в работу по нормальной схеме необходимо:

- после сборки схемы присоединения ввести в схему ДЗШ ТТ выключателя . вышедшего из ремонта;
- включить накладку (если требуется) в цепи отключения от ДЗШ выключателя, вышедшего из ремонта;
- включить вышедший из ремонта выключатель и отключить СОВ;
- отключить ДЗШ общей накладкой, вывести ТТ СОВ из схемы ДЗШ;
- произвести замер токов небаланса и при удовлетворительных результатах замеров включить ДЗШ в работу общей накладкой;
- разобрать схему СОВ как обходного и собрать как междушинного;
- если одна из СШ была отключена, то на СОВ необходимо подключить защиты опробования;
- включить СОВ, тем самым поставить свободную СШ по напряжению;
- снять оперативный ток с СОВ;
- собрать схему распределительного устройства в соответствие с принятой фиксацией;
- подать оперативный ток на СОВ;
- отключить ДЗШ общей накладкой;
- ввести ТТ СОВ в схему ДЗШ 1 и 2 СШ;

- произвести замер токов небаланса в избирательных и пусковых реле, при удовлетворительных результатах замера ДЗШ включить в работу общей накладкой по схеме с фиксацией.

10.1.18. Какие меры предосторожности предусматриваются при работе в токовых цепях ДЗШ ?

Если при отключении выключателя присоединения производились работы в токовых цепях ДЗШ на данном выключателе с разборкой цепей, то необходимо производить прогрузку ТТ и токовых цепей выключателя до испытательного блока от сфазированного источника постороннего тока, со снятием векторных диаграмм и проверкой правильности фазировки токовых цепей ДЗШ данного выключателя, и включение его в работу производить, как указано ранее.

При отсутствии возможности выполнить прогрузку ТТ и токовых цепей выключателя до испытательных блоков и проверки правильности их фазировки включение выключателя в работу производить при введенной в работу ДЗШ с последующим замером токов небаланса в ДЗШ после появления нагрузки.

Для предотвращения ложного срабатывания ДЗШ при электросварочных работах на подстанциях предлагается:

- при выводе в ремонт выключателей всех напряжений отключать вторичные цепи ТТ от остающихся в работе защит. Отключение производить с помощью испытательных блоков или на специальных токовых зажимах;
- в случаях, когда отсоединение этих цепей не может быть выполнено по определенным причинам, выключатель, выведенный из схемы, должен находиться в отключенном положении или должны приниматься другие меры, предотвращающие возможность протекания тока по силовой цепи выключателя.

10.1.19. Как улучшить схему контроля токовых цепей ДЗШ ?

При замере тока небаланса по типовым схемам ДЗШ, установленный прибор не контролирует состояние испытательных блоков во вторичных цепях ТТ присоединений, кроме того, этот прибор имеет низкую чувствительность, особенно при вторичном токе ТТ 1 А.

В Свердловской энергосистеме контроль исправности токовых цепей производится путем периодического замера тока небаланса стационарным специально изготовленным микроамперметром, который на момент замера подключается через замыкающие контакты кнопки во вторичной обмотке трансформатора реле РТ-40/Р (см. рис. 10.1)

Предлагаемая схема замера тока небаланса в токовых цепях ДЗШ и ДЗО позволяет контролировать состояние испытательных блоков во вторичных цепях ТТ присоединений и обладает высокой чувствительностью. ИП – измерительный прибор – микроамперметр. Тип прибора зависит от величины тока небаланса (М24, М367, М1619 и др.)

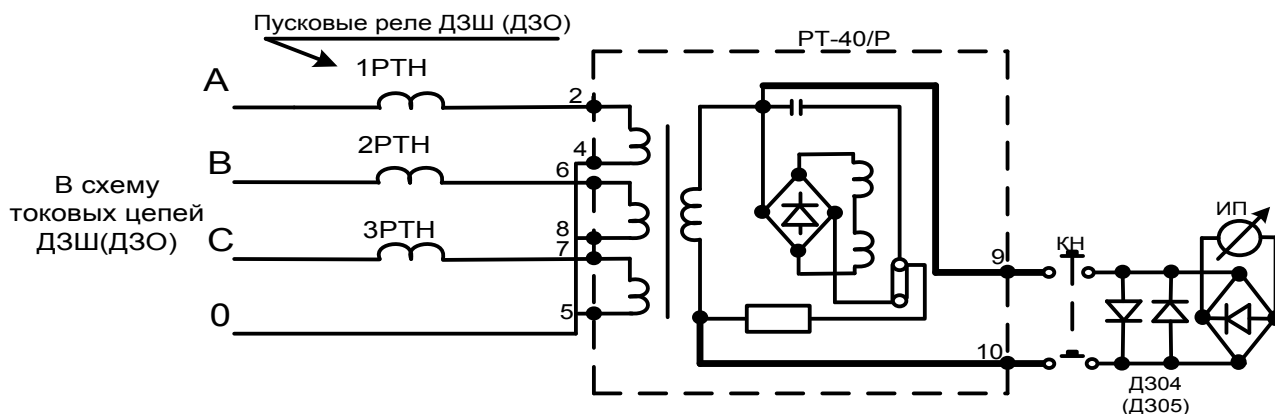


Рис.10.1. Принципиальная схема замера небаланса в токовых цепях ДЗШ и ДЗО.

10.1.20. Как производится опробование систем шин?

В некоторых энергосистемах не принято опробовать шины от автотрансформаторов, опасаясь их повреждения. При опробовании с помощью обходного выключателя (ОВ) или секционного (СВ) ДЗШ на время выводится с помощью повторителя ключа управления. Чувствительный орган действует только на отключение ОВ или СВ. Действие ДЗШ на другие присоединения вводится примерно через 0,3 с.

При КЗ на шинах должно обеспечиваться однократное опробование шин по цепям АПВ. Предусматривается автоматическая сборка первичной схемы после успешного АПВ одного из присоединений. После срабатывания ДЗШ запускается специальное реле времени, которое при повторном срабатывании ДЗШ, в случае устойчивого КЗ, в течение короткого промежутка времени (около 10 с), запрещает АПВ всех при соединений.

На многих ПС автоматическая сборка и однократность опробования шин осуществляется в схемах АПВ, используются цепи пуска АПВ присоединения. На одном из присоединений, предварительно выбранном, АПВ разрешается по факту отсутствия напряжения на шинах, на всех остальных данная цепь выведена. При успешном АПВ шин от данного присоединения, все другие включаются по цепи контроля синхронизма. Недостаток указанного способа – необходимость оперировать накладками, например, при выводе выбранного для опробования присоединения в ремонт.

10.1.21. Как ликвидируется КЗ между СВ и выносными ТТ ?

Особую опасность представляет КЗ между выносными ТТ и СВ. (см рис 10.2.) Поскольку, КЗ находится в зоне действия ДЗШ -2СШ, то произойдет отключение 2СШ, но КЗ не ликвидируется и по цепям УРОВ произойдет отключение 1СШ. В рассматриваемом случае должны выпасть блинкера ДЗШ 2СШ и УРОВ.

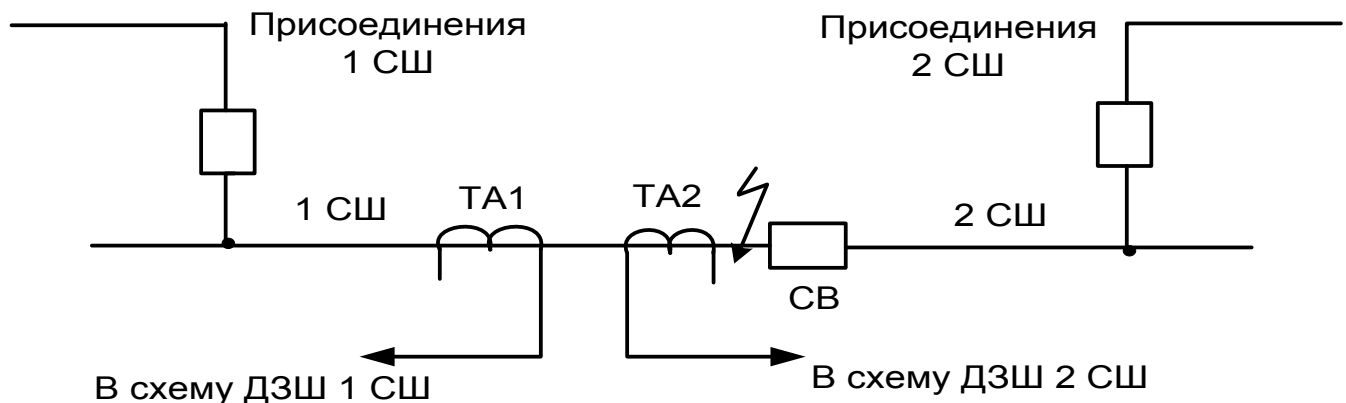


Рис. 10.2. Схема КЗ в цепи выносного ТТ.

10.2. РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.

10.2.1. Какие существуют способы резервирования отключения КЗ ?

Резервирование – одно из средств обеспечения эффективности функционирования релейной защиты.

Под ближним резервированием защит понимается такой способ резервирования, при котором в случае отказа срабатывания или неработоспособности защиты поврежденного элемента КЗ ликвидируется действием другой защиты этого элемента на отключение его выключателей, которые как правило, выполнены на разных принципах. Так, высокочастотная защита ДФЗ-201, ПДЕ-2802 и резервные защиты линии панели ЭПЗ-1636 – это разнотипные защиты, взаимно резервирующие друг друга при КЗ на линии. А вот две защиты ДФЗ-201, ПДЕ-2802, установленные на одной линии, нельзя считать полноценно резервирующими друг друга,

поскольку они могут быть одновременно выведенными, например, при сильном гололеде.

Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ), которое запускается РЗ отказавшего выключателя и действует на отключение всех выключателей данной подстанции, через которые ток КЗ подходит к месту повреждения – элементу с отказавшим выключателем. Ближнее резервирования защит и УРОВ образуют систему ближнего резервирования.

Под дальним резервированием (дальним резервным действием защит) понимается такой способ резервирования, при котором в случае отказа срабатывания (или неработоспособности защиты) или отказа в отключении выключателя поврежденного элемента КЗ ликвидируется действием защит элементов, смежных с поврежденным, на отключение выключателей этих элементов. Дальнее резервирование в свою очередь можно подразделить на два вида:

- «местное» - случаи, когда КЗ ликвидируется действием защит и выключателей, установленных на той же подстанции, на которой произошел отказ срабатывания защиты или отказ выключателя;
- «удаленное» - случаи, когда КЗ ликвидируется действием защит и выключателей, находящихся на противоположной подстанции по отношению к той, на которой произошел отказ.[50].

10.2.2. Какие функции УРОВ выполняет на ПС с одиночной и двойной системами шин с фиксированным присоединением элементов УРОВ?

Для ПС с одиночной и двойной системами шин с фиксированным присоединением элементов УРОВ может выполнять следующие функции:

- при КЗ на линии или в трансформаторе (автотрансформаторе) и отказе в отключении выключателя 110 (220) кВ УРОВ действует на выходные реле ДЗШ с отключением соответствующей системы шин;
- при КЗ на шинах 110 (220) кВ, работе защиты шин и отказе выключателя линии УРОВ действует на останов ВЧ аппарата защиты ДФЗ, ПДЭ (при их наличии на данной линии), что приводит к отключению от ДФЗ, ПДЭ выключателя ВЛ с противоположной стороны. При наличии на линии устройства передачи отключающего импульса УРОВ через это устройство действует на отключение выключателя противоположной стороны;
- при повреждении на шинах, работе защиты шин и отказе выключателя 110 (220) кВ трансформатора или автотрансформатора с двух- или трехсторонним питанием УРОВ действует на отключение трансформатора (автотрансформатора) со всех сторон;
- при КЗ на системе шин 110 (220) кВ, работе защиты шин и отказе шиносоединительного или секционного выключателя УРОВ действует на выходные реле ДЗШ другой системы шин с последующим ее отключением;
- при действии УРОВ происходит запрет АПВ выключателей той системы шин, на которую включено присоединение с отказавшим выключателем.[50].

10.2.3. Какие функции УРОВ выполняет на ПС со схемой «мостика» с тремя выключателями ?

Для схемы мостика с тремя выключателями (выключателями в сторону линии) УРОВ выполняет следующие функции:

- при повреждении на линии и отказе линейного выключателя УРОВ действует на выходные реле защит трансформатора (автотрансформатора) с отключением выключателя 110 (220) кВ в перемычке и с отключением выключателей в цепи трансформатора. В некоторых случаях УРОВ действует непосредственно на отключение выключателей без воздействия на выходные реле защит трансформаторов;
- при повреждении трансформатора (автотрансформатора) и отказе линейного выключателя УРОВ действует на останов ВЧ передатчика ДФЗ, ПДЭ, с последующим отключением от ДФЗ, ПДЭ линии с противоположной стороны;
- при повреждении трансформатора (автотрансформатора) и отказе выключателя 110 (220) кВ в перемычке УРОВ действует на отключение второго трансформатора (автотрансформатора) с полным отключением ПС;
- при действии УРОВ производится запрет АПВ отключившихся от УРОВ на данной ПС выключателей.[68].

10.2.4. На каком принципе выполняются схемы УРОВ ?

Схема устройства резервирования отказа выключателей (УРОВ) выполнена на принципе дублированного пуска от защит с использованием реле положения «Включено» (КQC) выключателей, т.е. для исключения ложной работы схемы УРОВ выполняются с двумя независимыми друг от друга пусковыми органами. Одним является РЗ присоединения, а вторым – дополнительное пусковое устройство контролирующее наличие КЗ в зоне действия УРОВ. Второй пусковой орган не позволяет работать УРОВ при отсутствии КЗ и предупреждает таким образом его ложную работу из-за неисправности РЗ присоединения или ошибочных действий персонала. Схема с использованием реле КQC обладает тем достоинством, что пуск УРОВ производится только при действии защит на отключение выключателя. При подаче от защит импульса на отключение обмотка реле КQC шунтируется и реле возвращается в исходное состояние независимо от того, отключился выключатель или нет.

Для действия УРОВ схемой предусмотрены три реле времени:

КТ1 – при пуске от защит шин при КЗ на 1 СШ;

КТ2 – при пуске от защит шин при КЗ на 2 СШ;

КТ3 – при пуске от защит элементов, присоединенных к шинам.

Для определения отказавшего выключателя, пуска реле времени КТ3 и выбора адреса действия УРОВ предусмотрены промежуточные реле KL1 – KL9. Эти реле управляются цепями, в которых замыкающие контакты реле тока в цепи каждого выключателя последовательно соединены с размыкающими контактами реле положения «Включено» (КQC) соответствующих выключателей. С помощью реле KL1, KL2 определяется отказ выключателей автотрансформаторов, KL5 – обходного выключателя, KL6 – отказ шиносоединительного выключателя, KL9 – фиксирует отказ выключателя любой из линий 1СШ и 2СШ. Схема УРОВ запускается при любом срабатывании защит линии с действием на отключение выключателя. Несрабатывание его выходных органов определяется наличием выдержки времени, отстроенной от времени нормального отключения выключателя, и возвратом его защит.

УРОВ ни при каких обстоятельствах не резервирует отказ защит присоединения, а только отказ выключателя в отключении при действии на него защит.

Если обобщить выше указанное, то можно сказать, что на предприятиях используются три варианта исполнения УРОВ:

- УРОВ срабатывает, если сработало выходное реле защиты присоединения и протекает ток по выключателю, т.е. оба фактора существуют одновременно и больше, чем время срабатывания УРОВ;
- УРОВ срабатывает, если выходные реле защиты сработало кратковременно (факт срабатывания выходного реле защиты запоминается схемой УРОВ на время около 1 с независимо от того, вернулась ли защита в исходное состояние или нет) и при этом ток по выключателю протекает более времени срабатывания УРОВ. В схемах по новым указанным вариантам, в целях предотвращения ложной работы УРОВ используется одна из двух дополнительных блокировок:
 - а)** при срабатывании пусковых реле схемы УРОВ подается команда на отключение выключателя, от защит которого пустился УРОВ (в этих цепях иногда устанавливается указательное реле). При КЗ указанная команда дублирует команду выходного реле защиты присоединения; при этом срабатывание отмеченного выше указательного реле при отключении выключателя от защит является нормальным явлением;
 - б)** схема УРОВ блокируется размыкающим контактом реле положения «Включено», пуск схемы УРОВ в этом случае осуществляется после отпадания якоря реле положения «Включено», т.е. при наличии команды от защит на отключение выключателя.
- УРОВ срабатывает, если сработали выходные реле защиты присоединения и одновременно появилась несимметрия (или снижение) напряжения на шинах 110 (220) кВ, причем длительность одновременного существования обоих факторов больше времени срабатывания УРОВ.[68]

10.2.5. Почему в схеме УРОВ применяются два реле контроля наличия тока ?

При применении электромеханических реле (РТ-40/Р5) для повышения надежности возврата схемы при отсутствии отказа выключателя и выбора адреса действия УРОВ считается обязательным предусматривать по два реле тока в цепи каждого выключателя с последовательным соединением их контактов с целью резервирования указанных функций

этих реле при наличии защит, которые могут не возвращаться в исходное положение после отключения повреждения (например, газовой защиты трансформатора и др.), или защит, которые имеют удержание выходного сигнала на заданное время (например, защита трансформатора). Установка двух реле тока в цепях УРОВ обязательна при существенно большом времени возврата защиты (например, при использовании выходного промежуточного реле типа РП-251), как обеспечивающая снижение времени срабатывания УРОВ. На линиях, оснащенных защитами типа ЭПЗ-1636, реле РТ-40/Р включается в токовые цепи этой же защиты и расположены на этой же панели. У трансформаторов токовые реле включаются в токовые цепи дифференциальной защиты со стороны соответствующего выключателя, причем ТТ в этом случае собраны в треугольник.

Для повышения надежной работы контактов токовых реле оперативные цепи УРОВ построены таким образом, чтобы замыкание и размыкание контактов при изменении нагрузки по присоединению в нормальном режиме работы происходило без коммутации тока.[50,68].

10.2.6. Как выбирается выдержка времени действия УРОВ ?

Для предупреждения действия УРОВ при нормальном отключении выключателя необходимо выбрать время действия равное:

$$T_{уров} = T_{откл.в.} + T_{воз.рз.} + T_{ош.рв.} + T_{зап.}$$

где: $T_{откл.в.}$ – время отключения выключателя;

$T_{воз.рв.}$ – время, необходимое для возврата РЗ пускающей УРОВ;

$T_{ош.рв.}$ – время ошибки реле времени УРОВ в сторону ускорения действия;

$T_{зап.}$ – запас по времени.

Применяются выдержки времени 0,3 – 0,5 с. Чтобы предупредить действие РЗ на смежных подстанциях при действии УРОВ, необходимо выбирать выдержки времени на резервных ступенях РЗ этих ПС с учетом времени действия УРОВ. Поскольку в схемах УРОВ используются реле типа РП-23 с временем срабатывания 30-60 мс, то с учетом времени УРОВ в полной схеме 0,4 с время действия трех промежуточных реле составляет 20-45% этого значения.[9,68].

10.2.7.Какова величина тока уставки токовых реле УРОВ ?

Уставки на реле тока УРОВ, контролирующих наличие тока КЗ, выбираются с учетом надежного действия этих реле при КЗ в конце резервируемого присоединения и из условия возврата при токе нагрузки после отключения КЗ. Они обычно принимаются равными 1 А при токе в обмотке с малым числом витков. или 0,5 А при токе в обмотке с большим числом витков (реле РТ-40/Р5).

Необходимо учитывать, что надежность возврата токовых реле после отключения выключателя является во многих случаях единственным условием несрабатывания УРОВ. С целью повышения надежности УРОВ уставку на реле желательно принимать во второй части шкалы при затяжке пружины, близкой к максимальной. [9,68].

10.2.8. В чем заключаются особенности при обслуживании УРОВ ?

При приемке смены дежурный персонал должен проверить положение накладок (ключей) УРОВ на панелях УРОВ, ДЗШ и защит всех присоединений.

Нормально накладки (ключи) в цепи пуска УРОВ от защиты отдельных присоединений и ДЗШ, а также в цепях отключения от схемы УРОВ должны быть включены. Переключающие накладки (ключи, испытательные блоки) в цепи пуска УРОВ от защит обходного выключателя. Когда он находится в резерве, должны быть отключены. При включении какого-либо присоединения через обходной выключатель переключающие накладки должны быть включены соответственно в положение от 1 или 2 системы шин, в зависимости от того, на какую систему шин включено присоединение, переводимое через обходной выключатель.

Включение накладок необходимо производить после сборки схемы шинными разъединителями обходного выключателя перед опробованием напряжения обходной системы шин.

Перед отключением какой-либо защиты, независимо от того, включен или отключен выключатель присоединения, предварительно должен быть снят пуск УРОВ только от этой

защиты индивидуальной накладкой или, если нет индивидуальной накладки, то должен быть снят пуск УРОВ от всех защит данного присоединения.

В соответствии с местными инструкциями по эксплуатации УРОВ при отключении некоторых защит трансформаторов и линий пуск УРОВ от остальных защит может быть сохранен.

Обратное включение накладок необходимо произвести после окончания работ по проверке или опробованию защит и сборки схем присоединения разъединителями, перед включением выключателями присоединения.

При отключении ДЗШ из-за неисправности или по режиму для переключений в ее токовых цепях (когда в ДЗШ отключается только накладка в цепи плюса оперативного тока) никаких операций с УРОВ производить не требуется.

Перед выводом из ремонта ДЗШ для проверки необходимо отключить цепи пуска УРОВ от ДЗШ,

В схемах УРОВ с пуском по напряжению при выводе из работы трансформатора напряжения или системы шин переключатель реле пуска по напряжению на оставшихся в работе ТН, а при невозможности – отключить накладку в цепи пуска УРОВ от комплекта реле выведенного ТН.

При появлении сигнала «Неисправность УРОВ» необходимо проверить исправность предохранителей или автоматических выключателей оперативного тока и автоматических выключателей трансформатора напряжения. Если неисправность устранить не удастся, то необходимо отключить все накладки в выходных цепях УРОВ и сообщить об этом диспетчеру и персоналу СРЗА.

Перед допуском персонала для работ на панели УРОВ необходимо отключить все накладки в цепях пуска и выходных цепях УРОВ.

Необходимо не допускать наложения вывода в ремонт УРОВ подстанции и резервных защит с противоположных сторон линий.[68]

10.2.9. Для чего производится останов ВЧ передатчиков при повреждении системы шин с отказом выключателя линии?

Останов ВЧ передатчиков нормально отключившихся линий не приводит к каким-либо дополнительным событиям. Останов передатчика на линии с отказавшим выключателем приводит к тому, что ВЧ защита линии воспринимает такой режим, как повреждение на линии, и срабатывает с обеих сторон линии. Действие ее с противоположной стороны приводит к отключению последнего источника, питающего место повреждения. При АПВ (запрет АПВ на противоположную сторону линии не передается) произойдет повторное действие всех защит и УРОВ.[68]

10.2.10. Почему схема контроля исправности цепей УРОВ состоит из размыкающих контактов ?

Схема контроля исправности цепей УРОВ построена с учетом того, что невозврат после срабатывания любого из реле, своевременно не выявленный и не устраненный, при последующей работе УРОВ может привести к его неправильному действию. Поэтому схема контроля состоит из размыкающих контактов всех реле схемы, за исключением тех, положение которых зависит от режима и срабатывание или возврат которых определяется вставленной или вынутой крышкой испытательного блока.[68]

10.2.11. Почему схема контроля исправности цепей УРОВ состоит из трех промежуточных реле ?

Использование трех промежуточных реле вместо одного объясняется тем, что при напряжении на контактах менее 24 В надежность работы контактов снижается, а поэтому последовательное включение более восьми контактов в сети с напряжением оперативного тока 220 В не рекомендуется.[68]/

10.2.12. Почему минус оперативного тока на реле определения отказа выключателя подается через пусковые промежуточные реле ?

Минус оперативного тока на обмотки реле определения отказа (KL1-KL12) подается при срабатывании любого из пусковых реле. При жестком подведении минуса возможен вывод

УРОВ из работы схемой контроля исправности цепей оперативного тока при обрыве цепи управления одного из выключателей, когда при замкнутых контактах токового реле обесточивается и замыкает свой контакт соответствующее реле положения включено ККС. Вместе с тем обрыв цепи управления является достаточным условием для отказа выключателя при повреждении присоединения. Таким образом, подведение минуса к реле KL1-KL12 через контакты пусковых реле схемы УРОВ повышает надежность работы УРОВ. [68].

10.2.13. Почему плюс оперативного тока к контактам выходных реле ЛЭП и трансформатора выполняется по разным схемам ?

По-разному выполнена схема подведения плюса к контактам выходных реле защиты линий и трансформаторов. В первом случае плюс подводится только через контакты токовых реле, во втором – через контакты токовых реле и контакты реле положения включено соответствующего трансформатора. Второй вариант представляется несколько более предпочтительным, поскольку при ложном срабатывании выходных реле защиты трансформатора не сработают пусковые реле УРОВ и УРОВ не выводится из работы. Однако такое построение схемы возможно только для цепей трансформаторов, где каждое присоединение имеет свое отдельное реле. При выполнении по такому принципу цепей линий, когда при пуске УРОВ любой из линий данной системы шин срабатывает одно из реле определения отказа выключателя, оказались бы включенными параллельно и контакты выходных реле всех линий. При этом появилась бы возможность излишней или ложной работы УРОВ при невозврате токовых реле одной из линий и защиты другой линии. [68].

10.3. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЗЕРВА.

10.3.1. Назовите основное назначение устройства автоматического включения резерва.

Назначение автоматического включения резерва (АВР)– запитать потребителей при пропадании напряжения на рабочем источнике питания, т.е. АВР предназначено для введения в действие резервного источника в случае отключения основного. Многолетний опыт эксплуатации устройств АВР показывает, что примерно в 95% случаев отключения основного (рабочего) питания устройства АВР предотвращают аварию.

По назначению эти устройства делят: на устройства АВР линий, АВР трансформаторов, АВР электродвигателей, АВР шинок управления (оперативного тока) и т.п.

По способу предотвращения подачи напряжения на поврежденный рабочий источник питания различают:

- местный АВР, пусковой орган которого действует на отключение рабочего ввода, после чего включается резервный ввод; этим исключается подача напряжения от резервного источника на поврежденный рабочий источник питания;
- сетевой АВР, пусковой орган которого действует на включение сетевого выключателя, находящегося в резерве;

По направлению действия устройства АВР делят:

- на АВР одностороннего действия, предназначенное для ПС, где один из вводов постоянно является рабочим, а другой – резервным;
- на АВР двустороннего действия, предназначенное для ПС, где питающие элементы (трансформаторы, линии) являются одновременно и рабочими, и резервными по отношению друг к другу, т.е. находятся в неявном резерве. При отключении одного из трансформаторов (линий) и включении от устройства АВР секционного выключателя СВ оставшийся в работе трансформатор (линия) принимает на себя дополнительную нагрузку.[69]

10.3.2. Назовите основные требования к выполнению схем устройства АВР.

Схемы устройств АВР должны выполняться с указаниями Правил [62]:

- при отключении выключателя рабочего ввода по любой причине немедленно должен включиться выключатель резервного ввода;

- при исчезновении напряжения со стороны рабочего источника должен срабатывать специальный пусковой орган напряжения, который при наличии напряжения на резервном источнике должен действовать с заданной выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника; пусковой орган напряжения не должен предусматриваться, если рабочий и резервный вводы имеют один источник питания;
- минимальное реле напряжения пускового органа не должно срабатывать при понижениях напряжения при самозапуске электродвигателей нагрузки, поэтому их настраивают таким образом, что пуск АВР может произойти только при глубоком снижении напряжения, ниже 0,4 номинального, при котором самозапуск невозможен;
- действие устройства АВР должно быть однократным;
- при выполнении устройств АВР следует проверять возможность перегрузки резервного источника и при необходимости выполнять для его разгрузки специальную автоматику отключения части потребителей при действии АВР;
- при отключении рабочей линии (трансформатора) устройством автоматической разгрузки АЧР вследствие общесистемного аварийного снижения частоты действие устройства АВР должно запрещаться;
- при действии устройства АВР, когда возможно включение резервного выключателя на КЗ, на резервном выключателе должна предусматриваться релейная защита, причем, если время действия этой защиты превышает 1 сек, рекомендуется автоматически ускорять ее действие до 0,3 с.[62, 69]

10.3.3 При каком напряжении оперативного тока проверяются устройства АВР ?

Следует заметить, что проверка правильности взаимодействия элементов схемы АВР выполняется при напряжении оперативного тока, сниженном до 80% номинального, опробование устройства АВР на выключатели производится при номинальном напряжении оперативного тока [29].

10.4. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА.

10.4.1. Для каких целей применяется АЧР и ЧАПВ ?

Чрезвычайно велика роль АЧР в энергосистемах. Назначением АЧР является отключение части нагрузки, чтобы предотвратить снижение частоты до опасной величины и тем самым сохранить в работе электростанции и их собственные нужды. Или другими словами, устройства АЧР служат для предотвращения и ликвидации системных аварий, возникающих из-за снижения частоты при внезапных дефицитах активной мощности.

Устройства ЧАПВ служат для восстановления электроснабжения потребителей при восстановлении частоты в энергосистеме.

Для предотвращения опасного развития аварий, связанных с возникновением значительного дефицита активной мощности, устройства АЧР выполняются с таким расчетом, чтобы возможность снижения частоты ниже 45 Гц была полностью исключена, время работы с частотой ниже 47 Гц не превышало 20 с, а с частотой ниже 48,5 Гц – 60 с.[62]

10.4.2. На какие категории делятся АЧР ?

Система АЧР делится на две основные категории:

- АЧР-1 – быстродействующая (с выдержкой времени, не превышающей 0,5 с), имеющая различные уставки по частоте, начиная с 46,с Гц и выше, предназначенная для прекращения снижения частоты. Выдержка времени на срабатывание АЧР-1 принципиально не требуется. Однако с целью предотвращения ложного срабатывания этих устройств при возникновении переходных процессов в цепях трансформаторов напряжения, питающего реле частоты, время срабатывания устанавливается равным 0,25-0,5 с при использовании реле ИВЧ-3 и 0,1-0,15 с при использовании РЧ-1 и РСГ 11;
- АЧР-2 – медленнодействующая, с различными уставками по времени, предназначенная для повышения частоты после действия АЧР-1, а также для предотвращения «зависания» частоты на недопустимо низком уровне при сравнительно медленном аварийном увеличении дефицита мощности. Минимальная частота срабатывания АЧР-2 – 48,6 Гц.

Время срабатывания первой очереди АЧР-2 устанавливается обычно 10-15 с, последней очереди – 40-60 с.

Система АЧР предусматривает совмещение действия устройств АЧР-1 и АЧР-2 (когда устройства АЧР-1 и АЧР-2 действуют на отключение одних и тех же присоединений). Совмещение действия АЧР-1 и АЧР-2 позволяет снизить объем отключаемой от АЧР нагрузки. При совмещении действия АЧР очереди АЧР-1 с более низкими уставками по частоте совмещаются с очередями АЧР-2, имеющими более длительные уставки по времени.

Помимо совмещения АЧР-1 и АЧР-2 выполняются несколько очередей только АЧР-2 (несовмещенная АЧР-2). Назначение несовмещенных очередей АЧР-2 – обеспечить быстрое восстановление частоты после срабатывания большого объема АЧР-1 вследствие образования больших дефицитов мощности.

Как правило суммарный объем АЧР должен составлять не менее 55% от нагрузки потребителей энергосистемы[62].

10.4.3. Каков принцип построения ЧАПВ ?

Очередность подключения потребителей к устройствам ЧАПВ обратна очередности подключения к устройствам АЧР, т.е. потребители подключенные к последним очередям АЧР, присоединяются к первым очередям ЧАПВ. При подключении на подстанции к одной очереди ЧАПВ нескольких присоединений, выключатели необходимо включать поочередно с интервалом не менее 1 с, если это необходимо по условиям работы источников оперативного тока.

Ряд потребителей при наличии ЧАПВ не может быть автоматически включен в работу по технологическим причинам. В этом случае действие ЧАПВ должно быть выполнено на сигнал, разрешающий оперативному персоналу включение отключенных от АЧР присоединений.[62]

10.4.4. В каких случаях применяется частотно-делительная защита (ЧДЗ)?

Для ликвидации аварийных ситуаций со значительным дефицитом активной мощности в ряде энергосистем применяется делительная автоматика по частоте (ЧДЗ – частотно-делительная защита), предназначенная для отделения электростанций или их частей с примерно сбалансированной нагрузкой ближайших районов на изолированную работу от энергосистемы.

Выделение производится с образованием небольшого избытка генерирующей мощности. Действие ЧДЗ по отношению к работе устройств АЧР-1 при двух пусковых органах с разными диапазонами уставок по частоте срабатывания является селективным (действие ЧДЗ происходит после действия АЧР-1)[40].

10.4.5. Каковы требования к оперативному персоналу при обслуживании устройств АЧР ?

Оперативному персоналу запрещается вмешиваться в действие АЧР, в т.ч. переводить отключившиеся от АЧР присоединения на другие источники питания, работающие параллельно с энергосистемой, квитиовать ключи управления выключателей отключившихся от АЧР присоединений при наличии ЧАПВ.[40].

10.4.6. Какие меры предотвращения излишней работы АЧР, применяются на ПС, имеющие потребителей с синхронными двигателями ?

На подстанциях с синхронными двигателями (СД) АЧР может работать излишне при потере питания, так как в этом режиме напряжение на шинах длительно сохраняется, а частота падает. Поэтому при потере питания для предотвращения излишней работы АЧР необходимо блокировать. Известны следующие способы блокировки АЧР:

- по скорости снижения частоты. Может применяться не всегда, а только в тех случаях, когда скорость снижения частоты при выбеге синхронных двигателей в 3-4 раза превышает скорость снижения частоты при дефиците мощности в системе;
- по значению частоты на соседней секции, имеющей независимый источник питания. Однако в случае питания обеих секций от одного источника эта блокировка неработоспособна;

- по времени, т.е. вместо АЧР-1 применять АЧР-2. В этом случае выбег СД заканчивается раньше, чем работает АЧР-2, и излишнего действия АЧР не происходит;
- по направлению мощности через вводной выключатель.

Из всех перечисленных принципов удобнее всего использовать последний, так как он является универсальным и легко исполним.

10.5. ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИКА.

10.5.1. Какой режим сети называется асинхронным ?

Асинхронный режим (АР) в энергосистеме является одним из самых тяжелых аварийных режимов. Он связан с нарушением устойчивости параллельной работы электростанций и отдельных генераторов, что создает опасность повреждения элементов энергосистемы, нарушения электроснабжения потребителей и сопряжено с большим экономическим ущербом.

Если условно обозначить две энергосистемы ЭС1 и ЭС2, то в нормальном режиме они работают синхронно. ЭДС эквивалентных генераторов ЭС1 и ЭС2 имеют одинаковую частоту, и их векторы вращаются синхронно с одинаковой угловой скоростью. Угол между ЭДС ЭС1 и ЭС2 остается неизменным и зависит от активной мощности, передаваемой по линии. При нарушении устойчивости наступает асинхронный режим.

Условная линия, делящая энергосистемы на две группы станций (генераторов), между которыми возможно нарушение параллельной синхронной работы, называется *сечением асинхронного хода*.

При нарушении устойчивости параллельной работы передача активной мощности между ЭС1 и ЭС2 прекращается, и в энергосистеме с малой мощностью потребления, поскольку мощность турбины осталась прежней, то скорость вращения турбины и генераторов увеличивается. В энергосистеме, с большой мощностью, происходит противоположный процесс, возникает дефицит генерируемой мощности, и генераторы, работающие в системе, уменьшают скорость вращения. Поэтому частота ЭДС системы понижается. В результате векторы ЭДС ЭС1 и ЭС2 начинают вращаться с разной угловой скоростью с некоторым скольжением относительно друг друга, т.е. имеет место периодическое изменение угла между ЭДС ЭС1 и ЭС2.

Таким образом, первым характерным признаком асинхронного режима является периодическое изменение угла между несинхронными ЭДС от нуля до 360° с частотой скольжения.

Асинхронный режим сопровождается глубоким понижением напряжения и протеканием больших токов качания, которые могут превышать токи КЗ. В точке электрического центра качаний (ЭЦК) напряжение периодически становится равным нулю. Условно говоря, если подключить электролампочки по концам передачи и в ЭЦК, то на концах они горят ровным светом, а в ЭЦК лампочка периодически гаснет.

Время, в течение которого ток и напряжение в данной точке линии проходит цикл изменений от одного минимального или максимального значения до следующего, называется *периодом качаний*. Значения его колеблются примерно в пределах 0,1-3 с, причем меньшие цифры характеризуют асинхронный режим, а большие – начало процесса или, наоборот, момента, близкие к втягиванию в синхронизм.[67].

10.5.2. Укажите назначение и принцип действия противоаварийной автоматики.

Противоаварийная автоматика (ПА) предназначена для ограничения развития и прекращения аварийных режимов в энергосистеме. Важнейшей ее задачей является предотвращение общесистемных аварий, сопровождающихся нарушением электроснабжения потребителей на значительной территории.

ПА в энергосистемах находится во взаимодействии с релейной защитой и другими средствами автоматического управления в энергосистеме и выполняет следующие функции:

- автоматическое предотвращение нарушения устойчивости энергосистем – АПНУ;
- автоматическую ликвидацию асинхронного режима – АЛАР;
- автоматическое ограничение снижения частоты – АОСЧ;
- автоматическое ограничение снижения напряжения - АОСН;
- автоматическое ограничение повышения напряжения – АОПН;
- автоматическое ограничение перегрузки оборудования – АОПО [67].

10.5.3. В каких случаях применяется деление системы ?

Деление энергосистемы – разделение энергосистемы на несинхронно работающие части – применяется для предотвращения нарушения устойчивости, ликвидации асинхронного режима, ограничения снижения частоты, ограничения перегрузки оборудования. ДС производится отключением линий или разделением шин электростанций или подстанций. Кроме того, устройства ПА могут производить отключение отдельных линий и трансформаторов связи, секционных и междушинных выключателей, не приводящие к ДС, т.е. разделению энергосистемы на несинхронно работающие части. [67].

10.5.4. Укажите назначение автоматического предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ)?

Система АПНУ предназначена для предотвращения нарушения динамической устойчивости при аварийных возмущениях (АВ) и обеспечения в послеаварийных режимах нормального запаса статической устойчивости для заданных сечений.

Функцию АПНУ выполняют :

- АРС (автоматика разгрузки станции) – действует при внезапном ослаблении пропускной способности связей межсистемных ВЛ 220-750 кВ;
- АНМ (автоматика от наброса мощности) на подстанциях действует при внезапном набросе мощности на межсистемные ВЛ-220-750 кВ. [67].

10.5.5. Какая автоматика предназначена для ликвидации асинхронного хода ?

Для выявления и быстрейшей ликвидации асинхронного режима и восстановления нормального режима применяется автоматика ликвидации асинхронного режима – АЛАР (старое название – автоматика прекращения асинхронного хода – АПАХ).

Осуществляется для любого из возможных сечений асинхронного хода в охватываемом районе, как правило, путем деления района по этому сечению на несинхронно работающие части. В отдельных случаях ликвидация асинхронного режима может осуществляться с попыткой осуществления ресинхронизации до момента деления. Для осуществления АЛАР в энергосистемах используется значительное количество устройств АПАХ, выполненных на различных принципах. Различают основные и резервные устройства АПАХ:

- основные – действуют на деление, а в отдельных случаях на ресинхронизацию и деление;
- резервные – действуют на деление с отстройкой от основных выдержкой времени или по количеству циклов асинхронного хода.

Основное и резервное устройство осуществляет деление, действуя на разные выключатели и устанавливаются на разных ПС. Как правило, резервное устройство выполнено на более простых принципах, чем основное. [67].

10.5.6. Для чего применяется автоматика ограничения перегрузки оборудования (АОПО) ?

Устройство АОПО предназначена для ограничения повышения тока в электрооборудовании сверх допустимого уровня. Для этих целей используются:

- АРЛ – автоматика разгрузки линии. Токоограничивающими элементами электропередачи могут являться - сами провода ВЛ, ВЧ заградители (ВЧЗ), трансформаторы тока (ТТ), ошиновка ПС. Токовые уставки АРЛ, как правило, имеют сезонное (зима/лето) регулирование;
- ДА – делительная автоматика;
- АРУ – автоматика разгрузки узла;
- ЦО – цепи отключения;
- АОДС – автоматика опережающего деления сети. В отличие от остальных устройств АОПО, АОДС применяется для ограничения не нагрузочных, а токов короткого замыкания. [67].

10.5.7. Какие особенности возникают при эксплуатации устройств ПА ?

При выходе из строя трансформаторов напряжения (ТН) или какой-либо неисправности цепей напряжения необходимо:

- устройства АПАХ, с пуском от реле сопротивления, на время коммутаций в цепях напряжения (переключение на резервный ТН и обратно, отключение/включение автоматов и т.п.) вывести из работы;
- устройства АОСН вывести из работы. Обратный ввод АСН и АОВ в работу производится после восстановления нормальной схемы цепей напряжения;
- устройства АОПН вывести из работы.
- Все остальные устройства ПА, подключенные к неисправным цепям напряжения, перевести на резервное питание вместе с устройствами РЗА.

При отключении потребителей от устройств ПА, обратное их включение производится только по команде диспетчера энергосистемы.

При выводе в ремонт оборудования (выключателей, линий, автотрансформаторов) в устройствах фиксации его отключения (ФОВ, ФОЛ, ФОВА) должны переключены соответствующие ключи оперативной фиксации ремонта непосредственно после отключения выключателей. Обратная операция производится после сборки схемы разъединителями до включения выключателей. Все операции с устройствами ФОВ, ФОЛ, ФОВА выполняются в соответствии с программами по выводу в ремонт оборудования и местными инструкциями.

Последовательность операции должна обеспечивать:

- однократность выходного сигнала при отключении оборудования;
- фиксацию ремонта оборудования независимо от положения его выключателей.[67].

10.5.8. Какие меры применяются для предотвращения работы АЛАР при КЗ ?

Для того чтобы предотвратить неправильное срабатывание АЛАР при однофазных и двухфазных КЗ, также сопровождающихся увеличением тока, в схеме используются три токовых реле, включенных на ток каждой фазы. Контакты всех реле включены последовательно. Однако возможность ложного действия автоматики создается при трехфазных КЗ, при несинхронных АПВ и при синхронных качаниях, когда также происходит увеличение тока в трех фазах линии.[60].

10.5.9. Для чего применяется автоматическое ограничение повышения напряжения (АОПН)?

Устройства АОПН предназначены для ограничения повышения напряжения на электрооборудовании энергосистемы с учетом длительности повышения в тех случаях, когда это повышение произошло в результате одностороннего отключения ВЛ, разрыва или разгрузки транзита в результате работы АПНУ или аварийного отключения генерирующего оборудования на электростанциях. Применение АОПН не требуется, если напряжение не превосходит уровень, допустимый в течение более 20 минут. Для целей АОПН используются:

- АОВ – автоматика отключения синхронных компенсаторов;
- АВ - автоматика включения шунтирующих реакторов;
- АПН – автоматика от повышения напряжения.

В качестве пускового органа рассматриваемой автоматики используются три реле максимально напряжения, включенные на фазные напряжения. На подстанциях с отходящими длинными линиями, каждая из которых может явиться источником повышенного напряжения, применяется более совершенная автоматика, в ней используются дополнительные реле реактивной мощности. Реле мощности, включенные на фазный ток и фазное напряжение, фиксируют направление и величину реактивной мощности, разрешая автомату действовать на отключение только на той линии, на которой реактивная мощность направлена к шинам ПС и имеет определенную величину. В качестве реле, определяющего величину и направление реактивной мощности, применяется однофазное индукционное реле типа РБМ-274.[60]

10.6. Защита ячеек КРУ (КРУН) – 6-10 кВ от электрической дуги.

В настоящее время ячейки КРУ оснащаются дуговой защитой (ДГЗ) с разгрузочными клапанами (с использованием конечных выключателей), фототиристорами или волоконно-

оптических датчиков. Указанные защиты срабатывают только при КЗ, т.е. с контролем тока КЗ или напряжения и действуют при КЗ в ячейке линейного выключателя на отключение вводного (с пуском АПВ) и секционного выключателей; при КЗ в ячейке секционного выключателя на отключение вводных выключателей 1 и 2 СШ; при КЗ в ячейке ввода на отключение данного выключателя без пуска АПВ и на выходные реле защиты питающего трансформатора, отключающие его со всех сторон.

Недостатки клапанной ДГЗ: сравнительно низкая чувствительность (надежно работает при токах КЗ более 3 кА) требуется постоянный контроль состояния клапанов, а также подгонка механической части при монтаже.

Фототиристорная ДГЗ не зависит от КЗ на шинах. Недостатки: фототиристоры расположены непосредственно в зоне существования дуги, что может приводить к повреждению как фототиристоров, так и соединительных проводов; имеет тенденцию к ложному срабатыванию из-за увеличения токов утечки или обратных токов при параллельном соединении фототиристоров и посторонних источников света; отсутствует диагностика функционирования системы.

Волоконно-оптическая защита состоит из необходимого числа волоконно-оптических датчиков и блока мониторинга. Отечественная промышленность выпускает ДГЗ типа «Овод», ФВИП, ПРОЭЛ и другие.

11. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 0,4-35 кВ.

11.1. Укажите назначение релейной защиты распределительных сетей.

Назначением релейной защиты распределительных сетей, так же как и вообще релейной защиты. Является по возможности скорейшее отключение поврежденного элемента или участка энергосистемы от ее неповрежденных частей. Если повреждение не грозит немедленным разрушением защищаемого объекта, не нарушает непрерывность электроснабжения и не представляет угрозы по условиям техники безопасности, то устройства защиты могут действовать не на отключение, а на сигнал.

Сети напряжением 3-35 кВ в России выполняются без глухого заземления нейтрали питающих трансформаторов. Поэтому в сетях 3-35 кВ значительными токами повреждения сопровождаются только междуфазные КЗ.

Защиту от многофазных замыканий следует предусматривать в двухфазном исполнении и включать в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения. Защита должна быть выполнена одно-, двух- или трехрелейной в зависимости от требований чувствительности и надежности.

На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных КЗ должна устанавливаться, как правило, двухступенчатая токовая защита. Первая ступень которой выполнена в виде максимальной токовой защиты с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени.

При однофазных замыканиях на землю в этих сетях ток повреждения мал, а линейные напряжения не изменяются. Так как питание потребителей не нарушается, немедленного отключения однофазного замыкания на землю в большинстве случаев не требуется. Защита при этом должна действовать на сигнал. Необходимо учитывать, что длительная работа с замыканием на землю в сети недопустима. Длительные замыкания на землю могут стать причиной повреждения измерительных трансформаторов напряжения. Длительное воздействие тока однофазного замыкания на землю может вызвать повреждение железобетонных опор, а высыхание грунта вблизи опоры – опасное повышение напряжения прикосновения.

Одна из особенностей защиты распределительных сетей заключается в том, что предпочтение отдается наиболее простому и дешевому устройству. Этим объясняется широкое применение в распределительных сетях плавких предохранителей, в основном для защиты силовых трансформаторов 6 и 10 кВ. Хотя защита предохранителями и не является релейной защитой. Ее характеристики оказывают влияние на требования к токовым реле, используемым в защите. [7].

11.2. На какие виды подразделяются токовые защиты ?

Одним из признаков возникновения КЗ является увеличение тока в ЛЭП. Этот признак используется для выполнения релейной защиты (РЗ), называемой токовой. Токовые РЗ приходят в 11.2. Назовите разновидности МТЗ.

МТЗ выполняются на электромеханических и статических реле прямого и косвенного действия по трех- и двухфазным схемам. По способу питания оперативных цепей МТЗ косвенного действия делятся на РЗ с постоянным и переменным оперативным током. По характеру зависимости времени действия от тока МТЗ подразделяются на РЗ с независимой и зависимой характеристиками.[9].

11.3. Чем определяется значение ступени селективности МТЗ ?

Для обеспечения селективности выдержки времени МТЗ выбираются по ступенчатому принципу. Разница между временем действия МТЗ двух смежных участков называется ступенью времени или ступенью селективности (Δt). Ступень Δt должна быть такой, чтобы при КЗ на каком-нибудь участке сети МТЗ соседнего участка не успевала сработать.

Для применяемых в эксплуатации реле и выключателей ступень времени колеблется у МТЗ с независимой выдержкой времени в пределах 0,35-0,6 с, а у МТЗ с зависимой или ограниченно зависимой характеристикой 0,6-1 с. При согласовании с быстродействующей РЗ погрешность ее не учитывается и тогда $\Delta t = 0,35-0,4$ с.

Недостатки реле времени прямого действия, погрешность по времени действия этих реле достигает $\pm 0,3$ с. Поэтому при выдержки времени на РЗ с РТВ ступень селективности Δt принимается равной 0,8с.[9].

11.4. В каких случаях применяется МТЗ с пуском от реле минимального напряжения ?

Для повышения чувствительности МТЗ дополняется измерительным органом (блокировкой) напряжения (ОН), который, разрешая РЗ действовать при КЗ, запрещает ей срабатывать (блокирует) в режиме максимальной нагрузки и при самозапуске электродвигателей. Измерительный орган напряжения (ИОН) выполняется с помощью реле минимального напряжения и действует совместно с реле тока измерительного органа тока (ИОТ) по логической схеме И на пуск реле времени.

Во время КЗ, когда возрастает ток и уменьшается напряжение, срабатывают оба измерительных органа ИОН и ИОТ и с заданной выдержкой времени МТЗ действует на отключение. Если же в результате перегрузки защищаемого элемента токовые реле приходят в действие, ИОН блокирует РЗ, так как реле напряжения не действует. Недействие ИОН при нагрузке обеспечивается выбором уставки срабатывания реле напряжения такой, чтобы оно не срабатывало при минимальном рабочем напряжении. Благодаря этому ток срабатывания реле тока отстраивается не от тока нагрузки максимального, а от тока нагрузки нормального режима. Таким образом чувствительность токовых реле МТЗ с пуском по напряжению выше чувствительности реле без пуска по напряжению.[9].

11.5. Назовите достоинства и недостатки МТЗ ?

Достоинством МТЗ является ее простота, надежность и небольшая стоимость. МТЗ обеспечивает селективность радиальных сетей с односторонним питанием. К недостаткам МТЗ относятся: большие выдержки времени, особенно вблизи источников питания; недостающая чувствительность при КЗ в разветвленных сетях с большими токами нагрузки.

МТЗ получила наиболее широкое распространение в радиальных сетях 10 кВ и ниже является основной релейной защитой.[9].

11.6. В чем заключается ограничение применение однорелейной схемы МТЗ ?

Однорелейная схема выполняется с одним токовым реле, которое включается на разность токов двух фаз $J_p = J_a - J_c$ и реагирует на все случаи междуфазных КЗ. К недостаткам, ограничивающим применение схемы, нужно отнести: меньшую чувствительность по сравнению с двухрелейной схемой при КЗ между фазами АВ и ВС; не действие МТЗ при одном из трех

возможных случаев двухфазного КЗ за трансформатором с соединением обмоток звезда-треугольник, когда ток срабатывания реле равен нулю $J_p = J_a - J_c = 0$.

Однорелейная схема находит применение в распределительных сетях 6-10 кВ, питающих трансформаторы с соединением обмоток звезда-звезда и для РЗ электродвигателей.[9].

11.7. Что называется током самозапуска ?

Электродвигатели имеются в составе большей части электрических нагрузок. При понижении или исчезновении напряжения. Вызванном КЗ либо кратковременным перерывом электроснабжения потребителей при действии АПВ или АВР, электромагнитный момент вращения электродвигателей уменьшается и они начинают тормозиться. При этом наиболее важные для производства электродвигатели оказываются полностью или частично заторможенными, оставаясь подключенными к сети. При восстановлении напряжения они начинают разворачиваться (самозапускаться) потребляя из сети повышенные пусковые токи. Суммарный ток во время самозапуска может существенно превосходить суммарный максимальный рабочий ток нагрузки. Увеличение тока нагрузки из-за самозапуска электродвигателей принято оценивать коэффициентом самозапуска, показывающим, во сколько раз возрастает максимальный рабочий ток. [9].

11.8. Как выбираются уставки реле РНФ-1М в МТЗ с пуском по напряжению ?

МТЗ с пуском по напряжению обычно выполняется по схеме комбинированного пуска с реле минимального напряжения и фильтр-реле напряжения обратной последовательности типа РНФ-1М. Уставка срабатывания реле РНФ-1М принимается $U_{2сз} = 0,06 U_{ном}$. Так как вторичные цепи напряжения реле подключены на линейные напряжения ТН равные 100 В, тогда уставка на реле составит 6 В.[9].

11.10. Какие значения коэффициента самозапуска применяются при расчете уставок МТЗ ?

Значения коэффициента самозапуска принимается равным 3-6 для нагрузки с преобладанием электродвигателей; 1,5-2 – при малом удельном значении электродвигателей. Когда электродвигатели составляют 100% нагрузки ток самозапуска можно рассчитывать как трехфазное КЗ за сопротивлением полностью заторможенных электродвигателей.[9].

В чем заключаются недостатки схемы ускорения МТЗ при использовании мгновенных контактов реле времени ?

В ряде существующих схем МТЗ линий, СВ-6-35 кВ и трансформаторов ускорение защит после АПВ и при постановке под напряжение выполнено от мгновенных контактов реле времени. Это недопустимо, так как при этом возможна неселективная работа МТЗ от бросков тока намагничивания питаемых трансформаторов и от броска при несинхронном включении крупных двигателей.

Для предотвращения этого ускорение МТЗ ЛЭП, СВ-6-35 кВ и трансформаторов необходимо выполнять с выдержкой времени 0,5 сек от проскальзывающих контактов реле времени МТЗ.

Для обеспечения надежного отключения выключателя от проскальзывающих контактов реле времени необходимо :

- в схемах на постоянном токе выполнять самоудерживание реле блокировки от прыгания через сериесную катушку, соленоид отключения и резистор 1 Ом;
- в схемах на переменном оперативном токе выполнять самоудерживание катушек реле РП-321, РП-341, РП-361 после срабатывания цепи ускорения.

Время отпадания якоря реле РП-252 (на постоянном оперативном токе) и реле РП-256 (на переменном оперативном токе), контакты которых используются в цепи ускорения, отрегулировать равным 1 сек.[7].

Назовите «мертвую зону» МТЗ с применением реле направления мощности.

Участок ЛЭП при КЗ, в пределах которого реле направления мощности не работает из-за того, что мощность на его зажимах оказывается меньше мощности срабатывания. Называется

«мертвой зоной». Для обеспечения отключения КЗ в пределах «мертвой зоны» там где это возможно, устанавливается токовая (ненаправленная) отсечка.[9].

Как правильно включить реле направления мощности ?

Мощность КЗ подводимая к реле, может иметь недостаточной для действия реле направления мощности (РНМ) , так как при КЗ, близких к месту установки реле, за счет снижения напряжения на реле или неблагоприятном значении угла реле снизится мощность КЗ подводимая к реле до нуля.

Отсюда следует, что во-первых РНМ должна включаться на такое напряжение, которое при близких КЗ не снижается до нуля, и, во-вторых, напряжение и ток, подводимые к реле, должны подбираться так, чтобы угол сдвига между ними (угол внутреннего сдвига реле) в условиях КЗ не достигал значений, при которых мощность на зажимах реле приближается к нулю.

В современных схемах направленной токовой защиты применяется включение РНМ по так называемой 90-градусной схеме сочетания токов и напряжений, например для РНМ включенного на ток фазы А, напряжение подводится межфазное ВС, для тока фазы В подводится напряжение СА, для тока фазы С подводится напряжение АВ. Название схемы (90-градусная) носит условный характер. Анализ поведения реле при различных видах повреждения показывает, что при 90-градусной схеме оно обладает следующими свойствами: четко срабатывает при всех видах КЗ при включении на ток поврежденной фазы; может иметь мертвую зону только при трехфазном КЗ; может сработать неправильно при двухфазных и однофазных КЗ на землю (реле, включенное на ток неповрежденной фазы). Следует отметить, что реле может сработать неправильно при КЗ за трансформатором с соединением обмоток звезда-треугольник. Однако опыт эксплуатации показывает, что такие неправильные действия защиты маловероятны. Поэтому никаких мероприятий, предотвращающих эти действия, не предусматриваются.[9].

В чем заключается необходимость применения направленной защиты в сетях с двухсторонним питанием ?

Направленной называется защита, действующая только при определенном направлении (знаке) мощности КЗ. Необходимость в применении направленных РЗ возникает в сетях с двухсторонним питанием и в кольцевых сетях с одним источником питания. При двухстороннем питании места КЗ для ликвидации повреждения РЗ должна устанавливаться с обеих сторон защищаемой ЛЭП.

Для селективного действия токовых защит необходимо дополнить реле направления, реагирующим на знак мощности, протекающий по защищаемому присоединению, а также необходимо согласовать так, чтобы токи срабатывания нарастали при обходе РЗ против направления их действия.[9].

Для чего включается реле тока в обратный провод двухфазной схемы защиты ?

действие при увеличении тока в фазах ЛЭП сверх определенного значения. Токовые РЗ подразделяются на максимальные токовые защиты (МТЗ) и токовые отсечки (ТО). Главное различие между этими РЗ заключается в способе обеспечения селективности. Селективность ТО обеспечивается соответствующим выбором тока срабатывания, а МТЗ током срабатывания и временем действия. [9].

Важная роль реле, включенного в обратный провод двухфазной схемы защиты, выявляется при рассмотрении двухфазных КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток звезда-треугольник. Токи КЗ при повреждении на стороне НН трансформируются на сторону ВН таким образом, что в одной из фаз на стороне ВН значение тока КЗ будет в два раза выше, чем в двух других, и численно равно току трехфазному КЗ в этом месте. На рис.11.1. предоставлена схема включения реле.

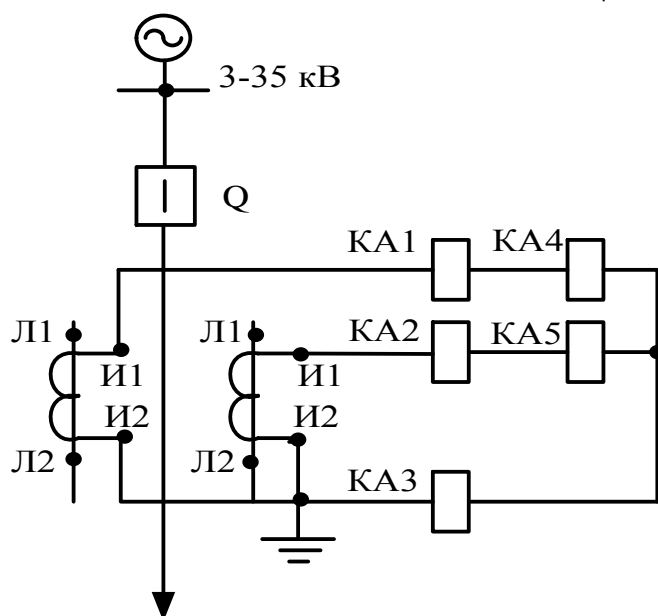


Рис. 11.1.Схема защиты присоединения 3-35 кВ.

При выполнении МТЗ с тремя реле КА1-КА3, при всех сочетаниях двухфазных КЗ на стороне НН в одном из этих реле будет проходить такой же ток как и при трехфазном КЗ. Иначе говоря, коэффициент чувствительности при этих видах будет равен коэффициенту чувствительности при трехфазном КЗ. Но при отсутствии реле КА3 в обратном проводе при одном из видов двухфазного КЗ, за трансформатором со схемой соединения обмоток звезда-треугольник, также как и за трансформатором со схемой треугольник-звезда в реле КА1, КА2 пройдет ток, равный лишь половине тока трехфазного КЗ. Для такой схемы коэффициент чувствительности при двухфазном КЗ будет равен половине коэффициента чувствительности при трехфазном КЗ и это является ее существенным недостатком. Поэтому МТЗ должна выполняться трехрелейной не только на трансформаторах с указанными схемами соединения обмоток, но и на линиях, питающие такие трансформаторы.[6].

Как распределятся токи КЗ в реле включенных по схеме неполная звезда при различных видах КЗ ?

Токи в реле КА1-КА5 схемы (Рис.11.1.) неполная звезда распределятся следующим образом [6]:

Вид КЗ	Ток в реле КА1,КА4	Ток в реле КА2, КА5	Ток в реле КА3
трехфазное	Ток трехфазного КЗ фазы А	Ток трехфазного КЗ фазы С	Ток трехфазного КЗ фазы В
Двухфазное АВ	0,865 тока трехфазного КЗ	0	0,865 тока трехфазного КЗ
Двухфазное ВС	0	0.865 тока трехфазного КЗ	0,865 тока трехфазного КЗ
Двухфазное СА	0,865 тока трехфазного КЗ	0,865 тока трехфазного КЗ	0
Двойное замыкание на землю в сети 3-35 кВ, из которых одно на защищаемом элементе на фазе А	Ток двухфазного КЗ на землю фазы А	0	Ток двухфазного КЗ на землю фазы А
Тоже на фазе В	0	0	0

Тоже на фазе С	0	Ток двухфазного КЗ на землю фазы С	Ток двухфазного КЗ на землю фазы С
Двухфазное КЗ за трансформатором со схемой звезда-треугольник фаз АВ	0,5 тока трехфазного КЗ	0,5 тока трехфазного КЗ	Ток трехфазного КЗ
Тоже фаз ВС	0,5 тока трехфазного КЗ	Ток трехфазного КЗ	0,5 тока трехфазного КЗ
Тоже фаз СА	Ток трехфазного КЗ	0,5 тока трехфазного КЗ	0,5 тока трехфазного КЗ
Однофазное КЗ за трансформатором со схемой звезда-звезда с нулем фазы А	0,66 тока однофазного КЗ	0,33 тока однофазного КЗ	0,33 тока однофазного КЗ
Тоже фазы В	0,33 тока однофазного КЗ	0,33 тока однофазного КЗ	0,66 тока однофазного КЗ
Тоже фазы С	0,33 тока однофазного КЗ	0,66 тока однофазного КЗ	0,33 тока однофазного КЗ

Какие схемы соединения ТТ используются для МТЗ и ТО ?

Для МТЗ и ТО могут использоваться следующие схемы:

- **неполная звезда** - двухфазная, двух или трехрелейная схема, главным образом, применяется для защиты электрических сетей напряжением до 35 кВ включительно, которые работают с изолированной или компенсированной нейтралью и малыми токами замыкания на землю;
- **полная звезда** – трехфазная, двух, трех или четырехрелейная схема, применяется для защиты электрических сетей напряжением 110 кВ и выше, работающих с глухозаземленной нейтралью и большими токами КЗ на землю;
- **треугольник** – трехфазная схема с двумя или тремя реле, включенными на разность фазных токов защищаемого элемента, главным образом, трансформатора или автотрансформатора с высшим напряжением 35 кВ и более со схемой соединения обмоток звезда-треугольник.

Значительно реже применяется двухфазная однорелейная схема, в которой реле включено на разность двухфазных токов, в очень старых книгах по релейной защите эту схему называют «неполный треугольник», а в просторечье – «восьмерка». В настоящее время эта схема применяется главным образом для защиты электродвигателей относительно небольшой мощности, на вводных выключателях 6-10 кВ трансформаторов и секционных выключателях 6-10 кВ.[7].

В чем заключается недостаток схемы соединения ТТ в неполную звезду при однофазных КЗ ?

При однофазном КЗ на землю фаз, на которых установлены ТТ по схеме неполная звезда, МТЗ и ТО принципиально могут работать. Но при однофазном КЗ, фазы, где нет ТТ, защита по схеме неполная звезда действовать не может. Поэтому в сетях с большими токами замыкания на землю эта схема не применяется. При двухфазных замыканиях на землю разных фаз в двух точках сети защита по схеме неполная звезда принципиально может сработать, причем в большинстве случаев при таких повреждениях отключается только одна из поврежденных линий.[7]

11.19. Применяется ли для защиты сети 3-35 кВ трехфазная трехрелейная схема ?

Для защиты сети 3-35 кВ схема трехфазной трехлинейной МТЗ не применяется, поскольку в этих сетях устанавливаются, как правило, только по два трансформатора тока. Если бы устанавливались три трансформатора тока, то не целесообразно выполнять трех релейную МТЗ,

которая при двойных замыканиях на землю могла бы вызывать отключение обеих поврежденных линий.[7].

11.20. В чем заключается особенность выбора уставок МТЗ с применением реле времени РВМ ?

При выборе и настройке уставок МТЗ, в которой применено реле РВМ, следует помнить, что вторичный ток срабатывания токовых реле должен быть в 1,3-1,5 раза больше тока четкого срабатывания реле РВМ. Под четким срабатыванием реле понимается начало движения рамки с подвижными контактами, чему предшествует втягивание ротора под полюсы.[16].

11.21. Почему в схеме МТЗ с пуском по напряжению применяется реле минимального напряжения ?

МТЗ с пуском от реле минимального напряжения при кратковременных перегрузках линий токовые реле могут замыкать свои контакты, что, однако не приводит к срабатыванию защиты на отключение: этому препятствует реле минимального напряжения, контакты которых в нормальном рабочем режиме разомкнуты.[18].

11.22. Как выбрать ток срабатывания реле РП-341 (РП-361) ?

Величина тока срабатывания реле РП-341 (РП-361) которую измеряют установкой перемычек на выводах секций первичной обмотки трансформатора, должна быть не более 0,8-0,9 величины тока срабатывания пусковых реле защиты.[25].

11.23. Каков принцип действия токовой отсечки ?

Токовая отсечка (ТО) является разновидностью МТЗ, позволяющая обеспечить быстрое отключение КЗ. ТО подразделяются на отсечки мгновенного действия и отсечки с выдержкой времени. Селективность ТО достигается ограничением их зоны действия так, чтобы отсечка не работала при КЗ за пределами этой зоны, на смежных участках сети, релейная защита которых имеет выдержку времени, равную или большую, чем отсечка.

Зона действия мгновенной отсечки по условиям селективности не должна выходить за пределы защищаемой ЛЭП.

Зона действия ТО, работающей с выдержкой времени, выходит за пределы защищаемой ЛЭП и по условию селективности должна отстраиваться от конца зоны РЗ смежного участка по току и по времени. ПУЭ рекомендуют применять отсечку, если ее зона действия охватывает не менее 20% защищаемой ЛЭП. В следствие простоты отсечки она применяется в качестве дополнительной РЗ и при зоне действия, меньшей 20%, если основная РЗ ЛЭП имеет мертвую зону. [9].

11.24. В сочетании с какой автоматикой применяется неселективная ТО ?

Неселективной отсечкой называется мгновенная отсечка, действующая при КЗ за пределами своей ЛЭП. Такая отсечка применяется для быстрого отключения КЗ в пределах всей защищаемой ЛЭП. Неселективное действие отсечки при КЗ вне ЛЭП исправляется при помощи АПВ, включающего обратно отключившуюся ЛЭП. Для предотвращения повторного отключения неселективная ТО выводится из работы после действия АПВ.[9].

11.25. В каких случаях ТО применяется как дополнительная защита ?

Согласно ПУЭ, для ЛЭП 35 кВ и выше с целью повышения надежности отключения повреждения в начале линии может быть предусмотрена в качестве дополнительной защиты токовая отсечка без выдержки времени при условии, что коэффициент чувствительности должен быть около 1,2 при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме.[9].

11.26. В чем заключаются особенности применения ТО на линиях с двухсторонним питанием ?

На линии с двухсторонним питанием мгновенная отсечка не должна действовать при КЗ за пределами защищаемой ЛЭП т.е. на шинах смежных подстанций. Во избежание неправильной работы отсечка при качаниях ее ток срабатывания должен отстраиваться и от токов качания.

На ЛЭП с двухсторонним питанием отсечки устанавливаются с обеих сторон ЛЭП с одинаковым током срабатывания. Зона действия каждой отсечки определяется точке пересечения ($N1;N2$) прямой тока срабатывания с соответствующей кривой тока КЗ.

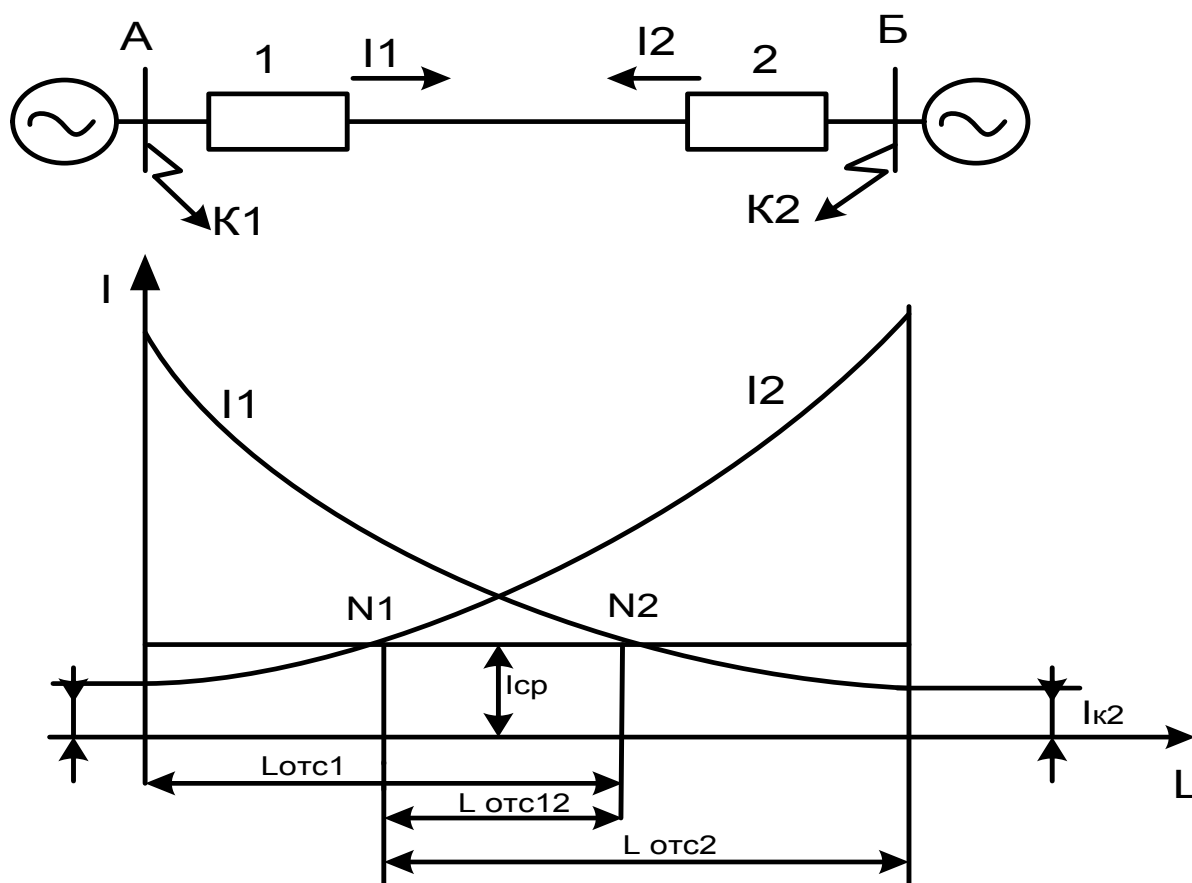


Рис.11.2 ТО на ЛЭП с двухсторонним питанием.

11.27. В чем заключаются требования к аппаратуре защиты линий до 1 кВ ?

Аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать максимальному значению тока КЗ в начале защищаемого участка сети. В качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители. Для обеспечения требований быстродействия, чувствительности или селективности допускается при необходимости применение устройств защиты с использованием выносных реле (реле косвенного действия).

При одностороннем питании присоединение питающего проводника (кабеля или провода) к аппарату защиты должно выполняться, как правило, к неподвижным контактам.

Каждый аппарат защиты должен иметь надпись, указывающую значения номинального тока аппарата, уставки расцепителя и номинального тока плавкой вставки, требующиеся для защищаемой им сети. Надписи рекомендуется наносить на аппарат или схеме, расположенной вблизи места установки аппаратов защиты.

Установка предохранителей в нулевых рабочих проводниках **запрещается.**[62]

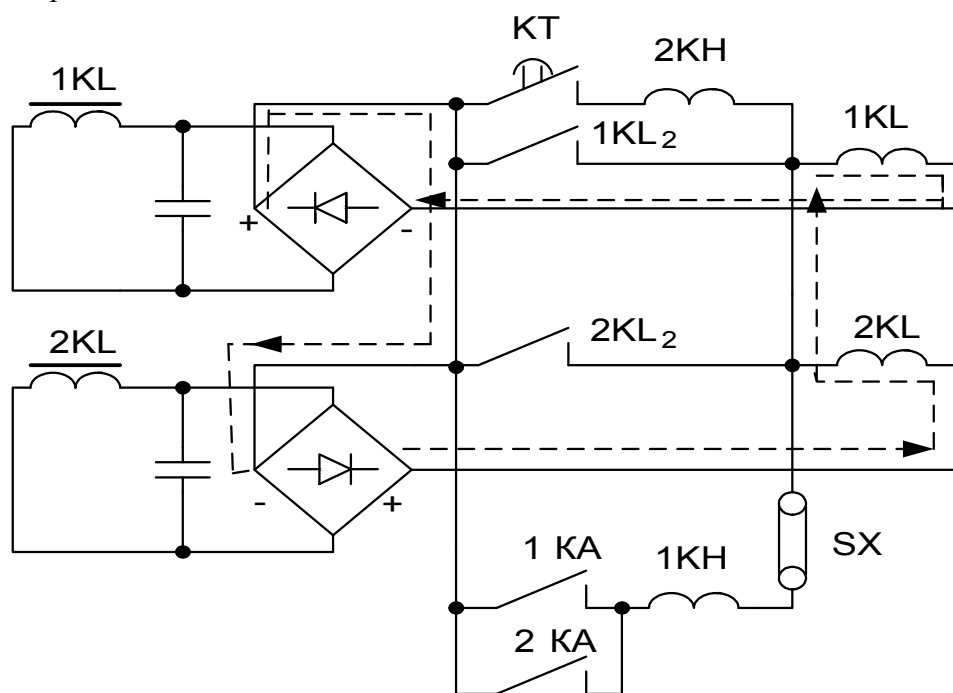
11.28. Что произойдет в схеме МТЗ или ТО с применением реле РП-341 если у одного из реле

неправильная полярность диодного моста ?

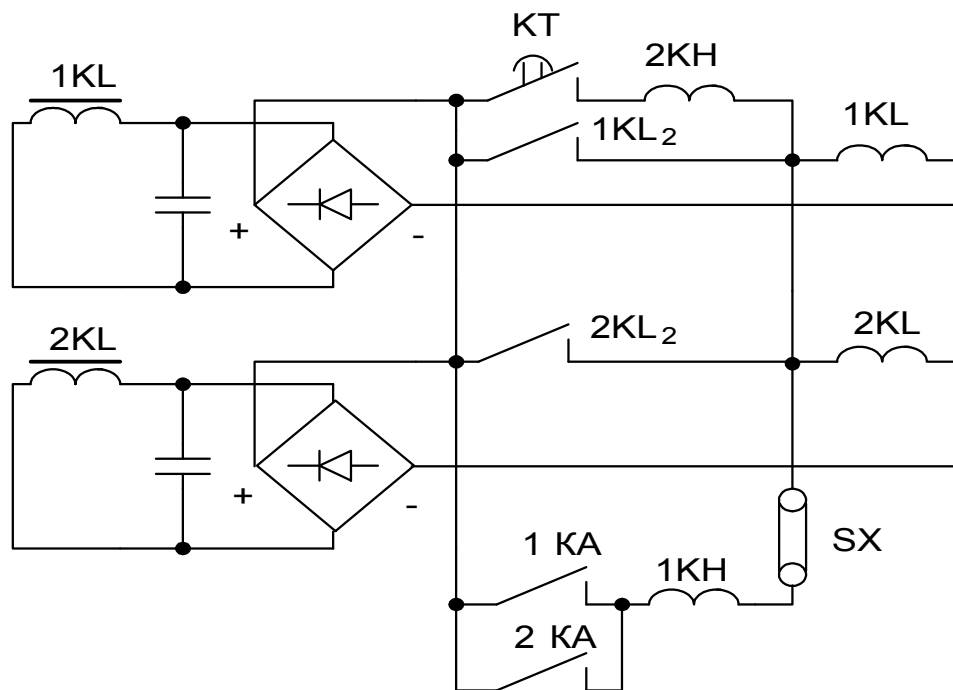
Возможна ложная работа МТЗ или ТО выполненных на переменном оперативном токе с дешунтированием электромагнитов отключения выключателя или включения короткозамыкателя. Послеаварийная проверка МТЗ (ТО) показала, что причиной ложной работы явилась неправильная полярность диодного моста одного из промежуточных реле типа РП-341(361).

Реле РП –341, включенные по схеме рис.11.3. а, срабатывают при токах во вторичной обмотке трансформатора тока, равных току срабатывания этих реле, минуя контакты пусковых реле и катушки указательных реле по цепи, показанной на рисю11.3. а. пунктирной линией.

Для исключения случаев ложного срабатывания защиты трансформатора на переменном токе с дешунтированием электромагнитов включения короткозамыкателя или электромагнитов отключения выключателей необходимо проверить полярность включения выпрямительных мостов реле типа РП-341(РП-321, РП-361). Полярность включения диодных мостов указанных промежуточных реле, используемых в защитах на переменном оперативном токе, должна соответствовать рис.11.3.б.



а)



б)

Рис.11.3.Схема включения реле РП-341, РП-361.

11.29. Влияют ли межфазные емкости на ток однофазного замыкания на землю ?

Известно, что междуфазные емкости практически не влияют на токи однофазного замыкания на землю, а при замыкании любой из фаз на землю со значением переходного сопротивления, близким к нулю, напряжение на нейтрали равно фазному. Компенсация емкостных токов замыкания на землю исключает селективную работу устройств релейной защиты, которые становятся не способны определить линию с повреждением из-за малых значений остальных токов однофазного замыкания на землю.

11.30. Какие сети считаются с малым током замыкания на землю ?

В электрических сетях 6-35 кВ России, работающих, как правило, с изолированной или компенсированной нейтралью, значения токов однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) невелики, они не превышают 20-30 А. Поэтому сети этих классов напряжения называют сетями с малым током замыкания на землю. Однако ОЗЗ представляют большую опасность для оборудования электрических сетей и для находящихся вблизи места ОЗЗ людей и животных. В связи с этим ПТЭ требуют в одних случаях быстро автоматически отключать ОЗЗ, а в других – немедленно приступить к определению присоединения с ОЗЗ и затем отключать его.

Работа сети в режиме с изолированной нейтралью допускается ПТЭ в тех случаях, когда суммарный емкостной ток не превышает 30 А для сети 6 кВ, 20 А – для сети 10 кВ, 15 А – для сети 15-20 кВ и т. д. Исключения составляют ВЛ на железобетонных и металлических опорах, где суммарный емкостной ток при ОЗЗ не должен превышать 10 А. Это объясняется тем, что при длительном прохождении тока ОЗЗ через опору возможно высыхание грунта вблизи заземления опоры и увеличение общего сопротивления заземления опоры, а также может быть причиной внутренних повреждений железобетонных опор, нарушающих ее прочность.[2].

11.31.Чему равны токи и напряжения в нормальном режиме сети с изолированной нейтралью ?

В нормальном режиме напряжения проводов А,В,С по отношению к земле равны соответствующим фазным напряжениям U_a , U_b , U_c и их сумма равна нулю, в результате чего напряжение в нейтрали отсутствует. Сумма емкостных токов, проходящих по фазам в нормальном режиме, равна нулю, и поэтому ток нулевой последовательности (3 J_0) отсутствует.[9].

11.32.Чему равны токи и напряжения при замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью ?

Напряжение неповрежденных фаз относительно земли повышаются до междуфазных значений. Междуфазные напряжения остаются неизменными. В месте повреждения проходят токи, замыкающиеся через емкости неповрежденных фаз сети. Ток замыкания равен утроенному значению нормального емкостного тока фазы. В воздушных сетях емкостной ток замыкания находится в пределах от долей до нескольких десятков ампер; в кабельных – от нескольких ампер до 200-400 А в сетях больших городов. Емкостные токи замыкания равны току нулевой последовательности совпадают по фазе и опережают вектор напряжения.[9].

11.33. Как распределяются токи на линии при замыкании на линии ?

В нормальном режиме при отсутствии замыкания на землю, под действием фазных напряжений через распределенные емкости каждой фазы токи подтекают в линию и затем к источнику питания, где складываясь под углом 120° , дают в сумме нуль при равных емкостях фазы. Ток в земле отсутствует, т.к. в каждой точке получают три одинаковых тока сдвинутых под углом 120° .

При замыкании на землю произойдет перераспределение токов, к нормальным зарядным токам добавляются токи замыкания на землю, в неповрежденных фазах токи увеличиваются за счет повышения напряжения до линейного. В поврежденной фазе на участке линии от источника питания до места повреждения ток изменяет свою величину и направление, т. к. будет уже

направлен к месту повреждения, и в этом же проводе будет проходить суммарный ток двух неповрежденных фаз. Соответственно появятся токи в земле под проводами. В разных точках линии токи отличаются по величине и направлению. Их величина также будет зависеть и от места замыкания на землю. Ток имеет максимальную величину в месте замыкания на землю, в то же время как его полная величина не зависит от места замыкания на землю, практически постоянна для данного участка сети.

Ток проходящий в земле будет равен сумме токов в проводах для каждой точки линии. В конце линии ток всегда будет равен нулю, за исключением случая, когда замыкание на землю происходит в конце линии.

Отметим только, что в линии с двухсторонним питанием емкостной ток будет оттекать от места повреждения в противоположные стороны к обоим источникам питания и через них в неповрежденные фазы. Следовательно, в неповрежденных фазах будет существовать точка токораздела, где емкостной ток будет равен нулю. Положение этой точки будет зависеть от расположения места замыкания на землю. Суммарный же емкостной ток не будет равен нулю ни в одной точке линии.

Если замыкание на землю возникло на короткой линии, то ток к месту замыкания на землю может быть соизмерим с подтекающим к шинам емкостным токам другой разветвленной линии. Если к шинам подсоединены еще линии, то их суммарный емкостной ток добавится в поврежденную линию и на ее участке от начала до места замыкания на землю ток увеличится на величину этой добавки. На эту же величину увеличится ток в месте замыкания на землю.

Активная составляющая тока замыкания на землю имеет величину порядка 2-5% значения емкостного тока. В момент включения выключателя на емкость сети через него пройдет первоначальный бросок емкостного тока замыкания на землю, достигающий пятикратной величины установившегося значения.[47].

11.34. Как определить емкостной ток ЛЭП ?

Емкостной ток практических расчетов определяется по формулам [35]:

$$\begin{aligned} \text{для воздушных сетей } I_c^{(1)} &= UL / 350 \text{ или } I_c = 2,7 UL10^{-3} \\ \text{для кабельных сетей } I_c^{(1)} &= UL / 10 \\ \text{где } U & - \text{ линейное напряжение, кВ} \\ L & - \text{ длина линии, км.} \end{aligned}$$

Если в сети имеются крупные электродвигатели напряжением 6 или 10 кВ, то следует учитывать их собственные емкостные токи. Емкостной ток электродвигателя (при внешних ОЗЗ) можно ориентировочно определить по формулам:

$$\begin{aligned} \text{При } U_{н.дв.} = 6 \text{ кВ } I_{с.дв.} &\approx 0,017 S_{н.дв.} \\ \text{При } U_{н.дв.} = 10 \text{ кВ } I_{с.дв.} &\approx 0,03 S_{н.дв.} \\ S_{н.дв.} &= P_{н.дв.} / \cos\varphi \cdot \eta \end{aligned}$$

Если емкостные токи превышают 30 А для сети 6 кВ, 20 А – для сети 10 кВ то требуется выполнить компенсацию емкостного тока с помощью дугогасящих реакторов.[2].

11.35. Как определить ток замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью ?

Емкость поврежденной фазы зашунтирована местом замыкания, и поэтому ток через нее не проходит. Значение тока в месте замыкания на землю определяется следующим выражением:

$$\begin{aligned} I_3 &= 3U_{\phi}\omega C = 3U_{\phi}2\pi fC \\ \text{где } f & - \text{ частота сети, Гц} \\ C & - \text{ емкость одной фазы сети относительно земли.} \end{aligned}$$

Емкость сети в основном определяется длиной присоединенных линий. Для расчета емкостного тока (А/км), проходящего при замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью, можно воспользоваться следующими выражениями, определяющими ток на 1 км кабельной линии :

$$\begin{aligned} \text{для линий 6 кВ } I_3 &= (95 + 2,84S)U_{ном} / (2200 + 6 S) \\ \text{для линий 10 кВ } I_3 &= (95 + 0,23S)U_{ном} / (2200 + 0,23 S) \\ \text{где } S & - \text{ сечение кабеля, мм}^2 \\ U_{ном} & - \text{ номинальное междуфазное напряжение кабеля, кВ.} \end{aligned}$$

Для воздушных линий можно принимать следующие удельные значения емкостных токов: 6 кВ – 0,015 А/км; 10 кВ – 0,025 А/км; 35 кВ – 0,1 А/км.[43].

11.36. Каковы особенности поведения МТЗ при двойных замыканиях на землю ?

В сети с изолированной нейтралью возможны одновременные замыкания на землю разноименных фаз в двух разных точках сети. В этих случаях желательно отключать не обе поврежденные ЛЭП, а только одну из них. При случайном расположении ТТ (на разных участках, на разноименных фазах) МТЗ может работать неправильно, если оба замыкания на землю возникнут на тех фазах, где ТТ нет. В этом случае МТЗ обеих поврежденных ЛЭП не подействуют, что повлечет не селективное отключение источника питания сети. При размещении ТТ на одноименных фазах А и С повреждения будут отключаться селективно (т.е. в одной точке сети), за исключением следующих случаев:

- если более удаленное от источника питания замыкание на землю окажется на фазе В, не имеющей ТТ, а второе на фазе А или С, то в этом случае подействует МТЗ и отключит ближнюю к источнику питания ЛЭП;
- если оба замыкания на землю возникают на отходящих от ПС ЛЭП, имеющих МТЗ с одинаковыми выдержками времени и на тех фазах (А и С), которые оборудованы ТТ, то двухфазные МТЗ обеих ЛЭП отключат обе точки повреждения одновременно, т.е. МТЗ обе МТЗ работают не селективно. Совершенно так же в этом случае действует МТЗ и в трехфазном исполнении;
- если одно повреждение возникает на фазе В, не имеющих ТТ, а второе на фазе А или С, имеющей его, то двухфазная МТЗ работает только на одной из двух поврежденных ЛЭП, в результате чего одно из поврежденных ЛЭП остается в работе. Трехфазная МТЗ в приведенном случае действует не селективно, отключая обе ЛЭП при любом сочетании поврежденных фаз.

Таким образом, в первом из трех приведенных случаев имеет преимущество трехфазная схема, а в третьем двухфазная, которая действует правильно в 2/3 случаев повреждений. С точки зрения ликвидации двойных замыканий на землю двухфазная схема имеет преимущество перед трехфазной, что и обеспечивает ее применение.[9].

11.37. Назовите особенности повреждений на линиях 6-10 кВ .

Проведенные расчеты показали, что в сетях 6-10 кВ в большинстве случаев ток при двойных замыканиях на землю не превышает уставку МТЗ. Результаты расчетов хорошо согласуются с данными испытаний – созданием искусственного замыкания на землю трех фаз линии с помощью металлических стержней вбитых в землю на расстоянии друг от друга от 4 до 7 м.

В процессе эксплуатации нередко фиксировались случаи обрыва проводов ЛЭП 6-10 кВ. В месте их соприкосновения с землей возникала электрическая дуга, но повреждение защитой не отключалось. Отказов защит этих присоединений при металлических КЗ не отмечалось.

Нередко ЛЭП 6-10 кВ отключаются отсечкой не при коротком замыкании, а от броска тока намагничивания силовых трансформаторов 6-10/ 0,4 кВ. Эксплуатационный персонал при этом обычно делает ошибочное заключение о КЗ на линии и принимает безуспешные меры по его обнаружению.

Отмечались случаи отключений высоковольтных ЛЭП в утренние часы летних дней без обнаружения повреждения. Приведенный анализ показал, что причиной перекрытия изоляции линий являлась пыльца от находящихся вблизи посевов растений при образовании росы. Место повреждения определялось по регистрирующим приборам. [35].

11.38. Для чего заземляющий провод воронки кабельной линии пропускается через окно трансформатора нулевой последовательности ?

Для исключения ложной работы РЗ необходимо компенсировать влияние блуждающих токов, замыкающихся по свинцовой оболочке и броне кабеля. С этой целью воронка и оболочка кабеля на участке от воронки до ТНП изолируются от земли, а заземляющий провод присоединяется к воронке кабеля и пропускается через окно ТНП. При таком исполнении ток, проходящий по броне кабеля, возвращается по заземляющему проводу, поэтому

магнитные потоки в магнитопроводе ТНП от токов в броне и проводе взаимно уничтожаются. Магнитопровод ТНП должен быть надежно изолирован от брони кабеля.[9].

11.39. От чего зависит ток однофазного КЗ на землю в сети 0,4 кВ ?

При однофазном КЗ на землю, токи КЗ зависят не только от параметров питающего трансформатора, но и от схемы соединения его обмоток. Для трансформаторов со схемой соединения обмоток треугольник-звезда с нулем, значение тока в месте однофазного КЗ за трансформатором практически равно току трехфазного КЗ в этой же точке.

Для трансформаторов со схемой соединения обмоток звезда-звезда с нулем ток в месте однофазного КЗ за трансформатором значительно меньше тока при трехфазном КЗ в этой же точке.

Существенное влияние на ток КЗ в сетях 0,4 кВ может оказать переходное сопротивление в месте повреждения; это влияние сильнее при повреждениях за сравнительно мощными трансформаторами 1,6-2,5 МВА. Значение переходного сопротивления при этом принимается порядка 0,15 мОм. При повреждениях за маломощными трансформаторами (например 160 кВА) влиянием переходного сопротивления можно пренебречь.[43].

11.40. За счет чего в сети может возникнуть несимметрия ?

Емкостные токи трех фаз на землю равны по величине и сдвинуты друг относительно друга на 120^0 и, суммируясь в нейтрали, дадут нуль. Т.е. несимметрия в сети отсутствует. Емкости фаз ВЛ представляют собой распределенную емкость провода на землю. Эта емкость зависит от диаметра провода, расстояния от провода до поверхности земли и длины провода. Чем больше диаметр и длина провода, тем больше его емкость, чем больше расстояние до поверхности земли, тем меньше емкость провода.

Емкость верхнего провода всегда будет меньше емкости нижнего провода. Если одна фаза на всех линиях является нижней, то ее емкость относительно земли будет наибольшей, и если специально не устраивать транспозиции, т.е. не менять расположения фаз на опоре, то их емкость будут не равны и, следовательно, в сети всегда будет несимметрия.

Несимметрия может резко возрасти при отключении одной или двух фаз линии. При отключении одной фазы полностью или частично напряжение отключившейся фазы увеличивается, а на двух других уменьшается. Отключение двух фаз приводит к уменьшению напряжения третьей фазы и увеличению напряжения отключившихся фаз.

Степень несимметрии КЛ практически равна нулю так как токопроводящие жилы кабелей расположены симметрично относительно заземленной оболочки кабеля и имеют одинаковые емкости на землю.

Наличие активных проводимостей на землю влияет на степень несимметрии следующим образом: чем больше активные проводимости, тем меньше степень несимметрии в эксплуатации может меняться в зависимости от состояния поверхности изоляторов линии, ее увлажнения, загрязнения, т.е. в сырую погоду напряжение несимметрии уменьшается.[47].

11.41. Какие явления вызывают замыкания на землю в виде электрической дуги ?

Ток замыкания на землю в виде электрической дуги ряд нежелательных явлений:

- благодаря термическому действию дуги разрушается изоляция, ионизируется воздух в месте горения дуги в результате чего однофазное замыкание на землю может перейти в двух и трех фазное замыкание с последующим отключением линии или участка сети. Если замыкание на землю произошло в кабеле, то его изоляция пережигается;
- наличие дуги тока замыкания на землю из-за ее прерывистого характера вызывает так называемые дуговые перенапряжения (перемежающаяся дуга), достигающие величин 3-3,6 U_{ϕ} , которые могут вызвать перекрытие или пробой ослабленной изоляции в другой точке и, следовательно отключения линии, а иногда нескольких;
- даже при отсутствии дуговых перенапряжений повышенные до минимального значений напряжения двух не поврежденных фаз так же могут вызвать перекрытие изоляторов.[47].

11.42 Какие устройства релейной защиты применяются для защиты и сигнализации однофазных замыканий на землю ?

Для токовых защит, реагирующих на действующее значение полного тока нулевой последовательности промышленной частоты применяются электромеханические аналоговые реле типа РТ-40; электронные реле тока типа РТЗ-50; полупроводниковые аналоговые реле типа РТЗ-51; современные цифровые реле (терминалов) серии SPACOM; направленные токовые защиты ЗЗП-1, БМРЗ, ЗЗН; импульсные направленные защиты типа УСЗ-01, ИЗС-М.

Для выполнения централизованной сигнализации ОЗЗ применяются устройства типа УСЗ-3М и УСЗ-3. Устройство УСЗ-3 отличается от УСЗ-3М отсутствием согласующего трансформатора и предназначено для использования с токоизмерительными клещами типа КЭ-44.

Устройства ЗЗП-1М, ЗЗН и УСЗ-01 имеют общий недостаток, ограничивающий их применение для защиты ВЛ 6 и 10 кВ: для включения ЗЗН требуется кабельный ввод (вставка), а для УСЗ-01 – три ТТ или тот же кабельный ввод воздушной линии, что в общем случае не требуется и часто не выполняется на ПС, питающих ВЛ.

В многофункциональных цифровых защитах линий 6-10 кВ серий SPACOM (АББ), SEPAM (Шнайдер-электрик), SIPROTEC (Сименс) и других фирм предусматриваются 2-х ступенчатые защиты от ОЗЗ, реагирующие на ток и напряжение нулевой последовательности промышленной частоты, поскольку наиболее распространенным режимом нейтрали в зарубежных сетях среднего напряжения является режим резисторного заземления нейтрали. [2].

11.43. В чем заключаются отличия КЗ в сети 0,4 кВ от КЗ в сети свыше 1 кВ ?

Для сетей 0,4 кВ (в отличие от сетей более высоких напряжений) характерны большое влияние активных сопротивлений и сопротивления дуги на значения токов КЗ, резкое снижение тока КЗ по мере удаления от шин 0,4 кВ питающей подстанции, а так же сравнительно низкая надежность основных защитных аппаратов.[7].

11.44. Какие основные факторы влияют на надежность работы электрической сети при однофазном КЗ на землю ?

Основными факторами, влияющими на надежность работы электрической сети при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ), являются значение тока в месте повреждения, возможность возникновения феррорезонансных и резонансных процессов, перенапряжения на неповрежденных фазах и нейтрали сети при неустойчивых дуговых замыканиях.

При ограниченных значениях ток ОЗЗ непосредственной опасности для элементов электрической сети не представляет. Феррорезонансные процессы, приводящие к повреждениям обмоток ТН, переходящим в КЗ на шинах, практически могут возникать только в сетях с изолированной нейтралью и только при определенных соотношениях между емкостью фаз и нелинейной индуктивностью ТН. Применение специальных антирезонансных ТН типа НАМИ в сетях 6-10 кВ полностью исключают возможность возникновения феррорезонансных процессов при любых емкостях фаз сети на землю. В таких условиях главными причинами аварий, возникающих вследствие ОЗЗ, являются в большинстве случаев переходы последних в двойные и многоместные замыкания из-за перенапряжений на неповрежденных фазах в переходных режимах замыкания на землю. Поэтому и вопрос о режимах заземления нейтрали электрических сетей среднего напряжения исторически возник в связи с перенапряжениями при неустойчивых дуговых ОЗЗ.

Максимальные значения перенапряжений зависят от условий протекания электромагнитных переходных процессов при замыкании на землю, т.е. связаны с разновидностями ОЗЗ. При первом пробое изоляции в момент наличия на поврежденной фазе максимального напряжения в сети с любым режимом заземления нейтрали перенапряжения на неповрежденных фазах не превышают значения $2,5 U_{ф \max}$. При дуговых прерывистых ОЗЗ повторные зажигания дуги происходит через большие интервалы времени (более 0,1 с), когда напряжение на поврежденной фазе приближается к $U_{ном}$. Поэтому перенапряжения на неповрежденных фазах при повторных пробоях лишь незначительно отличаются от значения $2,5 U_{ф \max}$.

Наиболее опасными для сети являются дуговые перемежающиеся замыкания, при которых перенапряжения на неповрежденных фазах в пределе могут достигать $(3,5-3,6) U_{ф \max}$. Хотя перенапряжения при дуговых перемежающихся ОЗЗ и не столь велики, но так как эти перенапряжения охватывают всю электрически связанную сеть не зависимо от места

замыкания на землю, весьма вероятны вторичные пробой в элементах с ослабленной изоляцией (чаще всего в электродвигателях) и переход замыкания на землю в двойные или многоместные повреждения, отключаемые релейной защитой от междуфазных КЗ. Кроме того, при дуговых перемежающихся ОЗЗ действующее значение тока в месте повреждения может увеличиваться в несколько раз за счет влияния свободных составляющих переходного тока.

Таким образом, при ограниченных значениях тока ОЗЗ в месте повреждения и обеспечения устойчивости электрической сети к феррорезонансам повышение надежности ее работы с замкнувшейся на землю фазой связано прежде всего с ограничением максимальных перенапряжений при дуговых ОЗЗ, уменьшением вероятности или полным исключением возможности их возникновения.[64].

11.45. В чем заключаются достоинства и недостатки режима сети с изолированной нейтралью ?

Достоинства:

- возможность работы сети с ОЗЗ в течение ограниченного времени до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента;
- не требуются дополнительная аппаратура и затраты на заземление нейтрали;
- возможность самогашения дуги и самоликвидации части ОЗЗ ;
- безопасность длительного воздействия перенапряжений, возникающих в переходных режимах ОЗЗ, для элементов с нормальной изоляцией;
- простое (в большинстве случаев) решение проблемы защиты и селективной сигнализации устойчивых ОЗЗ.

Недостатки:

- высокая вероятность возникновения наиболее опасных дуговых перемежающихся ОЗЗ;
- высокая вероятность вторичных пробоев изоляции и перехода ОЗЗ в двойные и многоместные замыкания за счет перенапряжений до $3,5 U_{\phi \max}$ при дуговых замыканиях;
- значительное (в несколько раз) увеличение действующего значения тока в месте повреждения при дуговых перемежающихся ОЗЗ за счет свободных составляющих переходного процесса;
- возможность существенных повреждений электрических машин током в месте повреждения, прежде всего, при дуговых перемежающихся ОЗЗ;
- возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети и повреждений ТН;
- высокая степень опасности для человека и животных, находящихся вблизи места ОЗЗ;
- ограничения по величине I_c суммарного на развитие сети;
- высокая степень помех по ЛЭП при дуговых ОЗЗ.[64].

11.46. В чем заключаются достоинства и недостатки сети с резонансным заземлением нейтрали ?

Достоинства резонансного заземления нейтрали через дугогасящий реактор (ДГР) :

- Возможность работы сети с ОЗЗ до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента;
- Уменьшение тока в месте повреждения (при резонансной настройке ДГР остаточный ток содержит только активную составляющую и высшие гармоники);
- Значительное снижение скорости восстановления напряжения на поврежденной фазе после обрыва дуги тока ОЗЗ;
- Высокая вероятность (с учетом пп.2 и 3) самогашения дуги и самоликвидации большей части ОЗЗ (при ограниченных значениях остаточного тока в месте повреждения);
- Практически исключается возможность возникновения дуговых перемежающихся ОЗЗ;
- Уменьшение кратности перенапряжений на неповрежденных фазах по сравнению с изолированной нейтралью (до значения $2,5 U_{\phi \text{ ном}}$) при первом пробое изоляции или дуговых прерывистых ОЗЗ;
- Безопасность длительного воздействия перенапряжений в установившемся и переходном режимах ОЗЗ для элементов с нормальной изоляцией;
- Исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети;
- Уменьшение влияния дуговых ОЗЗ на линии связи.

Недостатки:

- дополнительные затраты на заземление нейтрали через ДГР и устройства для автоматического управления настройкой компенсации;
- трудности с решением проблемы защиты и селективной сигнализации ОЗЗ;
- возможность возникновения прерывистых дуговых ОЗЗ, сопровождающихся перенапряжениями на неповрежденных фазах до $2,5 U_{ф \max}$;
- увеличение вероятности возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ и максимальных перенапряжений на неповрежденных фазах до $(2,6-3) U_{ф \max}$ при расстройках компенсации;
- возможность (с учетом пп.3 и 4) вторичных пробоев в точках сети с ослабленной изоляцией;
- невозможность скомпенсировать (без использования специальных устройств) в месте повреждения активную составляющую и высшие гармоники;
- увеличение (с учетом п.6) остаточного тока в месте повреждения с ростом суммарного емкостного тока сети;
- ограничения (с учетом п.7) на развитие сети.[64].

11.47. В чем заключаются достоинства и недостатки высокоомного заземления нейтрали через резистор?

Достоинства:

- возможность работы сети с ОЗЗ до принятия мер по безаварийному отключению поврежденного элемента (при ограниченных значениях тока замыкания в месте повреждения);
- возможность самогашения дуги и самоликвидации части ОЗЗ (при ограниченных значениях тока ОЗЗ в месте повреждения);
- практически исключается возможность возникновения дуговых перемежающихся ОЗЗ;
- уменьшение кратности перенапряжений на неповрежденных фазах по сравнению с изолированной нейтралью (до значений $2,5 U_{ф \text{ ном}}$) при первом пробое или дуговых прерывистых ОЗЗ;
- безопасность длительного воздействия перенапряжений в переходных режимах ОЗЗ для элементов с нормальной изоляции;
- практически исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети;
- простое решение проблемы защиты и сигнализации устойчивых ОЗЗ.

Недостатки:

- дополнительные затраты на заземление нейтрали сети через резистор;
- увеличение тока в месте повреждения;
- возможность возникновения прерывистых дуговых ОЗЗ, сопровождающихся перенапряжениями на неповрежденных фазах до $2,5 U_{ф \text{ ном}}$;
- возможность (с учетом п.3) вторичных пробоев в точках сети с ослабленной изоляцией;
- ограничения на развитие сети по величине суммарного емкостного тока;
- утяжеление условий гашения дуги в месте повреждения по сравнению с сетями, работающими с изолированной или с компенсацией емкостного тока ОЗЗ;
- большая мощность заземляющего резистора (десятки кВт) и проблемы с обеспечением его термической устойчивости при устойчивых ОЗЗ.[64].

11.48. В чем заключаются достоинства и недостатки низкоомного заземления нейтрали через резистор?

Достоинства:

- практически исключается возможность дальнейшего развития повреждения, например, перехода ОЗЗ в двойное замыкание на землю или междуфазное КЗ (при быстром отключении поврежденного элемента);
- простое решение проблемы защиты от ОЗЗ;
- полностью исключается возможность возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ (при достаточном для их подавления значении накладываемого активного тока);
- уменьшается длительность воздействия на изоляцию элементов сети перенапряжений на неповрежденных фазах в переходных режимах ОЗЗ;
- исключается возможность возникновения феррорезонансных процессов в сети;

- уменьшается вероятность поражения людей или животных током ОЗЗ в месте повреждения.

Недостатки:

- дополнительные затраты на заземление нейтрали через резистор;
- невозможность работы сети с ОЗЗ;
- увеличение числа отключений оборудования и линий из-за переходов кратковременных самоустраняющихся (при других режимах заземления нейтрали) пробоев изоляции в полные (завершенные) пробои;
- возможность увеличения в некоторых случаях объема повреждения оборудования (из-за увеличения тока ОЗЗ);
- возможность возникновения дуговых прерывистых ОЗЗ при недостаточно больших значениях накладываемого активного тока;
- возможность вторичных пробоев в точках с ослабленной изоляцией за счет перенапряжений на неповрежденных фазах (при первом пробое изоляции до $2,5 U_{\phi \text{ ном}}$) до отключения защитой поврежденного элемента;
- увеличение числа отключений выключателей элементов сети.[64].

11.49. Какие электрические величины используются для действия защит от замыканий на землю ?

Защиты от ОЗЗ выполняются реагирующими на токи и напряжения нулевой последовательности (НП). Целесообразность использования составляющих НП для действия защит от ОЗЗ определяется тем, что в симметричной системе они отсутствуют в рабочих режимах и при междуфазных КЗ и появляются только при замыканиях фаз на землю. Такое выполнение защит от ОЗЗ обеспечивает значительное повышение их чувствительности.

Появление напряжения $3U_0$ и изменения фазных напряжений по отношению к земле используется для выполнения общей (не селективной) сигнализации ОЗЗ и контроля изоляции фаз сети по отношению к земле или общей не селективной защиты от ОЗЗ (с действием на сигнал).[64].

11.50. Что называется смещением нейтрали ?

Если пренебречь падением напряжения в продольных сопротивлениях ЛЭП и источника питания от токов нагрузки и емкостных токов, то напряжения во всех точках сети по отношению к нейтрали N можно считать одинаковыми и равными фазным ЭДС источника питания. Напряжение на нейтрали по отношению к земле - есть смещение нейтрали сети. В симметричной трехфазной сети смещение нейтрали равно нулю. При металлическом замыкании на землю какой либо фазы, например, фазы A , напряжение на нейтрали становится равным по величине и противоположным по фазе напряжению поврежденной фазы по отношению к нейтрали. Напряжение на неповрежденных фазах B и C по отношению к земле повышаются до междуфазных, т.е. в $\sqrt{3}$ раз. Напряжение $3U_0 = 3U_N$ в установившемся режиме ОЗЗ практически одинаково в любой точке электрически связанной сети и не зависит от положения места повреждения в сети (за исключением повреждений в обмотках электрических машин и трансформаторов).[64].

11.51. Каковы требования к предохранителям установленным в защищаемой цепи последовательно с магнитным пускателем ?

Если последовательно с предохранителем установлен магнитный пускатель, или контактор, то при максимальных токах КЗ время перегорания плавкой вставки не должно превышать 0,15-0,2 сек. Это необходимо для того, чтобы при КЗ предохранитель смог отключить поврежденный участок раньше, чем отпадет магнитный пускатель или контактор. В противном случае ток КЗ будет размыкаться контактами магнитного пускателя или контактора, а на это они не рассчитаны.

11.52. Какие требования действующих правил предъявляются к РЗА распределительных сетей среднего напряжения 3 – 10 кВ ?

Наряду с традиционными общими требованиями к РЗ (селективность, быстродействие, чувствительность и надежность) в ПУЭ указаны типы и принципы выполнения РЗ конкретно для воздушных и кабельных сетей 3 – 10 кВ. Для ЛЭП в этих сетях должны быть предусмотрены устройства РЗ от многофазных (междуфазных) КЗ и от однофазных замыканий на землю. На одиночных ЛЭП с односторонним питанием должны выполняться простые максимальные токовые защиты (МТЗ), двух- или трехступенчатые. На параллельно работающих ЛЭП или на ЛЭП с двухсторонним питанием выполняются направленные МТЗ от междуфазных КЗ, а при необходимости – дистанционные РЗ в простейшем исполнении.

Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) должна выполняться селективной (избирательной), указывающей номер поврежденной ЛЭП, но допускается устанавливать неселективную РЗ, сигнализирующую о замыкании на землю в данной электрически связанной сети. В последнем случае отыскание поврежденной ЛЭП производится поочередным отключением и включением присоединений. [69].

11.53. Какой тип трансформаторов тока применяется в схемах защиты от однофазных КЗ на землю в сети с изолированной нейтралью ?

Измерительный орган защиты от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) реле тока подключается к фильтру тока нулевой последовательности (ФТНП), который выполняется с помощью трехтрансформаторной схемы (в каждой фазе устанавливается ТТ с схемой соединения в полную звезду с нулем) или с кабельным ТТ нулевой последовательности.

Недостатком трехтрансформаторного ФТНП является большой ток небаланса в режимах без ОЗЗ (рабочих, пуска и самозапуска электродвигателей, внешних междуфазных КЗ ит.д.), обусловленный неидентичностью характеристик намагничивания фазных ТТ, что не всегда позволяет получить необходимые для обеспечения требуемой чувствительности токовой защиты от ОЗЗ малые значения первичного тока срабатывания. Поэтому трансформаторный ФТНП для защиты от ОЗЗ практически может применяться только в сетях 6-10 кВ, работающих с низкоомным заземлением нейтрали.

Второй способ получения тока НП основан на применении специального трехфазного трансформатора тока НП (ТТНП), представляющего собой замкнутый магнитопровод с намотанной на него вторичной обмоткой. Первичной обмоткой ТТНП являются три фазы одного или нескольких кабелей, проходящих через окно магнитопровода. В защитах от ОЗЗ в основном применяются однокабельные ТТНП типов ТЗ, ТЗЛ, ТЗЛМ, ТЗР, ТЗРЛ. На ВЛ 6-10 кВ для установки ТТНП предусматривается кабельная вставка.

Если защищаемая ЛЭП выполнена из нескольких параллельных ниток кабеля, на каждой из них устанавливается однокабельный ТТНП, вторичные обмотки которых соединяются параллельно, последовательно или по смешанной (параллельно-последовательной) схемам.

Особенностью однокабельного ТТНП является небольшое значение тока небаланса в режимах без ОЗЗ. Основной причиной возникновения тока небаланса в однокабельном ТТНП является различие взаимной индукции между фазными проводами, расположенными выше кабельной воронки, и вторичной обмоткой ТТНП.

11.54. Как согласовываются характеристики предохранителей в сети 6-10 кВ ?

Сопоставление характеристик предохранителей между собой может быть осуществлено путем сопоставления площадей сечения плавких вставок с учетом материала, из которого они изготовлены, и типа предохранителя, в котором они установлены. Зная тип предохранителя, материал и площадь сечения плавких вставок предохранителей, между которыми согласуются характеристики, определяют отношение C этих площадей по формуле

$$C = S_1/S_2$$

где – S_1 – площадь предохранителя, расположенного ближе к источнику питания;

S_2 – площадь предохранителя, расположенного ближе к нагрузке (защищаемому объекту)

Значение C , полученное из приведенного уравнения, сравнивают с данными табл.11.1. и если величина C равна или больше величины, приведенной в таблице 11.1. то селективность действия между согласуемыми предохранителями обеспечивается. Если необходимо обеспечить селективность действия предохранителей, установленных на высшей и низшей сторонах

силового трансформатора, пользуются этим же методом, но предварительно площадь сечения предохранителя ВН приводят к площади сечения предохранителя НН, используя формулу

$$C = (S1/S2) K_{тр},$$

где $K_{тр}$ – коэффициент трансформации защищаемого силового трансформатора.

Табл.11.1. отношение площадей сечения плавких вставок предохранителей, обеспечивающее селективность их действия ($C = S1/S2$)

Материал плавкой вставки предохранителя, расположенного ближе к источнику питания (тип предохранителя безразличен)	Материал плавкой вставки предохранителя, расположенного ближе к нагрузке (защищаемому объекту)					
	Медь	Цинк	Свинец	Медь	Цинк	Свинец
	Предохранитель закрытого типа с наполнителем			Предохранитель закрытого типа без наполнителя или открытого типа		
Медь	1,55	0,55	0,2	1,15	0,4	0,15
Цинк	4,21	1,65	0,6	3,5	1,2	0,44
Свинец	12,42	4,51	1,65	9,5	3,3	1,2

11.55. Как определить время срабатывания автоматических выключателей и предохранителей приотсутствии их индивидуальных времятоковых характеристик?

Определение фактического времени отключения коммутационных аппаратов без индивидуальных времятоковых характеристик невозможно.

При отсутствии времятоковой характеристики аппарата для гарантированного срабатывания за время, не превышающее значения, нормированные п.1.7.79. ПУЭ, необходимо, чтобы расчетный ток однофазного короткого замыкания в защищаемой цепи превышал значение верхней границы диапазона тока мгновенного срабатывания, которое указывается в маркировке (паспортной табличке) аппарата.

Для серийн выпускаемых автоматических выключателей в маркировке указывается номинальный ток выключателя и тип мгновенного расцепителя. Для выключателей, соответствующих, например, ГОСТ Р 50345-99 (МЭК 60898-95) «Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверх токов бытового и аналогичного назначения», в зависимости от типа мгновенного расцепителя предусмотрены следующие диапазоны токов срабатывания:

тип В – при токах более $3 I_{п}$ до $5 I_{п}$;

тип С – при токах более $5 I_{п}$ до $10 I_{п}$;

тип D – при токах более $10 I_{п}$ до $50 I_{п}$.

Если расчетный ток короткого замыкания находится на. нижней границе диапазона токов срабатывания, время отключения таких выключателей в зависимости от типа расцепления может составлять от 4 с до 90 с.[Новости электротехники №6(36) 2005]

11.55. Пояснить защиту электрических сетей от перегрузок и коротких замыканий с помощью предохранителей.

Предохранители предназначены для защиты электрических сетей от перегрузок и коротких замыканий. Наибольшее распространение получили плавкие предохранители. Они дешевы и просты по устройству.

Плавкий предохранитель состоит из двух основных частей: корпуса (патрона) из электроизоляционного материала и плавкой вставки. Концы плавкой вставки соединены с клеммами, с помощью которых предохранитель включается в линию последовательно с защищаемым потребителем или участком цепи. Плавкая вставка выбирается с таким расчетом, чтобы она плавилась раньше, чем температура проводов линии достигнет опасного уровня или перегруженный потребитель выйдет из строя.

По конструктивным особенностям различают пластинчатые, патронные, трубчатые и пробочные предохранители. Сила тока, на который рассчитана плавкая вставка, указывается на ее корпусе. Оговаривается также максимально допустимое напряжение, при котором может использоваться предохранитель.

Основной характеристикой плавкой вставки является зависимость времени ее перегорания от тока (рис.1). Эта кривая снимается экспериментально: берется партия одинаковых предохранителей, которые последовательно пережигаются при разных токах. Замеряются время, по истечении которого вставка перегорает, и ток, проходящий через вставку. Каждому току соответствует определенное время перегорания вставки. По этим данным и строится временная характеристика.

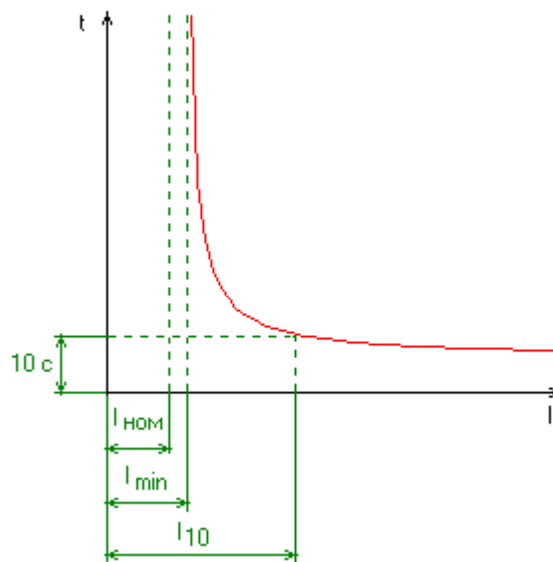


Рис. 1.

На этой кривой особо выделяются следующие токи, которые используются для выбора плавких вставок:

I_{min} - наименьший из токов, расплавляющих вставку (при этом токе вставка еще плавится, но в течение неопределенно продолжительного времени (1-2 ч); при меньших токах вставка уже не расплавляется);

I_{10} - ток, при котором плавление вставки и отключение сети происходит через 10 с после установления тока;

$I_{ном}$ - номинальный ток вставки, т.е. ток, при котором вставка длительно работает, не нагреваясь выше допустимой температуры.

Токи связаны простым соотношением $I_{ном} = I_{10} / 2.5$.

При графическом изображении зависимости времени перегорания вставки от тока по оси абсцисс иногда откладывают не абсолютное значение тока, а отношение тока к его номинальному значению.

Таблица 1 позволяет определить требуемый диаметр плавкой вставки в зависимости от номинального тока. Минимальный ток определяют из приближенного соотношения:

$I_{min} = (1.3 \dots 1.5) I_{ном}$.

Таблица 1

Ток, А	Диаметр провода, мм			
	Медь	Алюминий	Сталь	Олово
1	0.039	0.066	0.132	0.183
2	0.069	0.104	0.189	0.285
3	0.107	0.137	0.245	0.380

5	0.180	0.193	0.346	0.53
7	0.203	0.250	0.45	0.66
10	0.250	0.305	0.55	0.85
15	0.32	0.400	0.72	1.02
20	0.39	0.485	0.87	1.33
25	0.46	0.56	1.0	1.56
30	0.52	0.64	1.15	1.77
35	0.58	0.70	1.26	1.95
40	0.63	0.77	1.38	2.14
45	0.68	0.83	1.5	2.3
50	0.73	0.89	1.6	2.45
60	0.82	1.00	1.8	2.8
70	0.91	1.10	2.0	3.1
80	1.0	1.22	2.2	3.4
90	1.08	1.32	2.38	3.65
100	1.15	1.42	2.55	3.9
120	1.31	1.60	2.85	4.45
160	1.57	1.94	3.2	4.9
180	1.72	2.10	3.7	5.8
200	1.84	2.25	4.05	6.2
225	1.99	2.45	4.4	6.75
250	2.14	2.60	4.7	7.25
275	2.2	2.80	5.0	7.7
300	2.4	2.95	5.3	8.2

12. УПРАВЛЕНИЕ И АВТОМАТИКА ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ СВЫШЕ 1 кВ.

12.1. Назвать назначение и область применения устройства автоматического повторного включения.

При ликвидации аварии оперативный персонал производит обычное опробование линии путем включения ее под напряжение, так как отыскание места повреждения на ЛЭП путем ее обхода требует длительного времени, а многие повреждения носят неустойчивый характер. Эту операцию называют повторным включением.

Если КЗ самоустранилось, то линия, на которой произошло неустойчивое повреждение, при повторном включении остается в работе. Поэтому повторные включения при неустойчивых повреждениях принято называть *успешным*. Повторные включения при устойчивых повреждениях называют *неуспешными*.

Для ускорения повторного включения линий и уменьшения времени перерыва электроснабжения потребителей широко используются специальные устройства автоматического повторного включения (АПВ). Время действия АПВ обычно не превышает нескольких секунд, поэтому устройства АПВ при успешном включении быстро подают напряжение потребителям. Согласно ПУЭ применение АПВ обязательно на всех воздушных и смешанных (кабельно-воздушных) линиях напряжением выше 1 кВ.

АПВ на трансформаторах выполняется так, чтобы их действие происходило только при отключении трансформатора резервной защитой, поскольку процент неустойчивых повреждений трансформаторов ничтожно мал. Резервные защиты трансформаторов действуют на их отключение в большинстве своем при отказах устройств защиты или выключателей, питающихся от этих трансформаторов линий. При действии же защит от внутренних повреждений АПВ трансформаторов, как правило, не производится.

АПВ весьма эффективно при ложных и неселективных действиях релейной защиты, при ошибочных действиях персонала, при нарушениях изоляции оперативных цепей, вызывающих «самопроизвольное» (без воздействия персонала, защиты и автоматики) отключение выключателей. Применение АПВ позволяет в ряде случаев применить упрощенные схемы РЗ и ускорить отключение КЗ.[38].

На какие виды классифицируется АПВ ?

Классификация видов АПВ может выполнена по следующим признакам.

1. По числу циклов (кратности действия) включения. АПВ однократного действия и АПВ двукратного действия. Двукратное АПВ обычно применяется на тупиковых линиях. Трехкратные АПВ не получили применения, поскольку успешность третьего повторного включения составляют 1,5-3%.
2. По способу воздействия на привод выключателя. Различают механические устройства АПВ, встроенные в пружинный или грузовой привод выключателя, и электрические устройства АПВ, осуществляющие воздействие на электромагнит включения выключателя с выдержкой времени.
3. По виду оборудования, на котором устанавливается АПВ. АПВ линий, АПВ шин, АПВ трансформаторов, АПВ электродвигателей.
4. По числу фаз выключателей, на которые воздействуют защита и АПВ. По числу фаз различают: трехфазные, однофазные. Включающие одну фазу выключателя; отключенную РЗ при однофазном КЗ; комбинированные, осуществляющие при междуфазных повреждениях включение трех фаз или включение одной фазы при однофазном КЗ.
5. По способу контроля в цепях пуска АПВ.
Простое (ТАПВ) – без проверки синхронизма и контроля напряжения (тока), когда нарушение синхронизма исключено.
Несинхронное (НАПВ) – без проверки синхронизма в условиях, когда расчетом подтверждена допустимость несинхронных включений,
Быстродействующее (БАПВ) – без проверки синхронизма при наличии быстродействующих выключателей и быстродействующей РЗ, в условиях когда разделившиеся части энергосистемы не успевают перейти на несинхронную работу.
АПВНН – с проверкой наличия напряжения на включаемом под нагрузку оборудовании, например линии.
АПВОН – с проверкой отсутствия напряжения на линии. Применяется, в частности, в распределительных сетях на линиях с выделенной нагрузкой.
АПВОС – с ожиданием синхронизма.
АПВУС – с улавливанием синхронизма.
АПВС – в сочетании с самосинхронизацией генераторов и синхронных компенсаторов
6. По способу сочетания АПВ с устройствами РЗ и различных видов автоматики. Сюда относятся: ускорение действия РЗ при АПВ; поочередное действие АПВ, установленных на разных, последовательно включенных линиях; АПВ после действия АЧР; использование неселективной отсечки в сочетании с АПВ для снижения токов КЗ; сочетание АПВ с устройством включения резерва (АВР) и др.
7. По виду оперативного тока. На постоянном или переменном оперативном токе.[38].

В чем заключается отличие АПВ с ожиданием синхронизма и АПВ с улавливанием синхронизма ?

Устройство АПВ с ожиданием синхронизма (АПВОС) предназначаются для осуществления АПВ линий, имеющих несколько достаточно мощных шунтирующих связей. Они обеспечивают АПВ отключившихся линий лишь при сохранении в работе этих связей, т.е. при условиях, когда возможно сохранение синхронности работы источников питания. Имеющиеся в них органы контроля запрещают АПВ при нарушении синхронизма, неизбежных при отключении шунтирующих связей. Обеспечиваемое этими устройствами ожидание синхронизма позволяет осуществлять АПВ после затухания качаний, возможных вследствие резкого возмущения в системе, вызываемого КЗ и отключением линии.

АПВ с улавливанием синхронизма (АПВУС) предназначается для осуществления АПВ линий, при отключении которых происходит нарушение синхронной работы частей системы из-за отсутствия шунтирующих связей или малой пропускной способности последних. Содержащиеся в них органы контроля разрешают подачу импульса на включение лишь в определенном диапазоне разности частот с опережением момента совпадения фаз. Благодаря такому выполнению схемы АПВУС импульс на включение подается в условиях не только значительной, но и не уменьшающейся разности частот, обеспечивая, таким образом, АПВ при нарушенном

синхронизме, лишь «улавливая» наиболее благоприятный момент для замыкания транзита.[38].

В чем заключаются особенности обслуживания устройств АПВ ?

АПВ на линии, находящейся в работе, нормально должно быть включено. На линии с двухсторонним питанием АПВ должно быть включено с обеих сторон. Отключение АПВ во всех случаях, кроме случаев явной неисправности, производится только с разрешения диспетчера энергосистемы.

При включении заземляющего разъединителя у конденсатора связи на линиях 110 и 220 кВ, оборудованных АПВ с контролем отсутствия напряжения или с контролем синхронизма напряжения, предварительно должно быть отключено (или переведено в другой режим) АПВ данной линии.

После включения линии АПВ должно быть включено. В этих случаях, когда после включения линии производится проверка быстродействующей защиты током нагрузки на условно включенной линии, включать АПВ следует только после того, как проверка закончена и быстродействующая защита введена в работу.

Если линия без ответвлений включена с одного конца и находится только под напряжением, АПВ линии должно быть отключено. При одностороннем питании линии с ответвлениями АПВ должно быть включено.

При успешном действии АПВ на параллельных линиях, имеющих балансовую или поперечную дифференциальную защиту, дежурный обязан немедленно проверить распределение нагрузок по этим линиям. Если нагрузки на линии нет, то необходимо немедленно сообщить диспетчеру, что линия находится под напряжением и во избежание отключения нагруженной линии от балансовой или поперечной дифференциальной защиты при сквозных КЗ, требуется включить выключатель ненагруженной линии с противоположного конца. В случае задержки включения выключателя с противоположного конца, необходимо по указанию диспетчера вывести из работы указанные защиты с обеих сторон параллельных линий.

После неуспешного действия АПВ дежурный обязан убедиться в том что, АПВ работало, но выключатель отключился и перевести ключ управления выключателем в положение «Отключено», т.е. сквитировать ключ управления.

Дежурный персонал обязан о всех случаях работы или отказа АПВ, а также о замеченных неисправностях сообщить диспетчеру и в службу РЗА.

Для АПВ шин от выключателя трансформатора, на последнем устанавливается отдельный комплект АПВ. Для АПВ шин от линии используется АПВ линии в соответствующем режиме работы.[38]

12.5.Для чего используется блок-контакт БКА в механизме пружинных приводов ?

В механизме привода предусмотрен специальный блок-контакт БКА, позволяющий фиксировать аварийное отключение выключателя. Контакт БКА замыкается при любом включении выключателя, а размыкается только при его отключении вручную или от электромагнитного отключения дистанционно. [38].

12.6. Чем достигается однократность АПВ в пружинных приводах ?

Однократность АПВ в пружинных приводах (ППМ, ПП-61, ПП-67) обеспечивается тем, что после АПВ подготовка привода к новому выключателю производится лишь в том случае, если после включения выключатель остается включенным в течение времени, достаточного для натяжения пружин. Это время может быть в пределах 6-20 секунд, в зависимости от количества и натяжения пружин. Время действия защит всегда меньше. Однократность получается за счет включения замыкающего контакта выключателя в цепь электродвигателя механизма натяжения пружин. Это же обстоятельство исключает АПВ при оперативном включении выключателя на короткое замыкание.[38].

12.7.Чем достигается однократность АПВ с применением реле типа РПВ ?

Однократность действия АПВ обеспечивается благодаря тому, что конденсатор, разрядившись на обмотку реле KL1 (реле РПВ-58) может снова зарядиться лишь через 15-20 секунд, после включения выключателя и отпадания реле положения «Отключено». [38].

12.8. Как правильно проверяется ток удержания промежуточного реле в комплекте РПВ-58 ?

Ток срабатывания и удержания токовых обмоток реле должен быть не более $0,8 I_{ном}$ включенных последовательно с ними электромагнитов или контактора. Если это условие не выполняется, то проверяется действительный ток удержания. Для этого при отпущенном положении якоря реле KL1 в удерживающей обмотке ступенями устанавливается ток, равный 0,65; 0,7; 0,75 номинального тока последовательно включенных электромагнитов и контакторов. При каждом значении тока проверяется, удерживается ли реле, переведенное от руки в положение после срабатывания.

Нельзя определять ток удерживания плавно, уменьшая его в обмотке работавшего реле: так будет определен ток возврата, а не удерживания. [38].

12.9. Следует ли учитывать полярность параллельных и последовательных обмоток промежуточного реле в комплекте типа РПВ-58 и как их проверить ?

При проверке реле KL1 необходимо обращать внимание на правильное взаимное включение обмоток напряжения и тока по их полярности. Если возникает сомнение в правильности включения обмоток по полярности, то проверка ведется следующим образом: на одну из обмоток подаются близкие к номинальным ток или напряжение, у другой определяется ток или напряжение срабатывания. При правильном включении они будут меньше, чем ток или напряжение срабатывания при питании только одной обмотки. Далее вольтметром постоянного тока с обозначенными выводами определяются однополярные выводы обмоток и производится их разметка. Проверяется правильность включения обмоток проверкой схемы или вольтметром в полностью восстановленной схеме. [38].

12.10. Как определить исправность конденсатора в комплекте РПВ-58 и время его заряда ?

Исправность конденсатора проверяется путем заряда его мегаомметром на напряжение 1000 В и последующим разрядом через небольшое сопротивление (150-200 Ом). Наличие интенсивной искры при этом указывает на исправность конденсатора.

Для проверки времени заряда конденсатора на комплект РПВ-58 подается напряжение оперативного тока таким образом, чтобы оно было приложено на последовательно включенные конденсатор С и зарядный резистор R2. Через 30-40 с напряжение с цепочки С-R2 снимается, и замыканием вручную контакта реле времени КТ1 создается контур для разряда конденсатора через обмотку напряжения промежуточного реле KL1. При этом реле KL1 должно кратковременно сработать. Постоянно снижая время заряда конденсатора, находят такое время, которого недостаточно для заряда конденсатора, обеспечивающего срабатывание реле KL1. Это время и будет минимальным необходимым временем заряда конденсатора. Заводской норматив на время заряда конденсатора в пределах 15-20 с. Если время заряда значительно больше 20 с, то это свидетельствует о неисправности, либо о несоответствии номинальному значению (больше нормы) сопротивления зарядного резистора R2. Если время заряда значительно меньше 15 с, значит сопротивление зарядного резистора мало. И в первом и во втором случаях резистор подлежит замене на новый, с сопротивлением, соответствующим заводским данным. [38].

12.11. По какому принципу работает трансформатор отбора напряжения в шкафу отбора напряжения ?

Шкаф отбора напряжения типа ШОН предназначен для питания электрических цепей измерения, автоматики, защиты и телемеханики. Подключается к конденсатору связи на электрических подстанциях переменного тока с номинальной частотой 50 Гц и номинальным напряжением 110-220 кВ.

Трансформатор отбора напряжения TLV по принципу действия представляет собой трансформатор тока, поэтому в рабочем состоянии цепь его вторичной обмотки должна быть всегда замкнута на свою нагрузку или закорочена. Исправность трансформатора TLV

проверяется путем снятия вольт-амперной характеристики, которая снимается со стороны вторичной обмотки TLV при полном числе витков (1 и 6-я отпайки), и сравнивается с типовой. Первичная обмотка трансформатора отбора напряжения состоит из четырех одинаковых секций, которые могут перемычками включаться последовательно или параллельно в зависимости от значения первичного тока отбора.

Первичный ток отбора определяется напряжением сети, количеством и емкостью элементов, из которых собираются конденсаторы связи, т.е. значение тока определяется сопротивлением конденсатора связи. Сопротивление трансформатора ШОН не влияет на величину и фазу тока отбора, поскольку оно значительно меньше емкостного сопротивления конденсатора связи. Первичный ток практически является чисто емкостным и определяется напряжением фазы линии, к которой подключен конденсатор связи.

Высокочастотный дроссель, установленный в ШОН, не пропускает токи высокой частоты в устройство отбора напряжения; резисторы в цепи первичной обмотки ШОН обеспечивают подавление при переходных процессах явления резонанса напряжений. Заземляющий рубильник используется как защитное средство при производстве работ в цепях ШОН.[38].

12.12. На какой ток настраивается реле контроля напряжения на линии ?

Для контроля напряжения на линии во вторичную обмотку трансформатора отбора напряжения включается токовое реле РТ-40 /0,2. Данное реле тока настраивается на ток срабатывания 75 мА.[38].

12.13. Для чего измеряется ток или напряжение срабатывания и возврата реле синхронизма типа РН-55 ?

После настройки реле на заданный угол срабатывания с помощью фазорегулятора определяются его токи или напряжения срабатывания и возврата при питании только одной обмотки и отключенной второй обмотке. При этом вторичная обмотка TLV замыкается накоротко на входе панели и реле от нее отключается. Такое измерение необходимо для последующих плановых проверок: при них вместо определения угла срабатывания с помощью фазорегулятора достаточно определением тока или напряжения срабатывания убедиться, что настроенный ранее угол срабатывания остался неизменным.

После измерения тока или напряжения срабатывания на вход цепей напряжения от трансформатора подается напряжение 100 В, а отключенная от трансформатора отбора цепь – реле РТ-40 и обмотка 30 В реле РН-55 – замыкается через миллиамперметр и измеряется ток, наводимый в этой цепи от обмотки 60 или 100 В реле РН-55. Этот ток должен быть в 1,5-2 раза меньше тока срабатывания РТ-40. Затем восстанавливается полностью схема, подключаются цепи от ТН, проверяется правильность подвода цепей по фазам и полярности. [38].

12.14. Какие меры применяются для устранения вибрации якоря реле РТ-40 и РН-55 в схемах отбора напряжения ?

В ряде случаев в первичном токе устройства отбора напряжения содержание высших гармоник настолько велико, что резисторы установленные в ШОН для обеспечения подавления при переходных процессах явления резонанса напряжений, не могут уменьшить их значение до приемлемого. Из-за высших гармоник недопустимо вибрируют якоря реле РТ-40 и РН-55. Для устранения вибрации якорей реле параллельно им включается конденсатор. Одновременно конденсатор сдвигает ток в обмотках реле по отношению к первичному току устройства отбора, что требует включения обмотки реле РН-55 на другие фазы ТН. Емкость конденсатора подбирается опытным путем, например с помощью магазина емкостей, исходя из двух условий: устранение вибрации якорей за счет улучшения формы кривой тока в обмотках реле и обеспечение сдвига тока в обмотках реле на угол 30° или кратный ему. Обычно приемлемые результаты получаются при емкости конденсатора около 3-5 мкФ, при этом ток в обмотке 30 В РН-55 вместо включения на напряжение $U_{вс}$ следует включить на напряжение $U_{во}$. Чтобы обмотку 100 В реле РН-55/130 включить на фазное напряжение, следует исключить добавочный резистор 1600 Ом.[38]

12.15. В чем заключается особенность изготовления катушки включения привода высоковольтных выключателей ?

Привод работает редко и кратковременно в пределах 1 с. Эти благоприятные условия дают возможность принять для катушки электромагнита плотность тока в 8-10 раз большую, чем применяется в аппаратах длительного режима, не рискуя перегреть катушку. При больших плотностях тока число витков катушки относительно не велико, она компактна, а рычаги и тяги получаются короткими. Что весьма благоприятно для кинематики привода. [42].

12.16. К чему могут привести многократные включения и отключения при ремонте выключателей ?

Если многократные включения и отключения выключателей при наладке производились без интервалов, достаточных для остывания катушек. Катушки электромагнитов включения и отключения могут не сработать, т.к. температура катушки повышается из-за чего сопротивление возрастает. Соответственно снизится ток и, следовательно, намагничивающая сила. Иными словами, электромагнит стал «слабее». Если электромагнит после срабатывания привода остается под током, он сгорит. [42].

12.17. Можно ли изменять материал колец на сердечниках электромагнитов (реле) медь на латунь ?

Латунь имеет проводимость в 2,5-3 раза меньшую, чем медь. Значит, ток в кольце будет значительно меньше: латунное кольцо окажется практически бесполезным. По этой причине кольца нельзя делать составными: места спайки будут иметь повышенное сопротивление. [42].

12.18. К каким последствиям приведет загрязнение конденсаторов в комплекте РПВ или в схемах с применением конденсаторов ?

Сопротивление пыли должно быть очень велико. В противном случае конденсатор не сможет зарядиться до полного номинального напряжения. В сочетании с сопротивлением ограничивающим ток заряда и тем самым время заряда, создавая как бы делитель напряжения (сопротивление пыли – сопротивление зарядное) может быть два обстоятельства при равенстве сопротивления пыли шунтирующего выводы конденсатора и зарядного сопротивления, конденсатор зарядится до половины напряжения и, следовательно, запасенная энергия уменьшится вчетверо. Во-вторых, сопротивление пыли, шунтируя катушку в схеме, отводит от реле часть энергии. [42].

12.19. Каким способом можно зафиксировать импульс коммутационных перенапряжений во вторичных цепях ?

Коммутационные перенапряжения, если их не погасить (т. е. не дать выхода освободившейся энергии при размыкании цепей электромагнитов с относительно большой индуктивностью, а также из-за неблагоприятных соотношениях между индуктивностью реле и емкостью контрольных кабелей) достигают неожиданно больших значений.

Коммутационные перенапряжения измерить обычным вольтметром нельзя. Дело даже не в том, что весьма кратковременный импульс не может быть им зафиксирован. Главное состоит в том, что вольтметр, присоединенный параллельно катушке электромагнита – источнику перенапряжения, сам его гасит. Действительно, сразу после отключения электромагнита, через который проходит, например, ток 0,05 А, этот же ток продолжает (затухая) проходить через вольтметр. Если его сопротивление 2000 Ом, то максимальный ток перенапряжения не может превышать $0,05 \cdot 200 = 100$ В.

Если бы сопротивление вольтметра (или специального разрядного резистора) было 25000 Ом, то мог бы быть зафиксирован ток перенапряжения $0,05 \cdot 2500 = 250$ В. Значение коммутационного перенапряжения определяют с помощью предварительно откалиброванного разрядника, у которого можно плавно изменять расстояние между электродами. [42].

12.20. Может ли в результате образования ложной цепи, при замыкании на землю в цепях управления, произойти самовключение или самоотключение выключателей ?

В электроустановках постоянного тока при замыкании на землю происходит перезаряд емкости кабелей, что может привести к ложному срабатыванию. На крупных электростанциях и подстанциях кабельная сеть оперативного тока обладает значительной емкостью. Расчетная схема такой сети представлена на рис.12.1.а, в виде эквивалентных емкостей C_+ и C_- , включенных последовательно между плюсом и минусом источника постоянного тока. При первом включении питания при напряжении U через емкости C_+ и C_- проходит кратковременный зарядный ток i_1 . После этого емкости оказываются заряженными, причем если $C_+ = C_-$, то на каждую из них приходится половина напряжения т. е. $U/2$.

С процессом самого заряда не сопряжены какие – либо неприятные явления. Но если на участке между контактами S и катушкой реле K , случится замыкание на землю, то произойдет следующее: емкость C_+ окажется включенной уже не на половину, а на полное напряжение U и начнет подзаряжаться током J_2 через катушку реле K . Емкость C_- , напротив, окажется закороченной катушкой реле K и будет на нее разряжаться током J_3 . А так как направление разрядного тока всегда противоположно направлению зарядного тока, то оба тока в катушке реле направлены одинаково. Поэтому они могут вызвать ложное срабатывание.

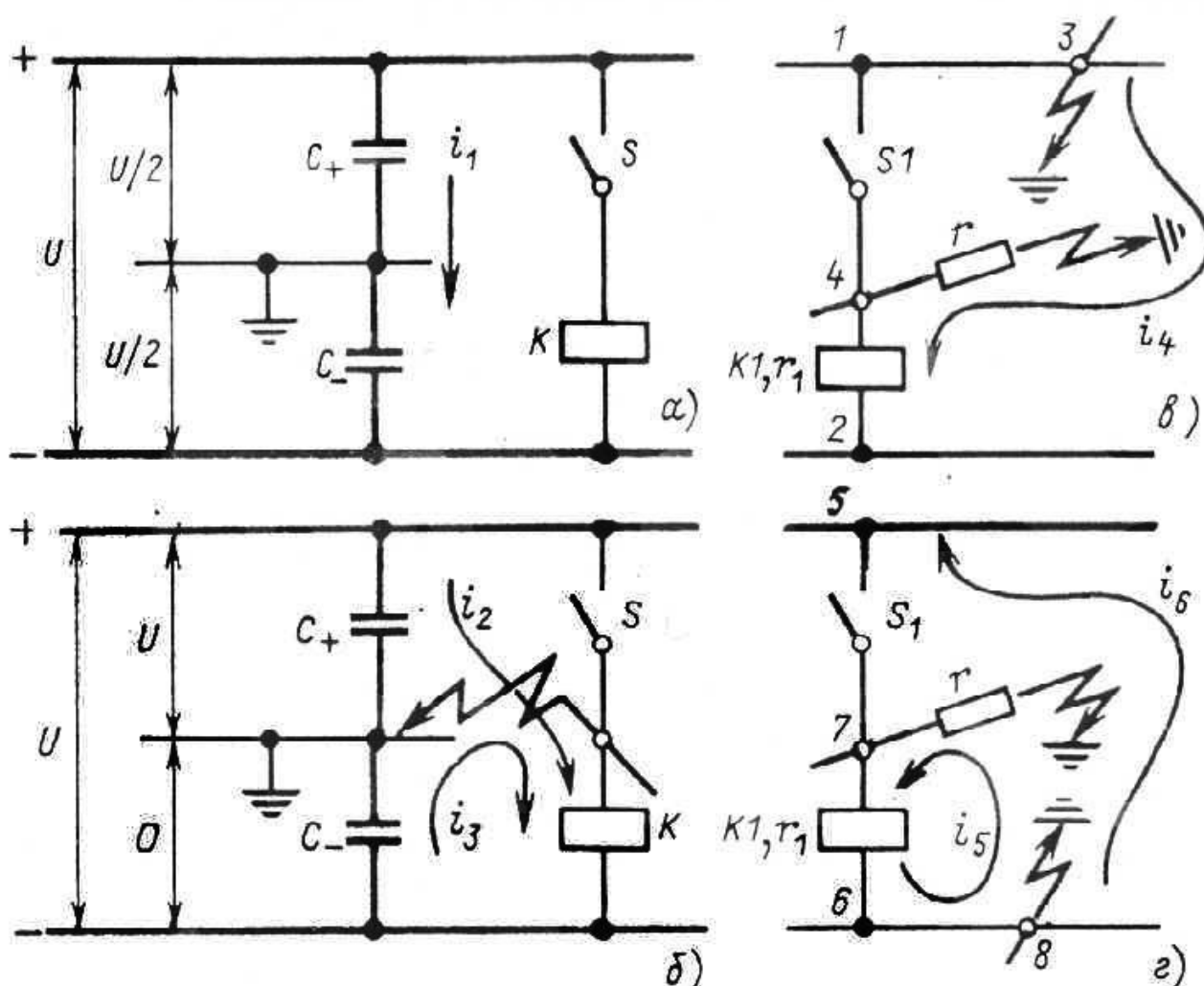


Рис.12.1. Схема замыкания на землю в цепи постоянного тока. Даже при одном замыкании на «землю» в электроустановках постоянного тока возможно ложное срабатывание. При нарушении изоляции возможны ложное срабатывание, залипание, увеличение времени возврата, короткое замыкание

Непосредственно самовключится или отключится выключатель не может: для этого потребовалась бы емкость в несколько тысяч микрофарад, что совершенно нереально. Дело в

том, что привод включается через промежуточное реле и если оно сработает, то включит привод нормальным путем от сети. А ложно сработать промежуточное реле может, как убедительно доказывает рассмотренный здесь пример.

Что произойдет, если при замыкании в точке 7 сопротивление изоляции снизится до значения, примерно равного сопротивлению реле (рис.12.1.г и снизится до нуля? После размыкания цепи 5-6 электромагнитная энергия, накопленная в индуктивности катушки К1, перейдет в электрическую: в контуре катушка – точки 6, 8 – сопротивление изоляции r – точка 7 – катушка возникает ток J_5 . Его направление такое же, какое было до размыкания контакта S1, благодаря чему якорь отпустит с небольшим замедлением. Ток прекратится, когда энергия перейдет в теплоту и рассеется в сопротивлениях r и r_1 . При снижении сопротивления изоляции до нуля, пока контакт S1 разомкнут, ничего не произойдет. Повреждение не будет замечено. При замыкании контакта возникнет короткое замыкание (ток J_6) [42].

12.21. Как включаются вспомогательные контакты трех фаз пофазного выключателя в цепи отключения и включения ?

Вспомогательные контакты трех фаз пофазного выключателя в цепи включения соединяются последовательно, а в цепи отключения – параллельно. В цепи реле контроля неполнофазного включения (непереклечение фаз) вспомогательные контакты выключателей соединяются последовательно из параллельно соединенных нормально замкнутых и нормально разомкнутых вспомогательных контактов каждой фазы, такое включение не допускает включение неисправного выключателя (у исправного выключателя вспомогательные контакты отдельных фаз находятся в одинаковом положении) и снимает минус оперативного тока при рассогласовании фаз, как при включении так и при отключении выключателя.

Параллельное соединение вспомогательных контактов в цепи отключения обеспечивает прохождение команды на отключение выключателя даже в случае отказа вспомогательных контактов одной или двух фаз. [45].

12.22. Какой вид автоматики применяется на выключателях 6-10 кВ двухтрансформаторных ПС ?

В эксплуатации обычно применяется следующая последовательность автоматики выключателей 6-10 кВ: АВР секционного выключателя, работает только при повреждении самого трансформатора как основная автоматика или при отказе его АПВ (как резерв). При повреждении трансформатора (при работе выходных реле защиты трансформатора) АПВ выключателей всех сторон запрещается; АПВ работает только при отказе защиты линий, питающих нагрузку или при повреждении шин. Восстановление нормальной схемы подстанции после работы АВР выполняется оперативным персоналом вручную или по телеуправлению. Такой принцип сокращает количество операций с выключателями, четко определяет место повреждения и повышает надежность питания потребителей.

Зачастую используется для запрета АПВ блок-контакты короткозамыкателя, разомкнутый при включенном короткозамыкателе. [15].

12.23. Какие меры применяются в схемах управления выключателей для завершения действия командных импульсов ?

Длительность действия командных импульсов должна быть достаточной для завершения операций включения и отключения выключателей высокого напряжения.

Для обеспечения надежного завершения операций, а также защиты от повреждений контактов командных органов КСС (реле команды «Включить») или КСТ (реле команды «Отключить») при срыве операции ток электромагнитов отключения или включения рвется контактами команд, которые обгорают при размыкании значительных токов электромагнитов) предусматривается подхват командных импульсов.

В цепи включения и отключения (блокировка от многократных включений) используется промежуточное реле с токовой обмоткой. Эти реле срабатывают при подаче командного импульса и удерживаются для обеспечения надежного завершения операций включения и отключения.

Цепи управления выключением и отключением выключателя коммутируются быстродействующими контактами, соответственно КБВ и КБО, связанными с валом привода.

С помощью этих контактов достигается автоматическое прекращение питания включающего и отключающего элементов после совершения соответствующих операций

Контакт КБВ размыкает цепь включения в самом конце процесса включения выключателя.

Контакт КБО размыкает цепь отключения в самом начале процесса отключения, освобождая контакты реле от гашения дуги тока отключающего электромагнита. Замыкание и размыкание силовой цепи привода осуществляется низковольтным контактором. [59].

12.24. Какие требования предъявляются к АПВ и чем они достигаются ?

К АПВ предъявляются следующие требования (ПУЭ):

- не действовать при отключении выключателя персоналом с помощью ключа и при помощи телеуправления. Вышеуказанное достигается с помощью реле фиксации (РФ). Реализуется основной принцип АПВ – срабатывать при несоответствии положения выключателя и ключа управления. См. рис.12.2.

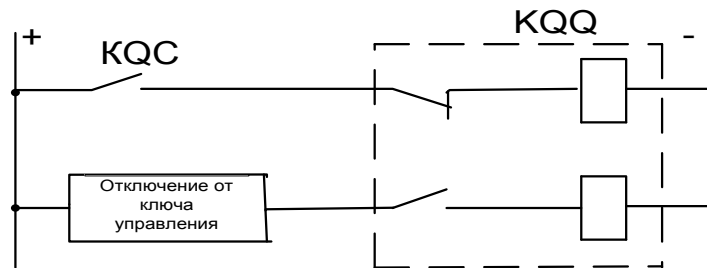


Рис.12.2. Схема включения реле фиксации.

Реле фиксации имеет две обмотки и две цепи подачи плюса. Сработав по одной цепи, реле переключается, подготавливая вторую цепь. Под отключением от управления подразумевается любое отключение не от релейной защиты. При включенном выключателе контакт РПВ (реле положения включено) замкнут и реле фиксации подготовило цепь «отключение от ключа управления» и разрешает работу АПВ. Если реле срабатывает по указанной цепи, то АПВ сразу *запрещается*;

- не действовать при отключении выключателя после его ручного включения на КЗ. Достигается путем запрета АПВ в момент включения выключателя, АПВ будет введено в работу по истечению времени готовности устройства АПВ;
- АПВ должно запрещаться после действия АЧР и разрешается после восстановления частоты;
- не должно быть многократных включений на устойчивое КЗ. Достигается тем, что после срабатывания АПВ требуется время готовности к повторному срабатыванию. Если во время набора времени готовности собирается цепь пуска АПВ, то схема не будет работать и набранное время готовности сбросится;
- АПВ шин должно быть однократным, осуществляется одним из присоединений. При успешном включении должны включаться все отключившиеся присоединения;
- применение устройств АПВ обязательно на всех воздушных и смешанных (кабельно-воздушных) линиях напряжением свыше 1 кВ;
- устройство АПВ должны иметь автоматический возврат т.е. после успешного действия схема автоматически (с некоторой выдержкой) возвращается в положение готовности к новому действию.[38].

12.25. Какие меры возможно принять для исключения повреждения катушек электромагнитов включения выключателей серии ВМТ – 110-220 кВ ?

Во многих энергосистемах выявлен недостаток схемы управления приводов типа ППрК выключателей ВМТ – 110 и 220 кВ, приводящий к повреждению катушек электромагнитов включения и, как следствие, к потере оперативного тока в цепях управления и защиты выключателя.

Указанный недостаток заключается в том, что если включающие пружины привода недозавелись (из-за исчезновения напряжения 380 В в приводе, неисправности двигателя и т.п.),

то любая команда на включение выключателя приводит к повреждению катушки электромагнита включения, так как включение не происходит и цепь включения выключателя не разрывается (см. рис. 12.3)

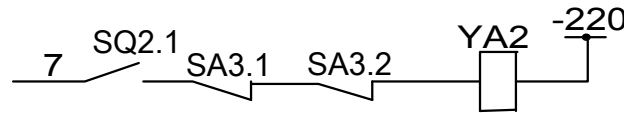


Рис. 12.3. Цепи включения выключателя ВМТ – 110 кВ (старая)

Для предотвращения подобных случаев предлагается дополнительно в цепь включения добавить неиспользуемые нормально открытые блок-контакты SQ3, контролирующие состояние включающих пружин (см. рис. 12.4) {схема применяется в ОАО «Тюменьэнерго»}

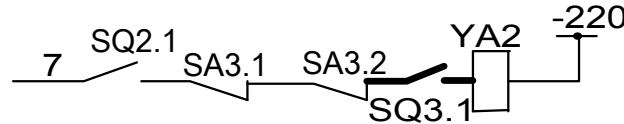


Рис. 12.4. Цепи включения выключателя ВМТ – 110 кВ. (новая)

12.25. Каким должен быть номинальный ток плавкой вставки предохранителей электромагнитного привода ?

Так как включающие электромагниты приводов выключателей не рассчитаны на длительное нахождение под током, номинальный ток плавких вставок предохранителей выбирают равным 0,3-0,4 номинального тока электромагнитов. Если же включающий электромагнит по какой-либо причине будет длительно находиться под током, плавкая вставка сгорит. [37].

12.26. Какие мероприятия применяются для устранения причин отказов выключателей типа ВМТ в части схем управления ?

Согласно эксплуатационного циркуляра РАО «ЕЭС РОССИИ» Ц-02-91 (Э) требуется выполнить следующее:

- в случаях вынужденных перерывов в работе подогревающих устройств (из-за исчезновения напряжения, перегорания нагревателей и т. п.) превышающих установленные НПО «Уралэлектротяжмаш» максимально допустимые паузы принимать меры к запрету выполнения выключателем операций включения и отключения (в том числе и от ключа управления);
- исключить эксплуатацию выключателей в режиме ручного оперирования (переключатель «SA4» режимов работы привода – в положение «Ручное управление»). С этой целью перед каждым вводом выключателей в эксплуатацию (после монтажа и ремонтов) осуществлять обязательный контроль соответствия положения переключателя «SA4» требованиям инструкций (переключатель должен находиться в положении «Автоматическое управление», а сигнальная лампа «Автоматика завода пружин отключена», подключенная к выводам 25-26 не должна гореть;

В случае невыполнения операций включения или отключения при подаче команд необходимо обеспечить следующее:

- проверить правильность регулировки западания включающей и отключающей собачек за оси соответствующих роликов;
- проверить состояние наружных поверхностей роликов и контактирующих с ним поверхностей включающих и отключающих собачек.

Дополнить местные инструкции указаниями, предусматривающими:

обязательный контроль за работой сигнальных ламп и показаниями амперметра в цепи выключателя при выполнении им операции включения от ключа управления.

При этом должны соблюдаться следующие правила:

- если лампа «Включено» не загорелась, не загорелась и лампа «Пружины не заведены», а лампа «Отключено» не погасла, что указывает на непрохождение команды или ее невыполнение электромагнитом включения, следует повторить команду на включение. В случае невыполнения повторной команды выявить и устранить причину;
- если лампа «Отключено» погасла, лампа «Включено» не загорелась (или загорелась на

короткое время и погасла) а амперметр показывает наличие тока в цепи выключателя, что указывает на недовключение выключателя и нерасцепление рычагов привода, следует подать команду на отключение выключателя и вести наблюдение за показаниями амперметра в течение 15 с или до погасания лампы «Пружины не заведены». При этом:

а) если ток в цепи выключателя продолжает протекать, принять срочные меры к его обесточиванию. В этом случае приближение к неисправному выключателю до снятия с него напряжения должно быть запрещено;

б) если протекание тока в цепи выключателя прекратилось, загорелась лампа «Отключено» и погасла лампа «Пружины не заведены», следует вывести выключатель из работы (путем разборки первичной схемы и отключения разъединителей с обеих сторон выключателя). Проверить цепь сигнализации включенного положения, а при ее исправности выяснить причину недовключения выключателя и устранить ее.

В обоих случаях повторное включение выключателя под нагрузку до выяснения и устранения причины нарушений в работе недопустимо.

12.27. Как обеспечить действие АПВ с контролем синхронизма при заданном угле 70 эл.град. ?

Для обеспечения включения линий электропередачи действием АПВ с контролем синхронизма при углах между векторами напряжений до 70 эл.град, с помощью реле контроля синхронизма со шкалой 40 эл.град, необходимо устанавливать по два таких реле. К обмоткам каждого из реле подводить напряжение со сдвигом векторов на 30 эл.град. (При таком включении реле перестает действовать одинаково при изменении знака угла между векторами напряжения, поэтому на линиях с реверсом мощности требуется два реле; на линиях без реверса мощности достаточно одного реле, обеспечивающего зону от -10 до + 70 эл. град.).

12.28. Что нужно применять при разработке мероприятий для предотвращения ложных срабатываний РЗ при АПВ ?

При разработке мероприятий для предотвращения ложных срабатываний РЗ при включении линий от АПВ и вручную необходимо в первую очередь ориентироваться на отстройку уставок срабатывания устройств РЗ, что, как правило, обеспечивает наиболее простые решения. Применять дополнительные переключатели и накладки и т.п. следует в случаях крайней необходимости, поскольку это связано с усложнением схемы и понижением надежности устройства, а также с увеличением вероятности ошибок оперативного персонала при операциях..

В частности, необходимо применять:

- вывод соответствующих защит из действия блокировкой при качаниях до момента замыкания транзита при АПВ на тех линиях, где защита может срабатывать ложно. При оперативном замыкании транзита несинхронно или с большим углом между ЭДС выводить ручную защиту, которая при этом может сработать ложно;
- ввод замедления примерно на 0,1 с защит от замыканий на землю, если они могут работать неправильно из-за неодновременности включения фаз выключателя;
- замену обычных токовых реле на реле с быстроснабощающимися трансформаторами (серии РНТ-560) для защит от замыканий на землю, если они могут сработать неправильно от апериодической составляющей.[38].

12.29. Для чего в цепи реле положения «Отключено» включается резистор ?

Величина сопротивления резистора в цепи реле положения «Отключено» (КQT) в схеме управления выключателем, подбирается такой, чтобы соленоид включения не сработал даже при таком пробое изоляции внутри реле КQT, когда полностью закорачивается обмотка этого реле. [11].

12.30. Возможна ли замена реле тока РТ-40 в цепи контроля напряжения на линии другими реле для устранения вибрации данных реле?

Конструктивно реле типа РТ-40 не рассчитаны на длительное пребывание под током, превышающим ток срабатывания реле. В этом состоянии у реле возникает вибрация якоря, вызывающая усиленный износ контактов и опор подвижной части.

С целью повышения надежности цепей контроля напряжения на ВЛ-110-220 кВ с применением устройств отбора напряжения рекомендуется (ЦСРЗА Краснодарэнерго) вместо токового реле применять реле напряжения РН-53/60 или РН-54/48, произведя в схеме реле изменения, приведенные на рис.12.5. (Изменения в схеме реле показаны утолщенными линиями)

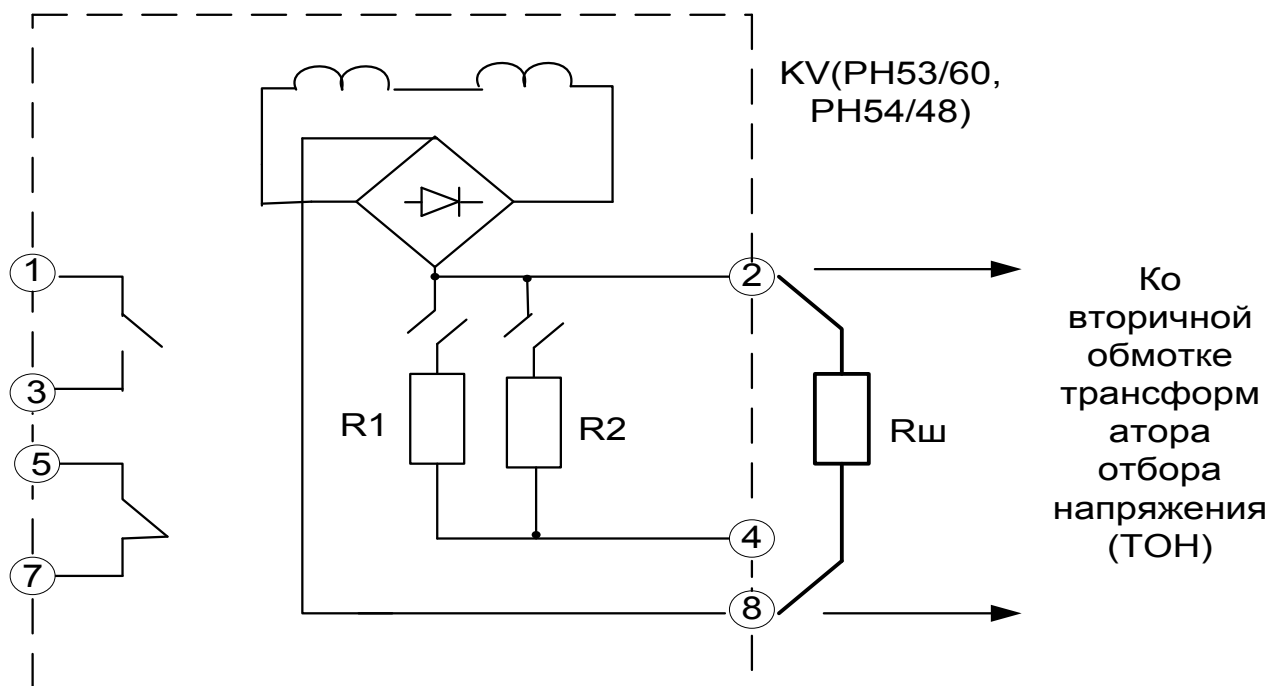


Рис.12.5. Схема включения реле серии РН – 50 в цепь вторичных цепей шкафа отбора напряжения.

Изменение характера нагрузки при замене реле у нестандартных устройств отбора может вызвать некоторое уменьшение тока во вторичной цепи ТОН по отношению к первоначальному варианту с реле РТ-40. В этом случае, если во вторичные цепи ТОН включено также и реле контроля синхронизма (КРС), необходимо привести выравнивание ампер-витков в РКС регулировкой величины тока в обмотке реле, подключенной к трансформатору напряжения. Уставка реле определяется и выставляется так же, как и для использовавшегося токового реле. В качестве шунта применяется резистор типа ПЭВ мощностью не ниже 10 Вт.

№ п / п	Диапазон уставок реле $I_{cp} / I_{ном}$	Номинальный вторичный ток ТОН ($I_{ном}$), А	Величина сопротивления $R_{ш}$, Ом	Сопротивление цепи реле, Ом
1	0,25 ÷ 0,5	0,15	250	127
2	0,5 ÷ 1,0	0,15	100	72,0
3	0,25 ÷ 0,5	0,075	—	260
4	0,5 ÷ 1,0	0,075	250	127

Другой способ улучшения – замена токового реле РТ-40/0,2 на статическое реле РСТ-13-04 для схем на постоянном оперативном токе, и РСТ-11-04 для схем на переменном оперативном токе.

12.31. Какое реле применяется для предотвращения многократных включений выключателя на устойчивое КЗ ?

Для предотвращения многократного включения выключателя на устойчивое КЗ, что могло бы иметь место в случае застревания контактов выходного реле РПВ-58, ключа управления или длительное удержание ключа управления оперативным персоналом в режиме команды «Включить», в схеме управления устанавливается специальное промежуточное реле KBS (РБМ) типа РП-232 с двумя обмотками: рабочей последовательной и удерживающей параллельной. Реле KBS срабатывает при прохождении тока по катушке электромагнита отключения и удерживается в сработавшем положении до снятия команды на включение. [38].

12.32. Как производится запрет АПВ в схемах с реле РПВ -58 ?

При отключении присоединения защитой в случаях, когда АПВ не требуется, через резистор R3 производится разряд конденсатора С. Разряд конденсатора, также производится, при включении выключателя в положении ключа выбора режима «Опробование» , действию ДЗШ.[38].

12.33. Какое реле имеет многофункциональные назначения в схемах АПВ ?

Реле контроля напряжений и сдвига фаз типа РСНФ-12. предназначено для применения в схемах АПВ линий электропередач с двухсторонним питанием в качестве органа, контролирующего наличие и отсутствие напряжения на линии и шинах и угол сдвига фаз между ними, а также в схемах синхронизации генераторов для блокировки включения выключателя при ошибочных действиях персонала.

Сигнал отсутствия напряжения появляется при снижении напряжения:

- от шин – не менее $0,005 U_n$;
- от линии – не менее $0,5 U_n$.

Сигнал наличия напряжения от линии появляется при напряжении более $0,85 U_n$.

Сигнал отсутствия напряжения от шин снимается при напряжении не более $0,8 U_n$.

12.34. Дать характеристику и назначение реле повторного включения типа РПВ-01.

Реле повторного включения типа РПВ-01 предназначено для применения в схемах автоматического трехфазного повторного включения с постоянным оперативным током и обеспечивает однократное повторное включение. Реле имеет два поддиапазона дискретной регулировки уставок по времени и на переход в состояние готовности. Первый поддиапазон уставок от 0,5 до 5,0 с со ступенями 0,25 с и имеет значение готовности 15 и 30 с. Второй поддиапазон уставок от 1,0 до 10,0 с со ступенями 0,5 с и имеет время готовности равные 30 и 60 с. Управляется реле внешними потенциальными сигналами (с уровнем напряжения, равным уровню оперативного напряжения): пуска, блокировки и разрешения подготовки.

Если реле РПВ-01 находилось в исходном состоянии (состояние готовности) то по истечении времени уставки АПВ после поступления непрерывного сигнала пуска, реле работает.

Если в процессе набора времени АПВ сигнал пуска исчезнет, то выдержка времени будет сброшена и реле вернется в исходное состояние.

При исчезновении сигнала пуска после срабатывания, реле начинает набор выдержки времени готовности. При поступлении сигнала пуска в процессе набора выдержки времени готовности реле РПВ-01 не срабатывает. После набора выдержки времени готовности, реле возвращается в исходное состояние.

Набор времени готовности производится только при наличии сигнала разрешения подготовки. Если же этот сигнал исчезнет, когда реле находится в состоянии готовности, то оно остается в этом состоянии и работает при появлении сигнала пуска.

Если в процессе набора выдержки времени готовности сигнал разрешения подготовки исчезнет, набранная выдержка сбрасывается и повторный набор ее начинается (при отсутствии сигнала пуска) только после подачи сигнала разрешения подготовки. При наличии сигнала блокировки независимо от существования других сигналов все выдержки времени сбрасываются и реле не срабатывает. После исчезновения сигнала блокировки и при наличии сигнала разрешения подготовки при отсутствии сигнала пуска производится набор времени

готовности. Если сразу же после исчезновения сигнала блокировки существует сигнал пуска, то реле не срабатывает и набор времени готовности не производится.

Для гальванической развязки реле по входу в них установлены реле-повторители входных сигналов, выполненные с применением герконов.

Допускается присоединение к каждому контактному зажиму двух медных проводников сечением не менее 1,5 мм² или одного – сечением 2,5 мм².

13. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

13.1. Какие приборы называются электроизмерительными (аналоговые, цифровые) ?

Электроизмерительными приборами называют средства электрических измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации, т.е. сигналов, функционально связанных с измеряемыми физическими величинами, в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Электроизмерительные приборы могут быть классифицированы по различным признакам.

Электроизмерительные приборы, показания которых являются непрерывными функциями изменений измеряемых величин, называются *аналоговыми* приборами.

Электроизмерительные приборы, автоматически вырабатывающие дискретные сигналы измерительной информации, показания которых представлены в цифровой форме, называются *цифровыми* приборами.[36].

13.2. Назовите основные параметры периода переменного тока.

Как известно из основ электротехники, переменный ток – синусоидально изменяющаяся величина. Отсюда и вытекают определения параметров периода переменного тока.

Амплитуда - максимальное значение синусоидальной переменной величины, которая обозначается прописными буквами с индексом «m», например, I_m – амплитудный (максимальный) ток.

Период – промежуток времени, в течение которого сила тока (или напряжения) совершает полное колебание и принимает прежнее по модулю и знаку мгновенное значение. Его принято обозначать буквой T. Для России и многих стран $T = 1/50 = 0,02$ с.[18].

13.3. Какая величина называется действующим (эффективным) значением переменного тока ?

Действующее (эффективное) значение переменной электрической величины – среднее квадратическое значение периодически изменяющейся величины, которая за один период своего значения вызывает такой же эффект (например, тепловое воздействие тока или величины вращающего момента), как значение постоянной величины. Иными словами: действующее значение переменного тока – постоянная величина, численно равная постоянному току, который выделил бы в сопротивлении цепи в течение периода такое же количество тепла, какое выделяет данный переменный ток. Поэтому для практических целей наиболее удобно пользоваться действующими значениями, которые обозначаются прописными буквами без индекса и равны $I = 0,707 I_m$; $U = 0,707 U_m$. Отношение амплитуды к действующей величине называется коэффициентом амплитуды K_a . Для синусной функции этот коэффициент равен $\sqrt{2}$; если кривая тока или напряжения имеет более острую форму, чем синусоида, то $K_a > \sqrt{2}$, в противном случае $K_a < \sqrt{2}$ (при прямоугольной форме $K_a = 1$)[28].

13.4. Что называется средней величиной переменного тока ?

В некоторых случаях, при изучении электрических машин, выпрямительных устройств и других аппаратов, удобно пользоваться средним значением синусоидальной ЭДС (напряжения и тока).

Средней величиной переменного тока (ЭДС, напряжения) называется среднее арифметическое из всех мгновенных величин за полупериод и равно высоте прямоугольника с основанием π , площадь которого равна площади, ограниченной положительной полуволной тока и осью абсцисс. Обозначают прописными буквами с индексом «ср» и равно $I_{cp} = 2/\pi I_m$; $U_{cp} = 2/\pi U_m = 0,637 U_m$.

Средняя величина синусоидальной функции за период равна нулю, так как площадь положительной и отрицательной полуволн равны. Отношение действующей величины к средней называется коэффициентом формы кривой $K_f = I_d / I_{ср} = 1,11$ для синусоидальной функции.

Средняя (активная) мощность за период в цепи с индуктивностью и емкостью равна нулю, т.к. в цепи с индуктивностью и емкостью преобразования электрической энергии в другие виды энергии (тепловую, механическую) не происходит. Поэтому в цепи наряду с непрерывным превращением электрической энергии в другой вид энергии (активная энергия) часть ее совершает колебания между источником и приемником (реактивная энергия). Отсюда следует, что колебания энергии в цепи не только бесполезны, но и вредны, т.к. при этом в приемнике не совершается полного преобразования электрической энергии в работу или тепловую, а в соединительных проводах она теряется. [19].

13.4. Что называется несимметрией линейных напряжений ?

Степень несимметрии линейных напряжений оценивается коэффициентом несимметрии, т.е. отношением составляющей обратной последовательности к составляющей прямой последовательности $\varepsilon^{\%} = 100 U_{2л} / U_{1л} \leq 5\%$ [19].

13.5. Что называется коэффициентом искажения ?

Коэффициент искажения равен отношению действующих значений основной гармоники и всей функции: $d = A_1/A$, для синусоидальной функции $d = 1$, для треугольной $d = 0,99$, для прямоугольной $d = 0,9$. [19].

13.6. Какие виды погрешностей бывают при измерении ?

Различают несколько видов погрешностей измерения.

Абсолютная погрешность прибора определяется разностью между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины. Она выражается в единицах измеряемой величины и может быть положительной и отрицательной. Абсолютная погрешность прибора может быть определена наиболее точными лабораторными приборами.

Относительная погрешность прибора определяется отношением абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины в точке измерения, она выражается в процентах. Эта погрешность, в основном, и определяет точность измерения.

Приведенная погрешность измерения, определяется отношением абсолютной погрешности к верхнему пределу измерений (шкалы прибора). [36].

13.7. На какие группы делятся измерительные приборы в зависимости от точности ?

В зависимости от точности измерения приборы делятся на следующие группы:

- измерительные, в которых погрешности нормируются (класс точности измерительных приборов может быть 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; и 4,0);
- индикаторы, или внеклассные приборы, в которых погрешность измерения больше предусмотренной соответствующими стандартами (более 4%);
- указательные, в которых погрешность не нормируется. [36].

13.8. Какие электрические величины можно измерить приборами электромагнитной системы. ?

Прибор на основе измерительного механизма электромагнитной системы, применяется для измерения постоянного и эффективного (действующего) значений силы переменного тока, напряжения.

Амперметр электромагнитной системы имеет большую перегрузочную способность. Так как полное сопротивление измерительного механизма увеличивается с ростом частоты, то применять его целесообразно в определенном (относительно низком) частотном диапазоне. Приборы электромагнитной системы имеют большое энергопотребление и поэтому используются преимущественно в силовой электротехнике. [28].

13.9. Какой прибор называется авометр ?

Авометр многопредельный – разновидность конструкции измерительного механизма электростатической системы измерений. Конструкция механизма аналогична вращаемому конденсатору переменной емкости. На показания электростатических приборов почти не влияют частота измеряемого напряжения, температура и посторонние магнитные поля. Электростатические вольтметры используются для измерения напряжений в широком диапазоне частот в маломощных цепях, а также в цепях высокого напряжения для измерения напряжений до десятков и сотен киловольт без применения громоздких, дорогих и потребляющих большую мощность добавочных сопротивлений. Электростатические вольтметры могут применяться для измерений в цепях постоянного и переменного тока, а так при изменении полярности напряжения направление отклонения подвижной части не меняется . [28].

13.10. Что собой представляет вариометр ?

Вариометр – многозначная мера индуктивности для измерительных цепей. Вариометр состоит из двух катушек, одна из которых вращается в поле другой. Катушки могут быть соединены последовательно или параллельно, так что при поворачивании взаимная индуктивность изменяется в широких пределах . [28].

13.11. Каким прибором измеряется мощность электрической энергии ?

Электрическую мощность измеряют ваттметрами. Ваттметр – средство измерения мощности. В основу большинства ваттметров положены электродинамические измерительные механизмы. Перегрузка измерительного механизма может возникнуть еще на подходе указателя к конечному значению шкалы, т. к. показания зависят от коэффициента мощности. Полное использование измерительного диапазона допустимо лишь при $\cos \varphi \geq 0,8$. [28].

13.12. Каким прибором измеряется напряжение ?

Напряжение измеряется вольтметром. Вольтметр – средство измерений для определения электрического напряжения. При измерении напряжения вольтметр подключают параллельно измеряемому объекту. Он определяет разность потенциалов между клеммами. Идеальный вольтметр, не оказывающий возмущающего воздействия на измеряемую цепь, должен обладать бесконечно большим сопротивлением или, скажем иначе, собственное потребление мощности (от измеряемого объекта) вольтметром должно быть нулевым. [28] .

13.13. Для чего используется селективный вольтметр ?

Вольтметр селективный – разновидность вольтметра электронного. Который позволяет проводить измерения маленького напряжения (микровольт) только в очень узком регулируемом диапазоне частот. Это достигается применением селективных усилителей и смесительных схемах. Применяется для измерения параметров поля, напряжения помех, напряжения на антеннах и т.д. [28].

13.14. Что называется входным сопротивлением прибора ?

Входное сопротивление – активная составляющая комплексного входного (полного) сопротивления. Под входным сопротивлением понимают не зависящее от частоты активное сопротивление входной цепи электронного измерительного прибора или усилителя. Низкоомные системы используются преимущественно в высокочастотной и импульсной технике. Значение входного сопротивления комбинированных приборов соответствуют сопротивлениям вольтметров в расчете 1 В. [28].

13.15. Какой прибор называется гальванометр ?

Гальванометр – специальная форма измерительного механизма магнитоэлектрической системы с градуированной шкалой: для постоянного тока с неподвижным магнитом и для переменного тока вибрационные с подвижным магнитом. Гальванометрами называют средства измерения высокой чувствительности для малых токов и напряжений, количества электричества. Кроме магнитоэлектрических, существуют и некоторые другие виды гальванометров, например, электростатические, называемые электромерами. Однако их применение ограничено. Важной характеристикой гальванометра является постоянство нулевого положения указателя, под которым понимают невозвращение указателя к нулевой отметке при плавном его движении от крайней отметки шкалы. Многие гальванометры снабжают магнитными шунтами.[28].

13.16. Какое устройство называется датчик Холла ?

Датчик Холла – первичный измерительный преобразователь для измерения значения и направления индукции магнитного поля.[28].

13.17. Что называется делением шкалы ?

Деление шкалы – отрезок шкалы между двумя соседними градуировочными отметками на аналоговой шкале. Деление шкалы используется как единица счета для выражения показаний. Измеренное значение определяется или путем умножения количества делений шкалы на цену деления шкалы, или умножением числового значения, считанного на шкале, на постоянную шкалы. Расстояние между градуировочными отметками (штрихами) есть длина деления шкалы. [28].

13.18. Какие приборы называются логометры ?

Логометры – измерительный механизм, угол поворота которых зависит от отношения токов, независимо от их системы. .

Магнитоэлектрические логометры выполняются с двумя подвижными рамками. Питание катушек током осуществляется через мягкие неупругие металлические ленточки. . Логометр не имеет механической установки нуля; во многих случаях для установки указателя на нулевую отметку шкалы используют дополнительный магнит

Электромагнитные логометры представляют собой измерительный механизм с двумя неподвижными катушками и соответственно с двумя сердечниками, укрепленными на одной оси стрелкой.

Ферродинамические логометры состоят из двух неподвижных и двух подвижных катушек. Угол поворота подвижной части зависит от квадрата токов.

Данный механизм применяют для измерения отношений двух токов или напряжений, либо для измерения отношения напряжения и тока, т. е. для измерения сопротивления, а также для измерения неэлектрических величин, которые могут быть преобразованы в ток, напряжение или сопротивление. [28].

13.19. Дайте определение терминам интерфейс и алгоритм ?

Интерфейс – элемент связи, схема согласования. Для обеспечения сопряжения двух или нескольких составных частей системы с одинаковыми или различными входными и выходными величинами используются интерфейсные схемы. Этим обеспечивается электрическая, логическая, конструктивная и функциональная совместимость соединяемых частей.

Алгоритм – способ (программа) решения вычислительных и других задач, точно предписывающий, как и в какой последовательности получить результат, однозначно определяемый исходными данными [28].

13.20. Для чего в приборах применяется корректор нуля ?

Корректор нуля – устройство для регулировки нулевого положения указателя. Конструкция указателя должна допускать регулировку нулевого положения в ограниченном,

установленном в стандартах диапазоне в районе нулевой отметки шкалы. У измерительных механизмов, размещенных на оси (имеющих ось), это достигается посредством усиления или ослабления натяжения возвратной пружины с помощью эксцентрика.

У измерительных механизмов на ленточных растяжках передвигаются узлы крепления растяжек.

У измерительных механизмов различных систем существуют специальные способы, например у измерительных механизмов электромагнитной системы с вращающимся магнитом – поворот возвратного магнита или у измерительного механизма теплового – натяжением или ослаблением проволочного мостика. [28].

13.21. Какое будет поведение прибора магнитоэлектрической системы при включении его в сеть переменного или импульсного напряжения ?

Магнитоэлектрические механизмы пригодны для измерений только постоянного тока, изменение направления тока в рамке приведет к изменению направления вращающего момента и отклонению подвижной части. При измерении с частотой до 7 Гц стрелка будет непрерывно с этой же частотой колебаться около нулевой отметки шкалы. При большой частоте измеряемого тока подвижная система вследствие своей инертности не успевает следовать за изменением тока и остается в начальном положении. Если через рамку пропустить пульсирующий ток, то отклонение стрелки будет соответствовать значению постоянной составляющей этого тока. [13].

13.22. Что означает знак «*» на комбинированных приборах ?

Зажим помеченный знаком «*», является общим зажимом прибора. При измерении постоянного тока и напряжения общий зажим подключают к отрицательному полюсу объекта. При измерении переменного напряжения и токов общий зажим подключают к точке с наименьшим потенциалом или к корпусу объекта. [13].

13.23. Как измерить сопротивление с помощью вольтметра ?

Большие сопротивления можно измерить с помощью одного или двух вольтметров по схеме (рис.13.1):

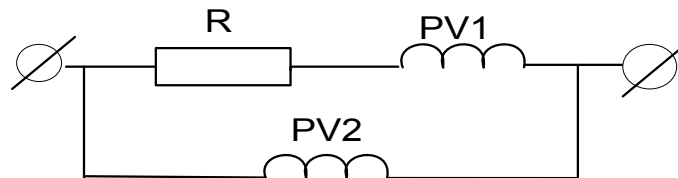


Рис 13.1. Схема измерения сопротивления с помощью двух вольтметров.

Расчет сопротивления по показаниям вольтметра PV1 и PV2 производят согласно выражения

$$R = R_v (U_2/U_1 - 1)$$

Где R_v - внутреннее сопротивление вольтметра PV1

$U_2; U_1$ – показания вольтметров. [20].

13.24. Какое устройство называется аттенюатор ?

Для настройки и испытания радиоприемных устройств требуется калиброванное высокочастотное напряжение вплоть до единиц или доли микровольт. Такое малое напряжение получают с помощью специального делителя (*аттенюатора*), коэффициент ослабления которого можно регулировать в широких пределах. Непосредственное измерение столь малых напряжений в широком частотном диапазоне затруднительно, поэтому в измерительных генераторах применяют косвенный метод измерения напряжения. С помощью простейшего высокочастотного вольтметра измеряют уровень высокочастотного напряжения, подводимого к аттенюатору, а напряжение на выходе генератора определяют путем деления значения входного напряжения аттенюатора на его коэффициент ослабления. [38].

13.25. Каковы требования к вольтметру при измерении напряжения ?

Включение вольтметра с относительно малым входным сопротивлением может привести к нарушению режима работы всей цепи (срыв генерации, релейный эффект), и само измерение потеряет смысл. Поэтому необходимо выбирать вольтметр с возможно большим входным сопротивлением или проводить измерения не на оптимальном пределе измерения, а на более высоком. [13].

13.26. Можно ли вольтметром измерить величину тока в цепи ?

Вольтметр часто применяют для косвенного измерения тока. В этом случае измеряют падение напряжения U на резисторе R , сопротивление которого известно. Значение тока I через резистор определяется по закону Ома: $I = U/R$.

Для получения более точного результата необходимо выполнить условие $R_v \gg R$. [13].

13.27. Как можно использовать вольтметр с пределом измерения 75 мВ ?

Комбинированные пределы, имеющие предел измерения 75 мВ, можно использовать для измерения постоянного тока, большего по значению, чем предельное значение прибора, если имеется соответствующий наружный комбинированный шунт. При этом комбинированный прибор используют как милливольтметр на 75 мВ и подключают к потенциальным зажимам наружного шунта, тогда предел измерения прибора будет равен номинальному току шунта. [13].

13.28. Почему комбинированные приборы имеют две неравномерные шкалы измерения сопротивления ?

Для измерения сопротивления постоянному току в комбинированных приборах применяют последовательные и параллельные магнитоэлектрические омметры см рис.13.2. и рис.13.3.

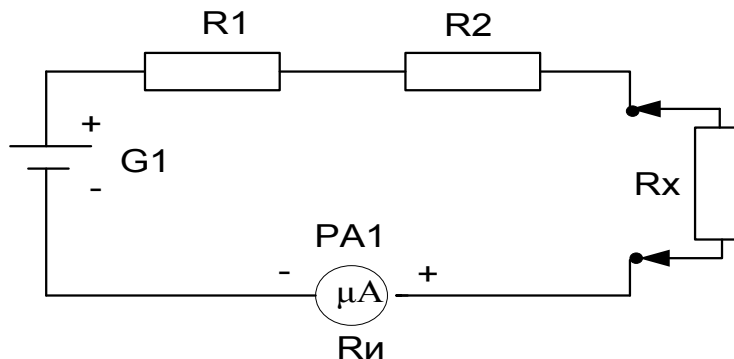


Рис.13.2. Схема последовательного омметра.

Схема последовательного омметра применяется для измерения сопротивления более 10 Ом. Прибор состоит из последовательно включенных микроамперметра PA1 с внутренним сопротивлением R_i , добавочного резистора, состоящего из постоянной части R_2 и переменной части R_1 , источника постоянного тока G_1 напряжением U_{G1} и измеряемого резистора R_x .

Сопротивление резисторов R_1, R_2 выбирают по формуле

$$R_1 + R_2 = U_{G1max} / I_U$$

чтобы обеспечить при замыкании входных зажимов ($R_x = 0$) и максимальном значении напряжения U_{G1max} источника протекания через микроамперметр PA1 тока полного отклонения. В общем случае, ток протекающий через микроамперметр, будет равен:

$$I = U / (R_x + R_1 + R_2 + R_i)$$

$$\text{При } R_x = 0 \quad I = U / (R_1 + R_2 + R_i)$$

$$\text{При } R_x = \infty \quad I = 0$$

Значение тока, а следовательно, и угол отклонения стрелки прибора зависит от R_x . Чем больше R_x тем меньше отклонение стрелки. Таким образом, омметр, выполненный по последовательной схеме, имеет обратную шкалу, т.е. нулевому сопротивлению измеряемого резистора соответствует крайняя правая отметка шкалы.

Перед измерением омметр калибруют (уменьшение эдс источника питания приводит к изменению показаний прибора):

Замыкают входные зажимы и резистором $R1$ устанавливают стрелку на нулевую отметку. Поскольку зависимость тока, протекающего через микроамперметр, от измеряемого сопротивления нелинейна, то шкала прибора отрегулированная в Омах, также нелинейна.

Для измерения малого сопротивления (десятки Ом и меньше) используют параллельный омметр см. Рис 13.3.

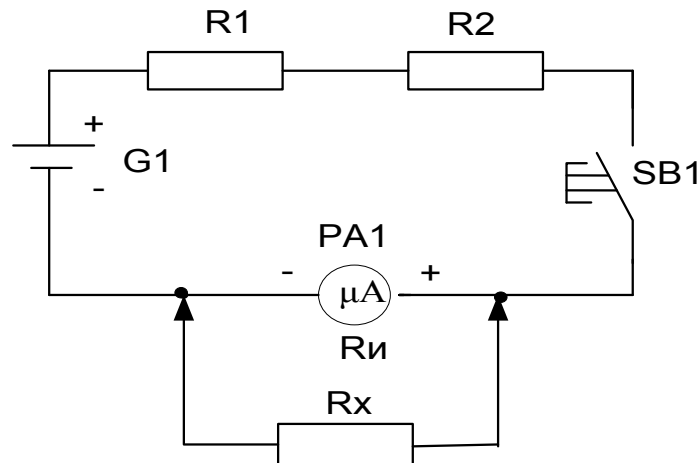


Рис.13.3. Схема параллельного омметра.

Он содержит те же элементы, что и последовательный. Омметр калибруют при разомкнутых входных зажимах, при этом весь ток протекает через микроамперметр и угол отклонения его стрелки оказывается максимальным. При подключении сопротивления R_x часть тока ответвляется в параллельную цепь: ток, протекающий через микроамперметр, уменьшается и угол отклонения стрелки. Таким образом, шкала параллельного омметра прямая, нелинейная. Принятые обозначения: PA1 – микроамперметр; G1 – источник питания; R1 переменный резистор; R2 постоянный резистор; R_x – измеряемое сопротивление; R_i – сопротивление измерительного прибора; SB1 – кнопка. [13].

13.30. Влияет ли применение выпрямителей в комбинированных приборах на их показания ?

Применение выпрямителей на полупроводниковых диодах в комбинированных приборах ведет к понижению чувствительности прибора, уменьшению входного сопротивления вольтметра и увеличению падения напряжения на амперметре.[13].

13.31.Чему равна единица Ампер ?

Согласно современному состоянию Международной системы единиц наименование величины – электрический ток; наименование единицы величины - Ампер. Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади круглого поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7} \text{N}$, здесь N количество вещества измеряемая в Моль.

В международной системе единиц (СИ) сила тока равна Амперу, если через поперечное сечение проводника проходит заряд в один Кулон за 1 секунду[36]:

$$1 \text{ Ампер} = 1 \text{ Кулон} / 1 \text{ секунда} \text{ или } 1 \text{ A} = 1 \text{ К/сек.}$$

13.32. Как правильно измерить омическое сопротивление катушки реле ?

Омическое сопротивление катушки реле измеряется универсальным мостом. Оно должно соответствовать расчетным (заводским) данным с точностью $\pm 10\%$, 7% и 5% для проводов диаметром 0,16; 0,17-0,25 и 0,75 мм соответственно. Точное соответствие значения омического сопротивления расчетному (заводскому) важно для катушек постоянного тока, т. к. значение сопротивления характеризует потребляемую мощность катушки, следовательно, ее тепловой режим. [22].

13.33. Как включить прибор ВАФ-85 в сеть 380 В ?

При питании от сети 380 В прибор ВАФ-85 должен быть подключен к трехфазной сети через три одинаковых резистора ПЭВ-25 сопротивлением 2,2-5,6 кОм или ПЭВ-10 сопротивлением 5,1 – 5,6 кОм или через три одинаковых конденсатора емкостью 0,05 мкФ. [17].

13.34. Какая схема включения ваттметров называется схемой Арона ?

Схема двух ваттметров (схема Арона) является основной при измерении мощности в трехфазных установках.

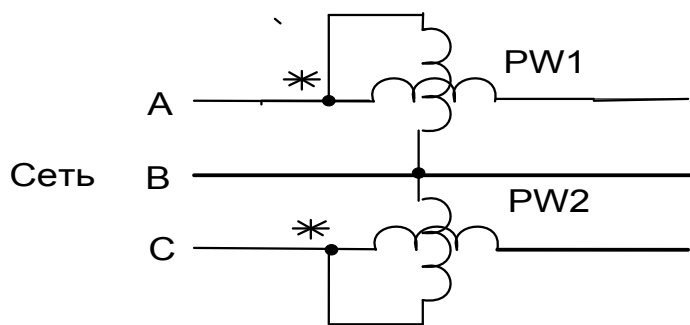


Рис.13.4. Схема включения ваттметров по схеме Арона.

Алгебраическая сумма этих двух мощностей измеряемые ваттметрами PW1 и PW2 будут равняться мощности трехфазной уравновешенной системы (без нулевого провода) при любой нагрузке фаз, любой асимметрии фазных напряжений и любом чередовании фаз

$$P = P_1 + P_2. [10].$$

13.35. Можно ли определить реактивную мощность по показаниям ваттметров ?

Сначала дадим пояснение видам электрической мощности. *Активная мощность* – среднее арифметическое мгновенной мощности за период. Мгновенная мощность равна произведению мгновенных величин напряжения и тока для цепи с активным сопротивлением. *Реактивная мощность* входит в расчетные с разными знаками: индуктивная мощность положительна, а емкостная – отрицательна. Активная мощность положительна при любом угле $\cos\varphi$. Полная мощность также положительна всегда.

Широкое применение для измерения реактивной мощности при равномерной нагрузке фаз и отсутствием нулевого провода находит схема двух ваттметров для измерения активной мощности: $Q = \sqrt{3}(P_2 - P_1)$, где P_1, P_2 – показания ваттметров по схеме Арона. [10].

13.36. Влияет ли $\cos\varphi$ на показания ваттметров ?

При неизменных напряжениях и равномерной нагрузке фаз показания ваттметров изменяются в зависимости от величины угла φ . С уменьшением $\cos\varphi$ в измеряемой цепи т.е. с увеличением реактивной мощности, влияние угловой погрешности измерительных трансформаторов на точность измерения возрастает непропорционально быстро. Погрешность прямопропорциональна отношению реактивной и активной мощности. При производстве измерений двумя ваттметрами надо помнить, что при $\cos\varphi$ менее 0,5 показания одного

ваттметра будут отрицательны. Следовательно, для выполнения отсчета переключатель полярности этого ваттметра придется перевести в положение обратной полярности, а при вычислении мощности его показания подставлять в формулу со знаком минус. Измерение мощности КЗ и ХХ силовых трансформаторов необходимо производить малокосинусными ваттметрами т.к. $\cos\phi$ для режима КЗ низок и лежит в пределах 0,1-0,2. [10].

13.37. Как определить мощность по показанию электрического счетчика ?

Мощность, потребляемая электроприемником, может быть определена по трехфазному счетчику, учитывающий расход активной энергии, по выражению:

$$P = 3600 \cdot N \cdot K_{тТ} \cdot K_{тН} / n \cdot t$$

где: $K_{тТ}$, $K_{тН}$ – коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения соответственно;

n – постоянная счетчика, число оборотов диска за 1 кВт·час;

N – число оборотов, за некоторый промежуток времени t ;

t – промежуток времени измерения числа оборотов (достаточно 20-40 сек, отсчитываемых по секундомеру) [10].

13.38. Как определить $\cos\phi$ по показаниям трехфазного счетчика ?

Для определения $\cos\phi$ по показаниям трехфазного счетчика необходимо кратковременно, секунд на 30-60, сначала отключить цепь напряжения счетчика фазы А и отсчитать за это время число оборотов диска. Затем включить цепь напряжения фазы А, отключить цепь напряжения фазы С и отсчитать число оборотов диска за тот же промежуток времени, после чего схема восстанавливается. Если обозначить через N_2 большее отсчитанное число оборотов диска, а через N_1 меньшее, то $\cos\phi$ определяется по кривой определения $\cos\phi$ по отношению показаний двух ваттметров т.е. по графической зависимости отношения показаний двух ваттметров $P_1/P_2 = \alpha_1/\alpha_2$ ($N_1/N_2 = \alpha_1/\alpha_2$) от $\cos\phi$ приведенной в литературе по электрическим измерениям, в частности приведено в [10].

13.38. Как определить мощность бытовых электроприборов по показаниям счетчика ?

Определение мощности бытовых электроприборов можно выполнить по однофазному счетчику: $P = 3600 \cdot N \cdot 1000 / n \cdot t$, где n - передаточное число, т.е. число оборотов диска, соответствующее 1 кВт·час; N - число оборотов, отсчитанных за t секунд. [10].

13.39. Какие факторы влияют на погрешность электрических счетчиков ?

В электрическом счетчике, кроме вращающего и тормозного моментов, действует еще и другие, а именно:

- момент, вызванный трением в опорах и счетном механизме;
- моменты, возникающие при большой частоте вращения диска от пересечения диском рабочих потоков катушек напряжения и токов.

Для снижения погрешности от трения предусматривается специальное устройство, вызывающее дополнительный компенсирующий момент трения при малых нагрузках. При нагрузках до 10% номинальной погрешность счетчика положительная, от 10% до 20% отрицательная, от 20% до 105% погрешность положительная.

Это объясняется тем, что магнитный поток от токовых катушек возрастает не пропорционально току, а быстрее.

При нагрузке более 105% номинальной погрешность становится отрицательной и значительно увеличивается из-за появления тормозного момента от пересечения диска рабочих потоков.

При пониженном напряжении и нагрузке менее 30% возникает отрицательная погрешность, а более 30% - положительная.

Несимметрия напряжения оказывает существенное влияние на погрешность индукционного счетчика. Несимметрия по току не влияет на погрешность трехэлементного счетчика.

Недоучет электроэнергии при температуре -15° составляет 2-3% и резко возрастает при уменьшении температуры.

Счетчики индукционной системы не чувствительны к внешним магнитным полям.

При снижении $\cos\varphi$ ниже 0,5 погрешность существенно возрастает. Снижение напряжения на 1% приводит к уменьшению реактивной мощности на 2,2%, а активной мощности – на 0,2%. Если направление вектора тока совпадает с направлением вектора напряжения для счетчика активной энергии, то момент будет максимальный и вращение диска правильное при условии совпадения фаз тока и напряжения.

Для правильной работы реактивного счетчика на элементы 1, 2, 3 подаются соответственно ток и напряжение I_a и U_{bc} , I_b и U_{ca} , I_c и U_{ab} . При циклической перестановке фаз напряжения В, С, А т. е. На элемент 1 – напряжение U_b на 2- U_c на 3 – U_a . При угле $\varphi < 30^\circ$ вращающий момент отрицательный, при угле φ равным 30° , момент вращения равен нулю. [35].

13.40. Какой существует способ проверки правильности включения счетчиков ?

Широко распространенный способ проверки правильности включения счетчиков с помощью поочередного обесточивания двух элементов и определения правильного вращения диска оставшегося в работе элемента приводит к следующему. Проверка, как правило, производится днем, когда значение $\cos\varphi$ из-за электродвигательной нагрузки понижается и угол φ между напряжением и током становится более 30° (положительный вращающий момент). В вечернее и ночное время увеличивается активная нагрузка, а индуктивная, как правило, уменьшается, и угол φ становится менее 30° (отрицательный вращающий момент). Вследствие этого показания счетчика в течение суток изменяются незначительно. [35].

13.41. В чем заключается причина повреждения электросчетчиков на подстанциях ?

Опыт эксплуатации электрических счетчиков, включенных по схеме отдельного питания цепей тока и напряжения, показал, что при канализации электроэнергии по воздушным ЛЭП, подключенным к подстанциям, где установлены счетчики, происходит их частое повреждение. В то же время повреждения электросчетчиков на ПС, имеющих только КЛ, не отмечались. Проведенные исследования показали, что причиной повреждения счетчиков являются пробой изоляции между клеммами тока и напряжения, которые оказываются под разным потенциалом при грозовых перенапряжениях с последующим протеканием в месте пробоя токов промышленной частоты. Разный потенциал, который может достигнуть нескольких киловольт, возникает при прохождении различных токов в точках заземлений вторичных цепей трансформаторов тока и нулевого вывода силового трансформатора.

В подтверждение этому следует привести пример мгновенного перекрытия изоляции клемм счетчика и его повреждения, когда при испытаниях повышенным напряжением произошел пробой на корпус электрооборудования. Приведенные испытания ТТ до 1000 В посредством подачи тока в его первичную обмотку показали, что насыщение магнитопровода наступает при токах, не превышающих номинального значения первичной обмотки, и из-за малой мощности этих ТТ напряжение на разомкнутой вторичной обмотке незначительно. [35].

13.42. Какие приборы необходимо применять при измерении мощности постоянного и выпрямленного тока ?

Для измерения мощности постоянного и выпрямленного токов могут применяться электродинамические ваттметры, шкала которых градуируется при $\cos\varphi = 1$. Магнитоэлектрические амперметры и вольтметры (пригодны только для постоянного тока) измеряют среднее значение тока и напряжения. В отличие от них электромагнитные и электродинамические амперметры и вольтметры (пригодны как для постоянного, так и для переменного тока) измеряют действующие значения тока (эффективные, среднеквадратичные).

При включении в цепь постоянного тока показания магнитоэлектрических и электромагнитных или электродинамических приборов будут одинаковы, потому что для хорошо сглаженного постоянного тока среднее, эффективное и амплитудное значение одинаковы. В цепи без сглаживающего фильтра показания их будут различны. Среднее значение равно $I_{ср} = 0,637 I_{мах}$, действующее значение этого же тока $I = 0,707 I_{мах}$. Значит, показания электромагнитного амперметра будут на 11% больше показаний магнитоэлектрического амперметра, так как $0,707:0,637 \cdot 100\% = 11\%$.

При измерении мощности в цепях выпрямленного переменного тока необходимо применять амперметры и вольтметры электромагнитной или электродинамической системы. [10].

13.43. Как снизить погрешность измерения, при работе с приборами ?

Для уменьшения погрешности измерения его следует производить таким образом, чтобы стрелка измерительного прибора находилась как можно ближе к верхней границе шкалы (рекомендуется в последней ее четверти или трети). Например, при измерении амперметром класса 1,0 (со шкалой 10 А) тока 4 А относительная погрешность измерения составит: $\delta = 1,0 \cdot 10 / 4 = 2,5\%$, а при измерениях этого же тока аналогичным прибором, но со шкалой 5 А, относительная погрешность составит

$$\delta = 1,0 \cdot 5 / 4 = 1,25\%, \text{ т.е. значение, близко к классу точности прибора. [17].}$$

13.44. Какое сопротивление называется критическим ?

Для электромагнитного торможения гальванометра существенное значение имеет сопротивление цепи тока. Уменьшая сопротивление, на которое замкнут гальванометр, можно найти такое его значение, при котором движение подвижной части гальванометра будет уже аperiodическим, а время успокоения – наименьшим. При дальнейшем уменьшении сопротивления сохраняется характер движения рамки, но движение ее замедляется, при замыкании на которое подвижная часть гальванометра движется аperiodически, называется внешним *критическим сопротивлением* гальванометра, а гальванометр – критически успокоенным. Сопротивление, равное сумме внешнего критического сопротивления и сопротивления гальванометра, называется полным критическим сопротивлением гальванометра. [36].

13.45. Для чего у шунта имеются токовые и потенциальные клеммы ?

Шунт применяется для расширения предела измерения тока измерительного механизма. Он представляет собой сопротивление, включаемое в цепь измеряемого тока, параллельно которому присоединяется измерительный механизм. Для устранения влияния контактных сопротивлений шунты снабжаются токовыми для включения в цепь и потенциальными для присоединения измерительного механизма.

Между этими зажимами и включено сопротивление шунта

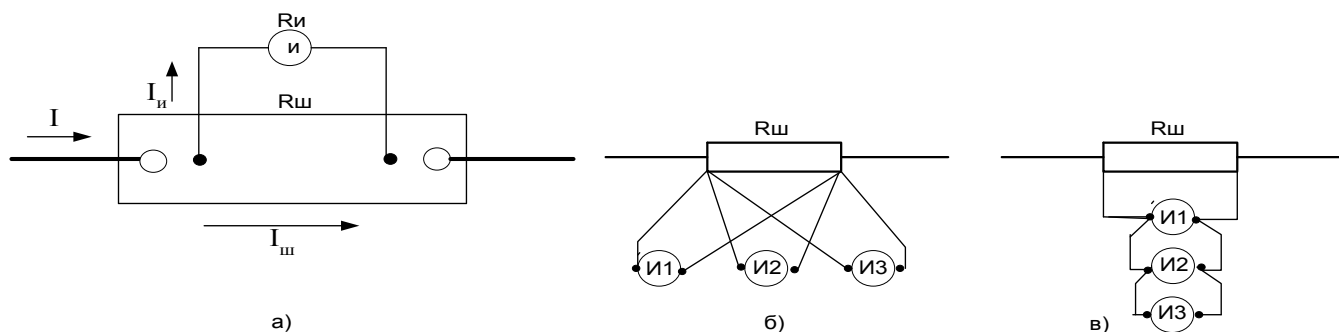


Рис. 13.5. Схема включения шунта.

- схема соединения измерительного механизма с шунтом;
- правильная схема подключения нескольких приборов к одному шунту;
- не правильная схема подключения нескольких приборов к одному шунту;

Измеряемый ток цепи I и ток измерительного механизма $I_{и}$ одной из параллельных ветвей связаны соотношением $I = I_{и} P$, где $P = R_{и} / R_{ш} + 1 = I / I_{и}$ – шунтирующий множитель, показывающий, во сколько раз измеряемый ток I больше тока $I_{и}$ измерительного механизма,

или во сколько раз расширяется предел измерения тока.

$R_{ш} = R_{и}/(P - 1)$, для расширения предела измерения в P раз необходим шунт с сопротивлением, в $(P - 1)$ раз меньшим сопротивления измерительного механизма.

Шунты преимущественно применяются в цепях постоянного тока, так как при переменном токе распределение токов в параллельных ветвях зависит от индуктивности и частоты, что усложняет их применение и сопряжено с погрешностями. Применение шунтов с электромагнитными, электродинамическими, ферродинамическими и индукционными системами нерационально из-за сравнительно большого потребления мощности этими механизмами, что приводит к существенному увеличению сопротивления шунтов, и, следовательно, к увеличению их размеров и потребляемой мощности. [36].

13.46. В каких целях применяются добавочные сопротивления ?

Добавочные сопротивления применяются для расширения предела измерения напряжения и для исключения влияния температуры на сопротивление вольтметра. Добавочное сопротивление изготавливаются из манганина и включаются последовательно с измерительным механизмом.

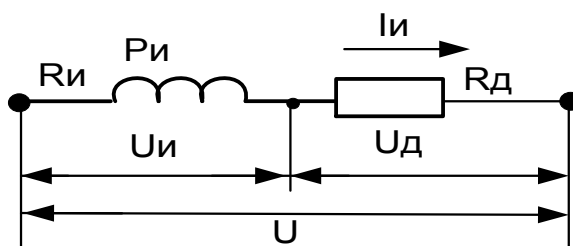


Рис.13.6. Схема включения добавочного сопротивления.

Если предел измерения напряжения измерительного механизма необходимо расширить в p раз, то $R_d = R_{и} (p - 1)$, т. е. Оно должно быть в $(p - 1)$ раз больше сопротивления измерительного механизма.

Добавочное сопротивление не только расширяет предел измерения напряжения, но и уменьшает температурную погрешность вольтметра. Для постоянного тока наматываются обычно, а для переменного тока – бифилярно с целью получения безреактивного сопротивления.[36].

13.47. В чем заключаются особенности измерения сопротивлений ?

При измерении малых сопротивлений на результат измерения влияют сопротивления соединительных проводов, контактов и контактные термо-эдс. При измерении больших сопротивлений необходимо считаться с объемным и поверхностным сопротивлениями и учитывать или устранять влияние температуры, влажности и других причин. Измерение сопротивлений жидких проводников или проводников, обладающих высокой влажностью (сопротивлений заземления), производится на переменном токе, так как применение постоянного тока связано с погрешностями, вызванными явлением электролиза.

Измерение сопротивлений твердых проводников производится на постоянном токе. Так как при этом, с одной стороны, исключаются погрешности, связанные с влиянием емкости и индуктивности объекта измерения и измерительной цепи, с другой стороны, появляется возможность применять приборы магнитоэлектрической системы, имеющие высокую чувствительность и точность. Поэтому мегомметры выпускаются на постоянном токе. [36].

13.48. От чего зависят показания приборов при измерении напряжения в сети постоянного тока по отношению к земле ?

Показания вольтметра, включенного между проводом и землей, при постоянном напряжении сети зависит только от сопротивления изоляции второго провода. При нормальном состоянии изоляции каждый из вольтметров (один включен в цепи «+» - земля, второй «-» - земля) покажет напряжение, равное половине напряжения сети. Уменьшение сопротивления изоляции одного из проводников вызовет уменьшение показаний вольтметра, подключенного к этому проводу, и увеличение показаний второго вольтметра вследствие уменьшения эквивалентного сопротивления.[36].

13.49. Какие показания вольтметров будут при измерении напряжения в сети переменного тока с изолированной нейтралью ?

Для контроля изоляции в сети переменного тока с изолированной нейтралью, применяются три вольтметра (или один через переключатель фаз). При исправной изоляции всех трех проводов вольтметры показывают одинаковые фазные напряжения. При уменьшении сопротивления изоляции одного из проводов, например первого, показания первого вольтметра уменьшаются, так как уменьшается разность потенциалов между первым проводом и землей. В то же время показания других вольтметров возрастут. При уменьшении сопротивления изоляции первого провода до нуля показание первого вольтметра будет равно нулю. И второй и третий вольтметры покажут линейные напряжения. [36].

13.50. Допускается ли применение ТТ с завышенным коэффициентом трансформации ?

Допускается применение ТТ с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединений ток во вторичной обмотке ТТ будет составлять не менее 40% номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке не менее 5%. [35].

13.51. Какой недостаток имеет прибор ВАФ-85 при определении характера тока нагрузки ?

Известно, что при снятии векторных диаграмм вторичных цепей ТТ прибором ВАФ-85 отсчет угла φ производится от опорного напряжения $U_{ав}$, которому соответствует отметка «0» на лимбе прибора. От 0 до 180° в сторону опережения градуировка лимба имеет обозначение «емкость», а от 0 до 180° в сторону отставания «индуктивность». Это может привести к ложной оценке характера тока нагрузки при нахождении его вектора в пределах от 0 до 30° «инд» по шкале лимба. В этом случае первичный ток на самом деле будет емкостной, а не активно-индуктивный, поскольку характер тока определяется его опережением или отставанием от соответствующего ему фазного напряжения как показано на рис.13.7.[35].

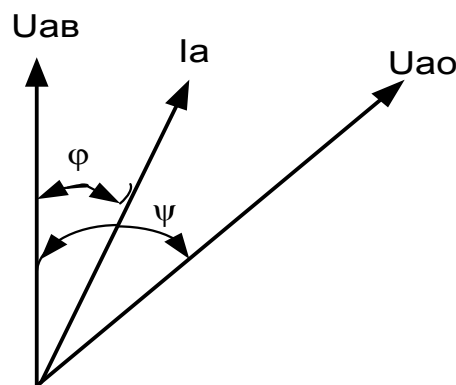


Рис.13.7. Векторная диаграмма тока по отношению к напряжению.

13.52. Какие способы несанкционированного вмешательства в схему учета электроэнергии приводят ее к недостоверным показаниям ?

Некоторые преднамеренные изменения (с целью хищения электроэнергии) в системе измерительного комплекса и способы их обнаружения:

- установка внутри изоляции проводников цепей напряжения малогабаритных резисторов с целью снижения напряжения на параллельных катушках счетчика. Для определения этого нарушения следует измерить напряжение сети и на зажимах счетчика;
- замена табличек с одним коэффициентом трансформации ТТ на табличку с другим

коэффициентом. Измерение первичного тока токоизмерительными клещами не всегда представляется возможным, например, когда к ТТ подключаются не провода или жилы кабеля, а шины. Для обнаружения этого нарушения используются кривые зависимости тока в шунтирующем проводнике (выводы Л1 и Л2 ТТ) и вторичного тока одноименной фазы. В качестве шунтирующего проводника использовался проводник прибора ВАФ-85. В зависимости от коэффициента трансформации ТТ заметно изменяется угол наклона прямой, как показано на рис.13.8.

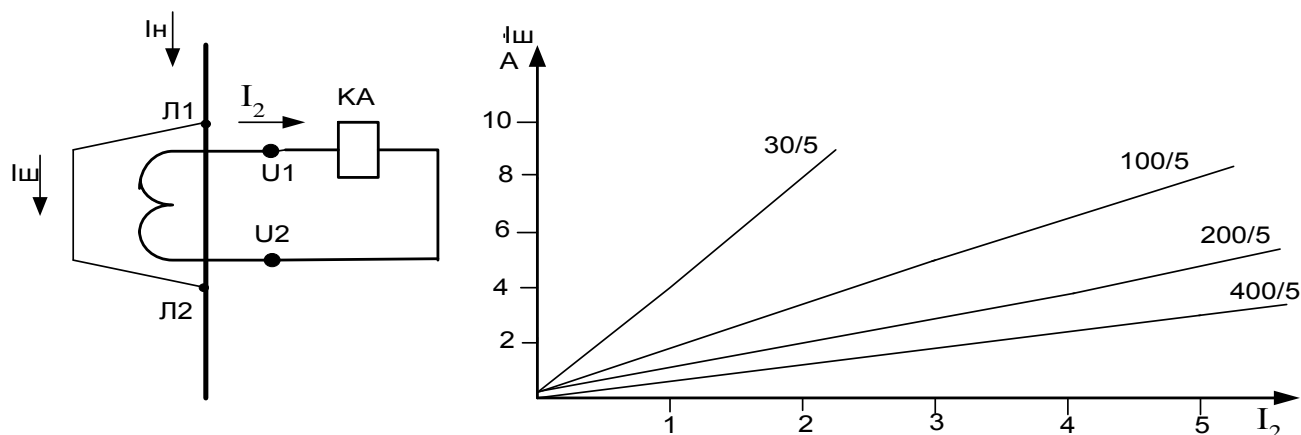


Рис.13.8. Проверка коэффициента трансформации ТТ типа ТК-20 косвенным методом.

- повторные замыкания на землю вторичных цепей ТТ, при которых шунтируется последовательная катушка счетчика. В зависимости от сопротивления шунтирующей цепи меняется и ток этой цепи. Определение этого нарушения производится определением чувствительными приборами наличие тока в проводнике, который используется для заземления вторичных цепей ТТ. При отсутствии повторного замыкания отклонение стрелки не произойдет;
- при подаче на зажимы обмоток напряжения счетчиков напряжения ВСА, САВ (в место АВС) когда фазоуказателем фиксируют правильное чередование фаз, учет электроэнергии счетчиками может уменьшиться или увеличиваться относительно действительного потребления. Обязательным условием для определения циклической перестановки фаз является значение $\cos\phi$ контролируемого присоединения, значение которого определяется как прямым изменением, так и с помощью векторных диаграмм;
- фиксировались случаи параллельного включения токовых катушек счетчиков активной и реактивной энергии. Для устранения этого нарушения необходимо произвести измерение токов в различных точках вторичных цепей ТТ;
- незначительное ослабление контактов вторичных цепей ТТ вызывает при малой нагрузке присоединения прекращение циркуляции тока в этих цепях. Увеличение нагрузки влечет за собой увеличение напряжения на зажимах вторичной обмотки ТТ и, как следствие, пробой изоляционного промежутка в месте ослабленного контакта с последующим восстановлением протекания вторичного тока.

Для устранения этого нарушения необходимо провести проверку состояния вторичных цепей ТТ. Витковые КЗ, замыкание на землю или ослабление контакта в месте подключения токовой обмотки вызывает значительное изменение угла ϕ , значение которого в нормальных условиях является постоянным. Например, для индукционного счетчика $\phi = 30^\circ$, реле РТВ (5А) $\phi = 60^\circ$;

- изменение маркировки (полярности) на одном из трех ТТ уменьшит учет электроэнергии трехэлементными счетчиками на 2/3 относительно потребляемой энергии. [35].

13.53. Как определить $\cos\phi$ по показаниям активного и реактивного счетчиков ?

Средневзвешенный коэффициент определяется по формуле

$\text{tg}\phi = w_p/w_a$, здесь w_p, w_a – соответственно число оборотов реактивного и активного счетчиков, например, за 1 минуту.

При отсутствии реактивного счетчика $\text{tg}\phi$ можно определить по показаниям счетчика активной энергии по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{3}(n_1 - n_2) / (n_1 + n_2)$$

Для этого необходимо за 1 минуту отсчитать число оборотов без напряжения U_a , а затем без U_c (n_1 – большее число оборотов, n_2 – меньшее число оборотов; число n_2 – берется со знаком минус при вращении диска в обратную сторону). По счетчику активной энергии можно рассчитать активную мощность нагрузки: $P_n = K_j K_v 3600 n_{об} / N \cdot 60$,

здесь K_j, K_v – коэффициенты трансформации соответственно ТТ и ТН;

$n_{об}$ – число оборотов за 1 минуту;

N – передаточное число.[35].

13.54. Как подключить прибор ВАФ-85 по цепи напряжения в однофазную сеть 220 В ?

Для подключения прибора ВАФ –85 или маломощную нагрузку через преобразователь однофазного напряжения в трехфазное предлагается следующая схема (рис13.9):

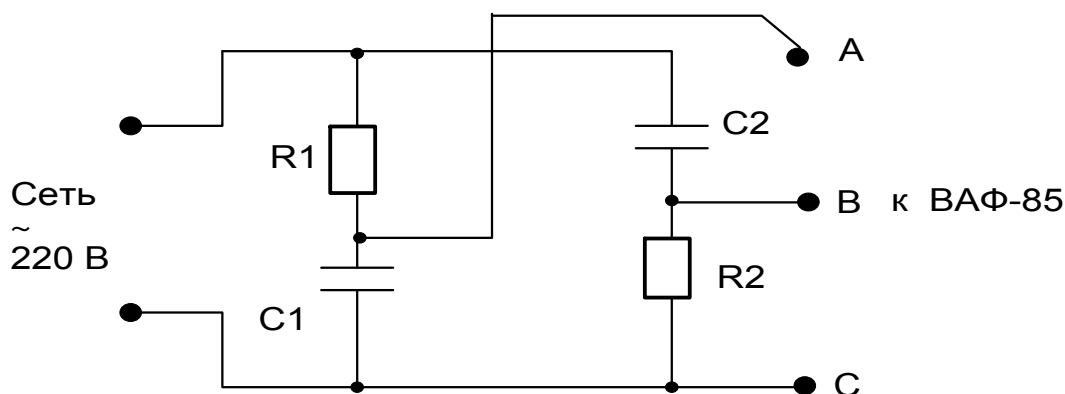


Рис13.9. Схема преобразования однофазного напряжения в трехфазное.
C1, C2 – конденсатор 2мкФ; R1, R2 – резистор 920 Ом

13.55. Какие указатели напряжения применяются в сети постоянного и переменного тока ?

Указатели, предназначенные для электроустановок до 1000 В, делятся на двухполюсные и однополюсные. Двухполюсные указатели могут применяться в установках как переменного, так и постоянного тока. Однополюсный указатель может применяться только в установках переменного тока, поскольку при постоянном токе его лампочка не горит и при наличии напряжения.

13.56. Чем нужно руководствоваться для снижения погрешности измерений при техническом обслуживании устройств РЗА ?

Для уменьшения погрешности измерений следует руководствоваться следующим :

- испытательное устройство должно давать практически синусоидальный ток и напряжение. Для этого испытательные устройства запитываются от линейных напряжений, во вторичную цепь нагрузочного трансформатора включается добавочный резистор, сопротивление которого определяется по формуле: $R_d \approx 10 Z_p$, где Z_p – сопротивление обмотки реле, Ом;
- выбирать систему измерительного прибора таким образом, чтобы прибор и проверяемые реле реагировали на одни и те же значения (действующее, среднее и др.) Детекторные и электронные измерительные приборы в цепях с несинусоидальными токами или напряжением можно применять лишь для измерений, не требующих высокой точности, или для определения максимальных и минимальных значений;
- подбирать пределы измерительных приборов таким образом, чтобы их показания составляли не менее двух третей шкалы;
- при измерении тока (мощности) через промежуточный трансформатор тока предел

амперметра (вольтметра) желательнее выбирать равным номинальному вторичному току ТТ. Класс точности этого ТТ должен быть по крайней мере на одну ступень выше класса точности амперметра (вольтметра). Коэффициент трансформации подбирается таким образом, чтобы значение измеряемого тока было как можно ближе к номинальному первичному току ТТ. Значение сопротивления нагрузки должно быть в пределах 25-100% номинального значения ТТ. При использовании ТТ температура окружающего воздуха должно быть в пределах 10 – 35 °С;

- учитывать температуру окружающей среды и возможность работы прибора при такой температуре;
- следует правильно устанавливать прибор, по возможности не допуская отклонений от его нормального положения;
- во всех случаях, особенно при измерении малых значений токов и напряжений, следует включать амперметр и вольтметр так, чтобы собственное потребление прибора вносило минимальные ошибки в измерениях, При измерении напряжений в цепях маломощных источников (на выходе фильтров, в полупроводниковых схемах и др.) следует применять высокоомные вольтметры. Сопротивление вольтметров переменного тока должно быть не менее 1-2 кОм/В, сопротивление вольтметров для измерения в цепях постоянного тока (полупроводниковые устройства РЗА, цепи приемопередатчиков ВЧ защит) должны быть не менее 10-20 кОм/В. Сопротивление милли-микро амперметров для измерений токов на выходе фильтров, в дифференциальных схемах, в схемах сравнения и т.п. должно быть минимальным, около десятых долей Ома при шкалах 25-50 мА;
- для устранения влияния внешних полей следует скручивать вместе прямой и обратный провода, по которым протекают значительные токи;
- при измерении одной и той же величины двумя приборами и определении ее по сумме показаний этих приборов следует большую долю измеряемой величины измерять прибором с более высоким классом точности;
- при измерении электрической мощности целесообразнее производить измерение с помощью ваттметров, а не по показаниям трех приборов того же класса точности: вольтметра, амперметра, фазометра (так как их погрешности при измерении складываются);
- при применении электронных средств измерения следует учитывать наличие возможного заземления отдельных точек схемы (в токовых цепях и в цепях напряжения, в блоках питания и др.). При неправильном подключении заземленного вывода измерительного прибора возможно возникновение КЗ или значительная ошибка в измерении из-за нарушения режимов работы проверяемой схемы. [17].

13.57. Можно ли прибором ВАФ-85 определить величину и направление магнитного поля ?

Прибор может быть использован для определения наличия переменного магнитного поля, а также определения направления и примерной оценки его величины. Установите тумблер В2 в положение «величина», а переключатель пределов В3 поставьте в положение «1А» или «10А»; присоедините клещевую приставку. В зазор клещевой приставки вставьте любой неферромагнитный предмет, обеспечивающий зазор, равный 7 мм (размер граненного карандаша). Поворачивая клещи в разных направлениях, найдите положение, соответствующее максимальному отклонению стрелки прибора, тогда исследуемое поле оказывается направленным перпендикулярно к плоскости разъема. Можно производить определение величины поля также, когда тумблер В2 находится в положении «фаза» и подано трехфазное напряжение на зажимы гнезда А, В, С. Вращайте ручку фазорегулятора до тех пор, пока прибор покажет максимум. Для оценки величины поля пользуйтесь таб.13.1.

Поле, эрстед	Тумблер В2 в положении «фаза» деления шкалы	Тумблер В2 в положении «величина» (больше)
	ПРЕДЕЛ 1А	
0,2	1,2	0,9
0,4	2,05	1,6
0,6	3,0	2,2
0,8	4,0	

1,0	5,0	2,9
2,0	1,2	0,9
4,0	2,2	1,7
6,0	3,2	2,6
8,0	4,2	3,4
10,0	5,15	5,4

13.58. Для чего предназначен куметр ?

Прибор для измерения емкости (С), индуктивности (L) и добротности (Q) резонансным методом называется *куметром*. К ним относится прибор Е9-4. Резонансные методы измерения С, L, Q применяется в основном в высоких частотах, так как в этом диапазоне частот применяют небольшие емкости и индуктивности.[36].

13.59. Что называется импедансом и какими приборами он измеряется ?

Импеданс – (означает препятствие) устаревшее название полного сопротивления электрической цепи переменному току, включающее в себе активное, индуктивное, емкостное сопротивление. В физике это комплексное сопротивление, возникающее при колебаниях акустических систем. В физиологии реактивное сопротивление, оказываемое живой тканью переменному току.

Промышленностью выпускаются приборы Е7-11 (аналоговый прибор); измеритель иммитанса Е7-15 (цифровой прибор) предназначен для измерения иммитансных параметров (емкость (С); индуктивность (L); сопротивление (R); проводимость (G); фактор потерь (D); добротность (Q)) элктрорадиокомпонентов: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности; универсальный мост типа Е12-2, предназначенный для измерения индуктивности, емкости и активного сопротивления. В этом приборе для измерения емкости используется однородный мост, для измерения индуктивности – неоднородный мост переменного тока, а для измерения сопротивления – мост постоянного тока.

13.60. Какие приборы используются при ручной точной синхронизации?

Для выполнения ручного способа точной синхронизации применяется автоматический контроль синхронизма, который запрещает включение выключателя синхронизируемой ВЛ при несоблюдении условий синхронизации. При точной ручной синхронизации напряжения и частоты контролируют по установленным на щите управления двум вольтметрам и двум частотомерам, а сдвиг по фазе напряжений – по синхроноскопу; последний позволяет не только уловить момент совпадения фаз напряжений, но также определить, вращается ли включаемый генератор быстрее или медленнее, чем работающие. Указанные приборы объединяют в так называемую «колонку синхронизации». Парно вольтметр и частотомер подключают к трансформаторам напряжения 1 и 2 СШ соответственно или к ТН 1(2) СШ и к трансформатору шкафа отбора напряжения. Синхроноскоп подключают одновременно к обоим ТН (ТН и ШОН)

Синхроноскоп состоит из статора с двумя полюсами, снабженными обмотками, и ротора с трехфазной обмоткой. Статорную обмотку присоединяют через шинки синхронизации к одному межфазному напряжению, как правило, $U_{ав}$ со стороны линии (ТН, ШОН), роторную обмотку – к (а,в,с)ТН системы шин. Между неподвижными полюсами статора возникает однофазное переменное поле, изменяющееся с частотой синхронизируемой линии, в роторе – трехфазное поле, вращающееся с частотой напряжения СШ. При равенстве частот и фаз в результате взаимодействия обоих полей якорь и укрепленная на нем стрелка останавливаются в определенном положении «12 часов», или отмеченном красной чертой.

13.61. Какие измерительные приборы называются астатическими ?

Некоторые измерительные системы обладают слабым собственным магнитным полем и, следовательно, они в сильной степени подвержены влиянию внешних магнитных полей.

Для уменьшения дополнительной погрешности от внешнего магнитного поля применяются астатические измерительные механизмы. Астатический механизм (электродинамической системы) имеет две неподвижные и две подвижные катушки. Магнитное поле неподвижных катушек имеют противоположные направления. Токи в подвижных катушках также направлены взаимно противоположно, благодаря этому увеличение вращающего момента одной подвижной катушки, вызванное внешним равномерным полем, компенсируются таким же уменьшением вращающего момента второй катушки, вызванным тем же внешним магнитным полем.












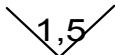
Другим средством уменьшения дополнительных погрешностей от внешнего магнитного поля является применение экранирования.[36].

13.62. Какие гальванометры называются дифференциальными и баллистическими ?

Устройство *дифференциальных гальванометров* такое же, как и обычных, но они имеют не одну, а две одинаковые обмотки, по которым проходят токи в противоположных направлениях. Вращающий момент и угол поворота рамки пропорциональны разности токов. Таким образом, при равенстве токов угол поворота будет равен нулю, что позволяет в процессе сравнения двух токов устанавливать их равенство. Дифференциальные гальванометры можно применять, например, для измерений сопротивлений, сравнивая токи в измеряемом и образцовом сопротивлении при их параллельном соединении.

Баллистический гальванометр предназначен для импульсных измерений. Особенностью этого типа гальванометра является большой момент инерции его подвижной части, что достигается увеличением массы подвижной части. Если принять допущение о том, что подвижная часть начинает свое движение после окончания импульса тока в обмотке подвижной рамки, то количество электричества, протекшее в цепи, пропорционально первому максимальному отклонению указателя (иногда это отклонение называют баллистическим отбросом).[36].

13.63. Какие наиболее и менее распространенные условные обозначения наносятся на электроизмерительные приборы, кроме обозначения системы приборов ?

Ток постоянный	
Ток однофазный переменный	
Ток трех фазный переменный (общее обозначение)	
Ток трехфазный переменный при неравномерной нагрузке фаз	
Напряжение испытательное 500 В	
Напряжение испытательное, превышающее 500 В (например, 2 кВ)	
прибор испытанию прочности изоляции не подлежит	
прибор применять при вертикальном положении шкалы	
прибор применять при горизонтальном положении шкалы	
Генераторный зажим	
прибор применять при наклонном положении шкалы (например, под углом 60°) относительно горизонтальной плоскости;	
класс точности при нормировании погрешности в процентах диапазона измерения, например 1,5	1,5
класс точности при нормировании погрешности в процентах длины шкалы, например 1,5	

вольтметр с цифровым отсчетом

вольтметр с непрерывной регистрацией

амперметр, подвижная часть которого отклоняется в обе стороны от нулевой отметки

2. Гальванометр

3. Синхроскоп

4. Осциллоскоп

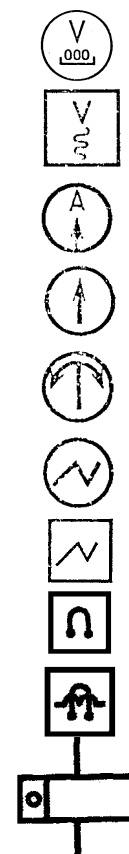
5. Осциллограф

6. Гальванометр осциллографический:

а) тока или напряжения

б) мгновенной мощности

7. Счетчик импульсов



14. ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ И УСТРОЙСТВ РЗА.

14.1. Какими параметрами характеризуется изоляция ?

Электротехническое оборудование имеет внешнюю и внутреннюю изоляцию. Основой внешней изоляции является наружная среда, а внутренней изоляции – твердые, жидкие и газообразные диэлектрики. Состояние этих компонентов определяет качество изоляции. Изоляция характеризуется сопротивлением изоляции, токами утечки (проводимости), диэлектрическими потерями, наличием частичных разрядов и электрической прочностью. Для уяснения характеристик изоляции рассмотрим схему замещения изоляции, а также происходящие в изоляции процессы: поляризацию, частичные разряды и пробой.

Схема замещения изоляции. Упрощенная схема замещения изоляции представляется параллельным соединением эквивалентных конденсатора и резистора (рис. 14.1.)

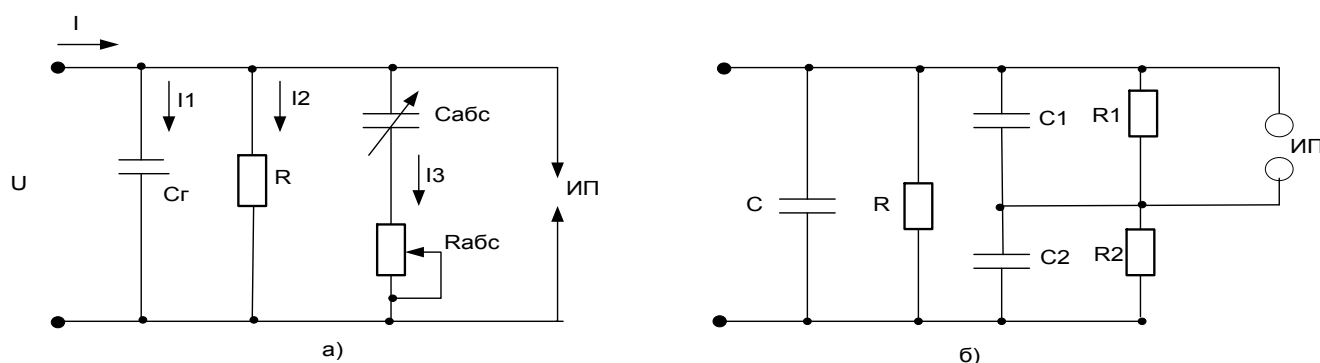


Рис. 14.1. Схема замещения изоляции.

а) на переменном напряжении;

б) на постоянном напряжении

Геометрическая емкость C_r образуется толщиной изоляции между электродами, площадью электродов и диэлектрической проницаемостью диэлектрика, т. е. зависит от размеров и свойства вещества диэлектрика.

Состояние изоляции изменяется с ростом температуры и увлажнения. Это особенно сказывается при наличии в изоляции примесей, легко растворимых в воде.

В большинстве случаев изоляция неоднородна по структуре, в ней всегда имеются участки, способные накапливать объемный заряд. На схеме замещения – это цепочки $C_{abc} - R_{abc}$. Искровой промежуток ИП характеризует электрическую прочность изоляции, т.е. напряжение, которое выдерживает диэлектрик без пробоя.

При приложении к изоляции ток I , проходящий по изоляции, представляет сумму токов: тока заряда I_1 геометрической емкости, который спадает при подведении напряжения постоянного тока; тока I_2 сквозной проводимости, характеризующего в основном внешнее состояние изоляции; абсорбционного тока I_3 , который проходит по цепи $C_{abc} - R_{abc}$.

Конденсаторы C_r и C_{abc} обеспечивают скопление заряда на объекте испытания. При разряде - закорачивании диэлектрика – конденсатор C_r разряжается мгновенно, конденсатор C_{abc} разряжается длительно и тем дольше, чем больше произведение значений $C_{abc} \cdot R_{abc}$, имитирующих процесс абсорбции. При включении диэлектрика под напряжение возникает бросок зарядного тока I_1 , определяемого в основном C_r и почти мгновенно спадающего, ток заряда I_3 конденсатора C_{abc} и ток I_2 сквозной проводимости, определяемый сопротивлением r .

Распределение напряжения по элементам изоляции на постоянном токе соответствует их проводимостям. Наиболее часты в изоляции газовые включения, схема замещения такой изоляции может быть представлена рис.13.1.б, на котором: R_1 и R_2 сопротивления изоляции газового включения и последовательно включенного участка неповрежденной изоляции; R – сопротивление остальной массы изоляции; C_1 и C_2 – емкость изоляции газового включения и участка неповрежденной изоляции.

На изоляцию воздействует электрическое поле, в результате в изоляции возникают и развиваются процессы поляризации и ионизации, а также частичные разряды.[6]

14.2. Назовите общие положения при проверке состояния изоляции устройств РЗА.

Измерение сопротивления изоляции (для всех типов реле) производят с помощью мегометра на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции реле на номинальное напряжение 60 В и ниже измеряют мегометром на напряжение 500 В. Во избежание пробоев диодов, стабилитронов и конденсаторов на реле, где они установлены, рекомендуется шунтировать их тонкими (диаметром 0,1-0,15 мм) проводниками.

Сопротивление изоляции реле должно быть не ниже 50 Мом. Испытания электрической прочности изоляции производят с помощью испытательного трансформатора переменным напряжением 1000 В частоты 50 Гц в течение 1 минуты. Номинальная мощность испытательного трансформатора, применяемого для испытания электрической прочности изоляции, должна быть порядка 1 кВА. Если в реле имеются цепи, рассчитанные на меньшее испытательное напряжение, то они должны быть отключены и подвергнуты испытаниям отдельно.[60].

14.3. При каких температурах измеряются электрические характеристики изоляции?

Электрические испытания изоляции электрооборудования необходимо проводить при температуре изоляции не ниже 5^0 С. Измерения электрических характеристик изоляции, произведенные при отрицательных температурах, должны быть повторены в возможно более короткие сроки при температуре изоляции не ниже 5^0 С. Сравнение характеристик изоляции должно производиться при одной и той же температуре изоляции или близких ее значениях (расхождение не более 5^0 С). Если это невозможно, должен применяться температурный перерасчет. [29].

14.4. Назовите требования при испытании изоляции повышенным напряжением ?

При испытаниях электрооборудования повышенным напряжением частоты 50 Гц необходимо использовать линейные напряжения питающей сети. Испытательное напряжение должно подниматься плавно со скоростью допускающей визуальный контроль по измерительным

приборам и по достижении установленного значения поддерживаться неизменным в течение всего времени испытания.

Замена испытания напряжением 1 кВ частоты 50 Гц на измерение одноминутного значения сопротивления изоляции мегомметром на напряжение 2500 В цепей релейной защиты и автоматики не допускается.

Значение испытательного напряжения для цепей РЗА и других вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, автоматы, магнитные пускатели, реле, приборы и т. п.) применяется равным 1000 В в течение 1 минуты относительно земли. Вторичные цепи, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже, а также цепи, содержащие устройства с микроэлектронными элементами напряжением 1000 В частоты 50 Гц не испытываются.

До и после завершения испытания повышенным напряжением производится измерение сопротивления изоляции. Результаты не должны существенно различаться между собой.[29].

14.5. Есть ли отличия между измерением сопротивления изоляции и испытанием изоляции повышенным напряжением ?

Следует различать измерение сопротивления изоляции и испытание ее электрической прочности. Измерение изоляции мегомметром не является испытанием ее электрической прочности, поскольку при измерении мегомметром напряжение в самом мегомметре снижается. Так при измерении сопротивления 1 Мом мегомметром на 1000В действительное напряжение на его зажимах будет около 450 В, а на 500 В только около 200 В.[23].

14.6. Почему при испытании изоляции применяется выпрямленное напряжение ?

Применение выпрямленного испытательного напряжения позволяет значительно уменьшить мощность испытательной установки и ведение контроля за состоянием изоляции по измеряемым током утечки. В исправной и сухой изоляции ток утечки с течением времени от момента приложения напряжения падает, в дефектной изоляции наблюдается рост тока. Диэлектрические потери при испытании выпрямленным напряжением малы, поэтому опасность повреждения исправной изоляции снижается, а величина пробивного напряжения повышается по сравнению с переменным.[21]

14.7. Почему в мегомметрах применяется источник постоянного тока ?

Наличие в мегомметре источника постоянного тока дает возможность измерять сопротивление изоляции при значительном напряжении (до 2500 В), а для некоторых электроаппаратов позволяет одновременно испытывать изоляцию повышенным напряжением. Однако следует иметь ввиду что при подключении мегомметра к аппарату с пониженным сопротивлением изоляции напряжение на выходе мегомметра также понижается.[20].

14.8. Влияет ли изменение напряжения на выходе мегомметра на результаты измерений ?

В мегомметрах без стабилизации выходного напряжения (например, в мегомметрах старых типов, со встроенным генератором) возможно протекание зарядных токов емкости объекта, искажающих результаты измерений. Эти токи возникают при уменьшении испытательного напряжения и протекают через измерительный орган мегомметра, вызывая броски стрелки прибора. Перед отсчетом показаний мегомметра необходимо повысить частоту вращения генератора до прекращения таких бросков.[21].

14.9. В каких случаях используется вывод «Э» (экран) у мегомметра ?

Вывод «Э» предназначен для присоединения цепей экранирования. Экранирование применяется в случае, когда необходимо исключить влияние поверхности изоляционной конструкции или ограничить область контролируемой изоляции. Для исключения влияния состояния поверхности на наружной части изоляционной конструкции около электрода,, соединенного с выводом «R_x» мегомметра, устанавливается экранирующее кольцо из мягкого провода, соединяемое с выводом «Э».[21].

14.10. Как правильно подготовить мегометр к измерению ?

Перед измерением на месте должна быть проверена исправность мегометра. Для этого мегометр устанавливают в горизонтальное положение, зажимы Л и З замыкают накоротко, вращают ручку привода генератора со скоростью 120 об/мин и проверяют совпадение стрелки с нулевой отметкой. Затем при разомкнутых зажимах вращают рукоятку привода генератора с той же скоростью. При этом стрелка измерителя должна устанавливаться на отметку ∞ . Можно допустить несовпадение стрелки измерителя с конечными отметками шкалы до ± 1 мм, на такой мегометр при первой возможности нужно направить на поверку.

Соединительные провода должны иметь необходимую длину и хорошую изоляцию, одножильными многопроволочными на рабочее напряжение не ниже 2,5-3 кВ. Наиболее удобны гибкие провода марки ПВЛ. Провода в оплетке применять не следует, так как они легко увлажняются. Провода со стороны мегометра оконцовывают наконечниками, со стороны испытываемых цепей – изолирующими ручками.

Желательно располагать проводники на весу, чтобы исключить шунтирующее действие сопротивления изоляции соединительных проводов на измеряемое сопротивление. Поверхность мегометра должна быть сухой и чистой. Рекомендуется располагать мегометр на специальной деревянной подставке. Провода от мегометра нельзя укладывать на сырой земле и заземленных металлических предметах.

14.11. Какие факторы влияют на величину сопротивления изоляции ?

На величину сопротивления изоляции оказывают влияние следующие факторы:

- длительность измерения. У не увлажненной изоляции, выполненной из органических материалов, величина сопротивления с течением времени возрастает. Сопротивление изоляции во времени изменяется обратно пропорционально характеру изменения тока, а так как при приложении к изоляции постоянного напряжения ток уменьшается по экспоненте, то значение сопротивления изоляции растет во времени. Практически у большинства видов изоляции поляризационные процессы завершаются через 60 сек., т.е. через 60 сек. после приложения постоянного напряжения сопротивление изоляции достигает установившегося значения. Чем меньше значение сопротивления изоляции, тем следовательно, более развит дефект в изоляции, т. к. сопротивление изоляции определяет наличие сквозных проводящих путей в изоляции;
- температура изоляции. С повышением температуры сопротивление изоляции уменьшается. При измерении сопротивления изоляции одновременно нужно измерять и ее температуру;
- увлажненность изоляции. В некоторых случаях изоляцию характеризуют кроме значения сопротивления изоляции спадом поляризационного тока или нарастанием сопротивления во времени, так называемым коэффициентом абсорбции:

$$K_{абс} = R_{60}/R_{15}$$

т.е. отношение значений сопротивления изоляции измеренных через 15 и 60 секунд. Чем больше увлажнена или загрязнена изоляция, тем меньше $K_{абс}$. Для неувлажненной изоляции при температуре 10-30⁰С коэффициент абсорбции равен 1,3-2, для увлажненной близко к единице.

- загрязненность изоляции. Перед измерением следует очистить от грязи, мусора и протереть чистой тряпкой без ворсинок. [20; 7].

14.12. Как измерить сопротивление вторичных цепей трансформаторов тока ?

Измерение сопротивления изоляции вторичных обмоток и промежуточных обмоток каскадных ТТ относительно цоколя производится мегаометром на напряжение 1000 В. Измеренные значения сопротивления изоляции должны быть не менее 50 Мом для всех классов напряжения. Сопротивление изоляции вторичных обмоток ТТ с подключенными вторичными цепями должно быть не менее 1 Мом. [29].

14.13. Как измерить сопротивление изоляции обмоток трансформаторов напряжения ?

Измерение сопротивления изоляции обмотки ВН ТН производится мегометром на напряжение 2500 В.

Измерение сопротивления изоляции вторичных обмоток, а также связующих обмоток каскадных ТН производится мегометром на напряжение 1000 В. Измеренные значения сопротивления изоляции должны быть не менее:

ТН 35-500 кВ	1 Мом – связующие обмотки; 50 МОм - вторичные обмотки при отключенных вторичных цепях; 1Мом – вторичные обмотки совместно с подключенными вторичными цепями;
ТН 3 – 35 кВ	100 Мом – первичная обмотка;
ТН 110 – 500 кВ	300 Мом – первичная обмотка. [29].

14.14. Укажите минимально допустимые значения сопротивления изоляции в устройствах РЗА.

Значения сопротивления изоляции относительно земли и между электрически не связанными цепями приведены в таблицах 14.1. и 14.2.

Таблица 14.1.

наименование	Номинальное напряжение мегометра, кВ	Минимальное допустимое значение сопротивления изоляции, Мом
Отдельные панели, шкафы, блоки, ящики, пульты устройств РЗА с отключенными кабелями	1,0 – 2,5	10
2. Шинки оперативного тока и цепей напряжения (при отсоединенных цепях)	1,0 – 2,5	10
3. Устройства РЗА в полностью собранной схеме с подключенными контрольными кабелями	1,0 – 2,5	1,0
4. Цепи управления, защиты электродвигателей переменного тока напряжением до 0,4 кВ, присоединенные к силовым цепям.	1,0 – 2,5	0,5
5. Цепи устройств, содержащих микроэлектронные элементы: электрически связанные с источником питания устройств управления, защиты, измерения, источником тока или напряжения.	0,5 – 1,0	1,0
6. Тоже: при питании от отдельного источника питания или связанные с источником через разделительный трансформатор.	Проверяется отсутствие замыканий на землю омметром с номинальным напряжением, не превышающим напряжение питания проверяемых цепей, или в соответствии с указаниями завода – изготовителя.	

Таблица 14.2.

Наименование	Ориентировочное значение сопротивления исправной изоляции относительно «земли», МОм
1. Отдельные панели устройства РЗА с отключенными контрольными кабелями.	50 - 100
2. Вторичные обмотки встроенных ТТ	10-20

3. Вторичные обмотки трансформаторов напряжения и выносных ТТ	50-100
4. обмотки электромагнитов управления	15-25
5. Контрольный кабель длиной до 300 м.	10-25

14.15. Как измерить сопротивление изоляции блоков конденсаторов серии БК-400 ?

Блоки конденсаторов должны помещаться вблизи привода выключателя или релейной панели, которые используют энергию разряда. Сопротивление изоляции между жилами кабеля, соединяющего блоки конденсаторов с зарядным устройством и приводом (панелью реле), должно быть не менее 5-7 МОм.

Измерение сопротивления изоляции блоков конденсаторов относительно корпуса (при закороченных диодах и конденсаторах) производится мегомметром 1000 В, проверка изоляции между обкладками конденсаторов – мегомметром 500 В. По мере заряда конденсаторов показания мегомметра возрастают. Сопротивление изоляции между обкладками должно быть 5-10 Мом. После замера изоляции конденсатор разряжают закорачиванием его через резистор 5 кОм мощностью около 10 Вт. Неразряженный конденсатор может стать причиной несчастного случая. При разрядке конденсаторов накоротко возможно повреждение изоляции конденсаторов, диодов.

15. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТРОЙСТВ РЗА.

15.1. Какой документацией необходимо пользоваться при техническом обслуживании устройств РЗА ?

Основными нормативными документами при ТО устройств РЗА являются:

- Типовая инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций. Настоящая инструкция определяет порядок организации, методику и последовательность производства работ при техническом обслуживании и испытаниях устройств релейной защиты и электроавтоматики РЗА.
- Правила ТО устройств РЗА 0,4-750 кВ.
- Инструкции по проверке и эксплуатации аппаратуры и устройств РЗА.
- Методические указания по наладке и ТО аппаратуры и устройств РЗА.
- Заводская документация.
- Циркуляры, решения, информационные письма и сообщения.
- Справочная литература.
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ.
- Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств РЗА.

15.2. Как правильно выполняется изгиб алюминиевых жил кабеля ?

Изгибы алюминиевых жил кабеля должны выполняться с помощью шаблона, обеспечивающего трехкратный радиус изгиба по отношению к наружному диаметру жилы. Изгибы плоскогубцами и повторные перегибы не допускаются. [17].

15.3. Для каких целей свивают провода в шнур ?

Для уменьшения магнитных полей, создаваемых током соединительных проводов, рекомендуется свивать соединительные провода в шнур. [17].

15.4. Какие схемы испытательных устройств и измерительные приборы применяются при

проверке реле ?

Проверку электрических характеристик реле, параметры которых зависят от формы кривой тока, следует производить по схемам, обеспечивающие синусоидальность тока, подаваемого на реле защиты. Питание поверочных устройств от линейного напряжения, от понижающих трансформаторов достаточной мощности, включение активных резисторов в цепь регулируемого тока.

Измерение токов и напряжения в обмотках реле следует производить приборами, реагирующими на действующее значение тока или напряжения (электромагнитными, электродинамическими), т.к. формы кривой тока в реле обычно отличается от синусоиды. Потребление всех реле переменного тока при отпавшем якоре в несколько раз больше потребления при втянутом, которое обычно приведено в каталогах.[17, 25].

15.5. Каковы требования при определении уставок реле ?

Уставка должна определяться как среднеарифметическое значение из трех измерений на одной точке шкалы для электромеханических реле и среднего из десяти измерений для быстродействующих полупроводниковых реле. [17].

15.6. Каковы особенности при настройке фильтров симметричных составляющих ?

Для фильтров обратной последовательности измеряется значение небаланса при подаче прямого чередования фаз воздействующих величин. Значение небаланса измеряется амперметром с малым потреблением или вольтметром с большим внутренним сопротивлением и должно быть меньше значения параметра возврата выходного реле для фильтра напряжения и значения параметра возврата выходного реле, умноженного на отношение номинального тока к току нагрузки, для фильтра тока.

Повышенные значения небалансов в выходных цепях фильтров могут быть вызваны следующими причинами: наличием в кривых подводимых напряжений и токов гармонических составляющих (третья – в токах и напряжениях и пятая – в напряжениях); наличием несимметрии подводимых напряжений и токов, разницей в частоте сети при проверке рабочим напряжением током нагрузки и при настройке фильтра от испытательного устройства.

Значение выходного параметра при входных воздействиях той последовательности, при которой устройство должно срабатывать, составляет для ненагруженного пассивного активно-емкостного фильтра напряжения $1,5U_{л} \approx 150 \text{ В}$, а для нагруженного фильтра – несколько меньшее значение.

При проверке комбинированного фильтра $I_1 + k I_2$ (используется в ДФЗ) следует измерить напряжение на выходе фильтра (органа манипуляции) при подаче обратного и прямого чередования фаз тока. Отношение выходного напряжения при подаче обратного чередования к выходному напряжению при подаче прямого чередования фаз должно быть примерно равно коэффициенту K комбинированного фильтра. Аналогично и для комбинированного фильтра напряжения $U_1 + k U_2$. [17].

15.7. Как проверить целостность нулевого провода в цепях трансформатора тока соединенных в полную звезду ?

Разновидностью проверки является определение тока нулевого провода в схеме полной звезды. Теоретически при симметричной трехфазной нагрузке ток в нулевом проводе должен быть равен нулю. Практически за счет несимметрии первичных токов, несимметрии вторичных токов нагрузки и неидентичности характеристик ТТ, ток в нулевом проводе обычно не равен нулю. Наличие тока небаланса в нулевом проводе является основным признаком его исправности (отсутствие обрыва).

В случае протекания незначительных токов небаланса в нулевом проводе в схеме отключают один ТТ. Тогда в нулевом проводе будет геометрическая сумма токов, оставшихся в работе двух фаз, равная фазному току. Если заземление вторичных обмоток установлено не на панели защиты, а, например, в приводе выключателя или на сборке ОРУ, ПС для создания в нулевом проводе суммы токов двух фаз достаточно на входе панели защиты временно заземлить одну из фаз и отключить ее от панели.

Когда заземление установлено на панели, для исключения фазы необходимо закоротить один из ТТ, на ближайшей к ним сборке и отключить соответствующий фазный провод.

Один из способов определения целостности нулевого провода состоит в следующем. Во время снятия векторных диаграмм, когда на ВАФ-85М подано напряжение трех фаз 110-220 В, клещами прибора охватывают нулевой провод, прибор переводят в режим измерения «фаза» на пределе «1А» по току и, вращая лимб прибора на 360° , по движению стрелки индикатора определяют наличие тока небаланса в нулевом проводе. В случае обрыва нулевого провода стрелка индикатора не отклоняется от нуля. [20,72].

15.8. Как определить время заряда конденсатора ?

Время заряда конденсатора зависит от их емкости и схемы зарядного устройства. Минимальное время определяется зависимостью $T = 0,6C / 80$, где C – емкость заряжаемых конденсаторов, мкФ; T – время заряда, сек. [37].

15.9. Как правильно изготовить (намотать) катушку реле ?

Точное соответствие намоточного числа витков расчетному особенно важно для аппаратов переменного тока, т. к. при заданном напряжении число витков определяет необходимую индукцию в стали магнитопровода. Допустимые отношения отклонения (%) числа витков катушки, при числе витков $W > 500 \pm 2\%$; $100 < W < 500 \pm 1\%$; $W < 100$ 0%.

В процессе изготовления катушек возможны случаи повреждения эмалевого покрытия провода между соседними витками, что приводит к образованию короткого замыкания витков (витковое замыкание). Применение такой катушки для работы на переменном токе недопустимо, т. к. в результате нагрева короткозамкнутого витка наведенными в ней токами изоляция соседних витков разрушается и катушка выходит из строя. В системе постоянного тока возможно применение катушек, имеющих короткозамкнутые витки, если при этом изменением омического сопротивления катушки можно пренебречь. Наличие короткозамкнутых витков однако, приводит к увеличению времени действия реле, поэтому применение их нежелательно для быстродействующих реле постоянного тока. [22].

15.10. Какие дефекты могут возникнуть в испытательных блоках ?

Лабораторными испытаниями установлено, что при смещении перемычки к контактам происходит пробой изоляции при испытательном напряжении 1 кВ переменного тока, а в случае ее удаления (за счет имеющегося запаса люфта крепления перемычки) пробоя не наблюдаются. В связи с этим необходимо следить за состоянием зазоров в испытательных блоках всех присоединений и максимально регулировать их.

Нарушение изоляции внутри корпуса испытательного блока и отсоса тока (при снятой крышке) в цепи ремонтируемого выключателя, возможно излишнее срабатывание ДЗШ. [37].

15.11. Могут ли быть пробоя изоляции на выводах трансформаторов тока ?

Пробоя изоляции на клеммных досках ТТ мощных электростанций и подстанций при КЗ на территории этих ЭС и ПС могут происходить из-за неудовлетворительного состояния контура заземления. [37].

15.12. Как определить неисправность в реле РП-341 ?

Проверяется зависимость выпрямленного напряжения от тока $U = f(I)$. Назначение проверки – убедиться в исправности выпрямителей и трансформатора после проверки работы контактов реле с большими токами. Наиболее часто встречающейся неисправностью в реле являются пробой диодов выпрямителя. В этом случае кривая $U = f(I)$ располагается значительно ниже, чем при исправных диодах. При повреждении конденсатора или обмотки трансформатора вторичные напряжение мало и незначительно изменяется при увеличении тока в первичной обмотке трансформатора. [25].

15.13. Как устранить гудение магнитного пускателя, промежуточного реле ?

Правильно отрегулированный магнитный пускатель почти не гудит. Сильное гудение указывает на его неисправность, для устранения которой необходимо подтянуть винты, крепящие магнитную систему, и устранить причины неплотного прилегания якоря к сердечнику. Такими причинами могут быть загрязнения, забоины, искривления якоря или сердечника.

Для проверки точности пригонки между подвижной и неподвижной части магнитной системы пускателя (промежуточного реле) прокладывают листок тонкой белой бумаги и листок копировальной бумаги. После этого включают пускатель (реле). На белой бумаге должен остаться след, занимающий (при правильной точности пригонки) не менее $2/3$ контактируемой поверхности. [33].

15.14. Как определяется ток срабатывания автоматических выключателей АП-50 на переменном и постоянном токе ?

Определение тока срабатывания электромагнитных расцепителей производится от источника переменного тока. Ток срабатывания определяется для каждого выключателя отдельно. Для выключателей, установленных в цепях постоянного тока, за величину тока срабатывания электромагнитного расцепителя принимается ток срабатывания, увеличенный на 30% и определенный при переменном токе.

Проверка тепловых расцепителей должна производиться при двух-трех кратном токе уставки теплового расцепителя или при расчетной величине тока через все полюса, соединенные последовательно. Проверить срабатывание теплового расцепителя каждого полюса отдельно не рекомендуется, так как усилие, создаваемое одним элементом, может оказаться недостаточным для отключения выключателя, и тепловой элемент может повредиться. [72].

15.15. По каким признакам можно обнаружить плохой электрический контакт ?

В аппаратах, бывших в эксплуатации, плохие контакты можно обнаружить по характерному потемнению на них; нарушению лакокрасочного покрытия; подгоранию изоляции, соприкасающийся с контактными соединениями; специфическому запаху изоляции, подвергавшейся сильному перегреву. Нарушение контакта в месте подсоединения провода можно установить подтягивая его пинцетом. [37].

15.16. Почему при работе в оперативных цепях пользуются высокоомным вольтметром ?

Применение высокоомного вольтметра обуславливается тем, что большинство элементов схем управления, автоматики и релейной защиты имеет шунтовые (последовательные) обмотки и пользование низкоомными приборами может привести к ложному срабатыванию схемы. В данном случае возможно применение двух последовательно включенных вольтметра. Например, определить наличие замкнутой цепи на отключение выключателя измерить двумя вольтметрами наличие напряжения на разомкнутой накладке в цепи отключения.

15.17. Как правильно выполнить регулировку проскальзывающего контакта реле времени серии ЭВ-100 –200 ?

Минимально допустимым временем замкнутого состояния проскальзывающего контакта реле времени для надежного действия на выключатель считается 0,2-0,25 сек. Такое время замкнутого состояния проскальзывающего контакта можно получить только при правильной регулировке контактов реле времени серии ЭВ. Следует иметь ввиду, что скользящие контакты замыкают цепь с указанной в паспорте мощностью. Разрыв тока в цепи скользящих контактов должен осуществляться контактами других реле.

1. Механическая регулировка проскальзывающего контакта: скольжение при ходе подвижного проскальзывающего контакта по неподвижному отрегулировать так, чтобы путь, который проходит подвижный контакт по серебряному диску неподвижного контакта без разрыва электрической цепи, составлял примерно 2 мм. Обратить внимание на то, что серебряная перемычка подвижного контакта не доходила до бронзовых

пластинок неподвижных контактов примерно 0,3-0,4 мм и чтобы подвижный контакт при прямом и обратном ходе не застревал на неподвижных контактах.

2. Проверка и регулировка электрических характеристик.

Замерить электросекундомером время замкнутого состояния проскальзывающего контакта, которое должно быть в зависимости от шкалы реле в пределах:

- шкала реле 1,3 сек – 0,05 – 1 сек;
- шкала реле 3,5 сек – 0,1 – 0,17 сек;
- шкала реле 9 сек – 0,45 – 0,65 сек;
- шкала реле 20 сек – 1 – 1,5 сек. [72].

15.18. Разрешается ли применение проводов с горючей изоляцией для монтажа панелей, шкафов, щитов и пультов.?

Применение для монтажа панелей, щитов и пультов проводов с горючей изоляцией (полиэтиленовые) может привести к пожару и длительному нарушению цепей релейной защиты, управления электрооборудования и агрегатами и выходу их из строя, а также тяжелым авариям на ЭС и ПС энергосистем. Поэтому панели, щиты и пульты должны монтироваться проводами с полихлоридвиниловой или равноценной ей в пожарном отношении изоляцией. [54].

15.19. Как получить заданное значение симметричных составляющих на входе фильтров реле симметричных составляющих ?

В случае фильтра напряжения два входных зажима фильтра закорачиваются, между ними и третьим входным зажимом подключается источник напряжения. Напряжение $U_{ав}$ соответствует КЗ фаз В и С. Такое включение эквивалентно металлическому КЗ в месте установки защиты. В фильтре тока через два любых входных зажима пропускается ток. Линейное напряжение обратной последовательности при срабатывании реле определяется по формуле:

$U_{2л.ср.} = U_{л.ср.} / \sqrt{3}$, где $U_{л.ср.}$ – напряжение, подаваемое на вход реле.

Напряжение, подаваемое на реле, должно быть строго синусоидальным, а внутреннее сопротивление вольтметра – возможно большим.

Ток обратной последовательности при срабатывании реле определяется из выражения

$$J_{2ф.ср.} = J_{ср.} / \sqrt{3} \cdot [3].$$

15.20. Назовите основные положения при регулировки механической части реле .

При регулировании механической части реле необходимо учитывать следующие основные положения:

- при уменьшении начального зазора между якорем и сердечником уменьшается напряжение (ток) и время срабатывания реле;
- при уменьшении конечного зазора между якорем и сердечником уменьшается напряжение (ток) возврата и увеличивается время возврата реле;
- при ослаблении натяжения возвратной пружины (для реле, у которых такая возможность предусмотрена, например, РП-220, РУ-21) уменьшается напряжение и увеличивается время возврата реле;
- при увеличении числа замыкающих контактов и увеличении давления их контактных пластин увеличивается напряжение (ток) возврата и уменьшается время возврата реле;
- при увеличении числа размыкающих контактов и увеличении давления их пластин уменьшается напряжение (ток) и время срабатывания реле.

Пользуясь этими основными положениями, можно для каждого типа реле подобрать способ регулирования в целях обеспечения необходимых механических и электрических характеристик. [72].

15.21. При каких значениях активного сопротивления обмоток, реле считается исправным ?

Обмотку реле можно считать исправной, если измеренное активное сопротивление отличается от заводских данных не более чем на $\pm 10\%$ при диаметре провода до 0,16 мм;

$\pm 7\%$ при диаметре провода 0,17 – 0,25 мм и $\pm 5\%$ при диаметре проводов более 0,25 мм.[72].

15.22. Укажите особенности измерения времени возврата промежуточных реле с замедлением на возврат ?

При измерении времени возврата реле типа РП-252, РП-254, РП-256, КДР-5М, КДР-6М, РЭВ-880 необходимо учитывать, что оно зависит от времени нахождения реле под напряжением. Для исключения влияния этой зависимости на измерения обмотку реле следует держать под напряжением в течение 2-3 с.[72].

15.23. В каких случаях включаются добавочные резисторы для промежуточных реле переменного тока ?

Добавочные резисторы в цепях промежуточных реле переменного тока включают в тех случаях, когда напряжение переменного оперативного тока выше, чем номинальное напряжение используемых в схеме промежуточных реле.

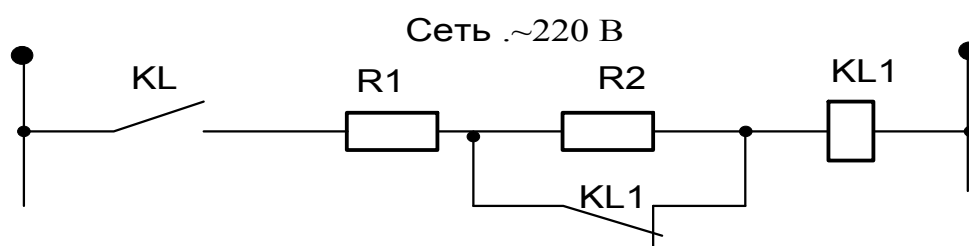


Рис.15.1. Схема включения промежуточного реле переменного тока с добавочным резистором.

На рис.15.1. последовательно с обмоткой реле KL1 включены два активных резистора R1 и R2. Один из них R2 нормально шунтирован размыкающими контактами KL1. Необходимость в схеме двух резисторов объясняется тем, что полное сопротивление обмотки реле KL1 не является постоянным, а зависит от того, в каком положении находится реле, т.е. подтянут или не подтянут его якорь. При срабатывании реле уменьшается воздушный зазор магнитной системы, вследствие чего увеличивается индуктивность обмотки, а следовательно, и ее полное сопротивление. Таким образом, для того, чтобы обеспечить номинальное напряжение на обмотке реле в пусковом и нормальном режимах, значение сопротивления добавочного резистора в пусковом режиме должно быть меньше, чем в нормальном режиме.[72].

15.24. Укажите общие требования при чистке контактов .

При необходимости контакты следует зачистить бархатным надфилем и отполировать воронилком (стальная пластина со слаборефленной, почти гладкой поверхностью), затем проверить чистой салфеткой. **Запрещается** касаться контактов пальцами и промывать бензином и другими составами, так как от них на поверхности серебряных полосок образуется плохо проводящий электрический налет.

Пользоваться для чистки контактов надфилями нельзя, так как от него остаются на поверхности глубокие царапины. Контакты, имеющие выбоины, зачищаются воронилком (термически или химически обработанная сталь, черного цвета, имеющая слой окислов железа). Незначительный налет серебряных полосок неподвижных контактов без подгара и выбоин достаточно почистить плоской деревянной чуркой нехвойных пород. [60].

15.25. Как улучшить искрогашение на управляющих контактах в цепи реле времени ?

Проверка искрогасительного контура заключается в проверке исправности его элементов. Эффективность работы искрогасительного контура рекомендуется контролировать в полностью собранной схеме. Эффективность работы определяется по отсутствию искрения на контактах, управляющих проверяемым реле времени. При неэффективной работе

искрогасительного контура следует заменить варистор, но лучше заменить его на R-VD цепочку $R = 910 \text{ Ом}$ с мощностью рассеяния не менее $0,25 \text{ Вт}$ и VD – диод типа Д226Б. В практике отмечены отрицательные последствия применения варисторов СН-1-2-1-270. Пробой данных варисторов приводит к КЗ в цепи, отключению автоматического выключателя оперативных цепей и в целом к отказу срабатывания защиты.[60].

15.26. Как определить исправность конденсатора ?

Проверка неэлектролитических конденсаторов заключается в следующем. Конденсаторы на короткое замыкание проверяют омметром на максимальных пределах измерения, измеряя сопротивление между выводами и между выводами и корпусом, если корпус металлический. Если емкость конденсатора больше 1 мкФ , и он исправен, то после присоединения омметра конденсатор заряжается и стрелка отклоняется в сторону 0, причем отклонение зависит от емкости конденсатора, типа прибора и напряжения источника питания, потом стрелка медленно возвращается к положению около ∞ .

При наличии утечки омметр показывает малое сопротивление – сотни и тысячи Ом, величина которого зависит от емкости и типа конденсатора. При проверке исправных конденсаторов емкостью меньше 1 мкФ стрелка прибора не отклоняется, потому что малы ток заряда конденсатора и время заряда. При пробое конденсатора его сопротивление около нуля. При проверке омметром нельзя установить пробой конденсатора, если он происходит при рабочем напряжении. В таком случае можно проверить конденсатор мегомметром при напряжении прибора, не превышающим рабочее напряжение конденсатора.

Проверка электролитических конденсаторов заключается в наблюдении заряда конденсатора от источника питания тестера. При этом от конденсатора отпаивают детали, если он в схеме, и разряжают его, подготавливают прибор для измерения больших сопротивлений, гнездо «общее» прибора должно быть соединено с положительным выводом конденсатора, а гнездо сопротивлений – с корпусом конденсатора. Если конденсатор исправен. То стрелка прибора быстро движется к нулю, а затем устанавливается около знака ∞ . Если конденсатор потерял емкость, то стрелка прибора почти не отклоняется, а если имеет значительную утечку, то стрелка отклоняется почти до нуля и устанавливается далеко от знака ∞ .[72].

15.27. Какими способами можно контролировать срабатывание реле типа РТ-40 при его настройке ?

Контроль срабатывания реле тока серии РТ-40 может осуществляться по характерному звуку, появляющемуся в момент срабатывания реле, или по показанию измерительного прибора (скачек стрелки прибора в момент срабатывания), или с помощью омметра (пробника) подключенного к контактам реле, или, наконец, с помощью специального устройства комплектной испытательной установки.[60].

15.28. Какие предъявляются требования при проверке дифференциальной защиты силовых трансформаторов рабочим током нагрузки ?

Перед проверкой защиты рабочим током следует произвести : осмотр реле, испытательных блоков в токовых цепях защиты, рядов выводов и перемычек на них; наличие заземления токовых цепей; проверку целостности токовых цепей защиты любым способом, например мостом постоянного тока.

Измерением вторичных токов ТТ в фазных проводах и нулевом проводе проверяется исправность всех токовых цепей защиты. Измерение выполняется прибором ВАФ-85. При малом значении тока следует использовать усилительную приставку к прибору или современный прибор «ВАФ-ПАРМА». При отсутствии усилительной приставки необходимо создать режим, при котором ток нагрузки будет не менее $0,2 J_{ном}$.

Правильность подключения цепей тока каждой группы ТТ следует проверять снятием векторной диаграммы вторичных токов и сверкой ее с фактическим направлением мощности в первичной цепи присоединения. По полученным диаграммам оценивается правильность сборки токовых цепей защиты.

Проверка равенства ампер-витков первичных обмоток НТТ реле дифференциальной защиты производится измерением напряжения на обмотках исполнительных органов реле (перемычка 11-12 установлена). При подключении всех плеч защиты и поочередном исключении каждого из них. Измерения производятся вольтметром (ВАФ-85 на пределе 1 В) с внутренним сопротивлением не менее 1,0 кОм/В. Напряжение, измеренное при подключении к реле всех плеч защиты (напряжение небаланса), не должно превышать 4% (0,14 В).

Напряжение срабатывания исполнительного органа при токе нагрузки присоединения 0,5-1,0 $J_{ном}$. В случае, когда напряжение небаланса больше 4% напряжения срабатывания, необходимо выяснить причины появления небаланса.

При исключении одного из плеч защиты (иммитация внутреннего трехфазного КЗ) напряжение на обмотке исполнительного органа реле значительно увеличивается и в зависимости от выбранного тока срабатывания защиты и тока нагрузки присоединения может превышать напряжение срабатывания реле.[60]

15.29. Как определить ток испытания при прогрузке токовых цепей защит силовых трансформаторов от постороннего источника тока ?

При проверке устройств РЗАИ от трехфазного постороннего источника тока со стороны НН силового трансформатора следует установить испытательную трехфазную короткую, а со стороны ВН (или СН трехобмоточного трансформатора) подать трехфазное напряжение от сети 0,4; 3-10 кВ. Значение испытательного тока ($J_{исп}$) в амперах, проходящего через трансформатор от источника пониженного напряжения, следует определить по формуле:

$$J_{исп} = J_{ном} U_{исп} 100 / U_{ном} U_k$$

Где: $J_{ном}$ – номинальный ток проверяемого трансформатора, со стороны подключения испытательного напряжения, А;

$U_{исп}$ – напряжение источника пониженного напряжения, кВ;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение проверяемого трансформатора со стороны подключения источника пониженного напряжения, кВ;

U_k – напряжение КЗ проверяемого трансформатора (той пары обмоток, которая участвует в проверке) %,

При снятии векторной диаграммы опорное напряжение, подаваемое на прибор ВАФ-85, должна быть синхронным с напряжением сети пониженного напряжения. [17].

15.30. При каких значениях напряжения опробуется схема управления коммутационных аппаратов ?

Проверять надежность работы приводов коммутационных аппаратов в полной схеме следует при значениях оперативного напряжения $0,9U_{ном}$ на включение и $0,8 U_{ном}$ на отключение.[17].

15.31. Назвать нормы напряжения срабатывания аппаратов с пружинными приводами ?

Напряжение срабатывания электромагнитов включения короткозамыкателей, отключения отделителей, выключателей с грузовым приводом на постоянном и переменном оперативном напряжении не должно превышать 65% номинального значения.

Напряжение срабатывания электромагнитов включения выключателей с грузовым и пружинным приводом на постоянном и переменном оперативном напряжении должно быть не выше 80% номинального значения.

Нормы на значение тока срабатывания электромагнитов, питающихся переменным током по схеме дешунтирования отсутствуют. На основании опыта эксплуатации рекомендуется обеспечивать ток срабатывания наиболее чувствительной защиты, действующей на этот электромагнит. С учетом коэффициента чувствительности не менее 1,2, то минимальное значение тока, проходящего по обмотке электромагнита при КЗ, будет в $1,2 (0,7-0,8) = 1,5-1,7$ раза больше значения его тока срабатывания. [17].

15.32. Каковы требования при проверке (настройке) электромагнитов включения и отключения коммутационной аппаратуры ?

15.32.1. При новом включении следует измерить сопротивление постоянному току всей цепи включения и всей цепи отключения от шин постоянного тока как в нормальной схеме, так и при закороченных электромагнитах управления.

15.32.2. Напряжением (током) надежной работы считается минимальное напряжение (ток). При подаче которого толчком электромагнит отключает или включает выключатель, отделитель, короткозамыкатель и т.п. с временными и скоростными характеристиками завода – изготовителя, При проверках определяется не абсолютное значение этого напряжения (тока), а только то, что не превышает нормального значения.

15.32.3. При проверке электромагнитов постоянного тока сопротивление реостатов и части потенциометров, включенных последовательно с обмоткой электромагнита, должно быть минимальным. Чем больше значение этого сопротивления, тем быстрее будет нарастать ток в обмотке электромагнита при подаче на нее напряжения толчком. Напряжение надежной работы при этом снижается, что может вызвать ошибки в регулировке.

15.32.4. Для всех электромагнитов определение параметра срабатывания производится при плавном увеличении напряжения и тока. Такой метод рекомендуется по следующим причинам:

- при плавном нарастании тока или напряжения легче обнаруживаются различные неисправности деталей и ошибки в регулировке;
- во многих конструкциях, особенно в пружинных и грузовых приводах, применены облегченные сердечники, скорость движения которых при токе или напряжении срабатывания невелика. Не велика и инерция, накопленная сердечником в момент соприкосновения с отключающей планкой, т.к. их масса и ход малы. Поэтому поворот планки происходит в основном за счет статического усилия, развиваемого сердечником. Заводы изготовители регулируют приводы по статическому усилию на отключающей планке.

Напряжение надежной работы также подбирается при плавном увеличении напряжения. Затем значение напряжения надежной работы уточняется при подаче напряжения толчком.

15.32.5. Для электромагнитов отключения выключателей проверить напряжение срабатывания т.е. минимальное значение оперативного напряжения, при котором отключается выключатель. Проверка производится непосредственно возле привода выключателя в следующем порядке:

- быстро (чтобы нагрев обмотки электромагнита был минимальным) увеличить напряжение до 35% номинального. Снять напряжение и подать его толчком. Выключатель не должен отключаться, в противном случае требуется регулировка;
- продолжить увеличение напряжения с контролем по вольтметру до момента отключения выключателя, но не выше 65% номинального;
- если при плавном увеличении напряжения до 65% номинального значения выключатель не отключился, то опробовать действие электромагнита при подаче этого же значения напряжения толчком. Если и при этом он не отключится, то отрегулировать привод.

Также проверяется напряжение срабатывания включения короткозамыкателей, электромагнитов отключения отделителей. [17].

15.33. Назвать основные причины появления токов небаланса в обмотках реле дифференциальных защит .

Правильность подключения цепей тока каждой группы ТТ следует проверять снятием векторной диаграммы токов и сверкой ее с фактическим направлением мощности в первичной цепи присоединения. По полученным диаграммам оценивается правильность сборки токовых цепей защиты.

Проверка равенства ампер-витков первичных обмоток НТТ реле диф.защит производится измерением напряжения на обмотках исполнительных органов реле (перемычка 11-12 на реле установлена) при подключении всех плеч защиты и поочередном исключении каждого из них. Измерения производятся вольтметром с внутренним сопротивлением не менее 1,0 кОм/В. Напряжение, измеренное при подключении к реле всех плеч защиты (напряжение небаланса),

не должно превышать 4% ($0,14 \text{ В}$) напряжения срабатывания исполнительного органа при токе нагрузки присоединения $0,5-1,0J_{\text{ном}}$.

Одной из основных причин появления токов небаланса в обмотках дифференциальных защитах являются погрешности ТТ. Величина погрешностей зависит от значения и характера нагрузки на ТТ и возрастает при увеличении первичного тока. При внешних КЗ токи небаланса диф.защит обуславливаются разностью намагничивающих токов ТТ защиты и неполным выравниванием действия вторичных токов в плечах диф.защиты. Разность намагничивающих токов ТТ защиты вызывается:

- различием, особенно при больших кратностях первичных токов, магнитных характеристик ТТ;
- наличием остаточной индукции сердечников ТТ (разного значения и полярности у разных ТТ);
- большими, значительно отличающимися сопротивлениями нагрузки ТТ плеч защиты (неодинаковые схемы соединения ТТ и расстояния от места установки защиты от ТТ).

Неполное выравнивание вторичных токов в плечах диф.защиты трансформаторов вызывается невозможностью точной установки на первичных обмотках реле РНТ и ДЗТ расчетного числа витков, а также регулированием коэффициента трансформации силового трансформатора. Если проверка небаланса производится при небольшой нагрузке присоединения (меньше $0,2 J_{\text{ном}}$), напряжение небаланса может оказаться зависимым из-за влияния погрешностей ТТ и тока намагничивания силового трансформатора. Особенно увеличивается напряжение небаланса при разности ТТ в плечах диф.защиты. Чтобы уменьшить влияние указанной составляющей напряжения небаланса, проверку следует произвести при возможно большей нагрузке присоединения (больше $0,2J_{\text{ном}}$).

В диф.защите силовых трансформаторов повышенное значение напряжения небаланса может быть также обусловлено изменением коэффициента трансформации. Чтобы исключить влияние этой составляющей на напряжение небаланса, необходимо его измерение произвести при номинальном значении коэффициента трансформации. Если при проверке будет установлено, что увеличенное значение напряжения небаланса обусловлено неточностью расчета числа витков первичных обмоток НТТ, то по согласованию со службой РЗА, задавшей уставки диф.защиты, могут быть скорректированы ампер-витки первичных обмоток НТТ.

Проверку отстройки реле диф.защит от бросков тока намагничивания следует выполнять многократным (3-4 раза) включением трансформатора под напряжение на холостом ходу. При проверке ведется наблюдение за поведением подвижной части исполнительных органов реле диф.защиты в момент включения трансформатора под напряжение. Во всех случаях включения якорь исполнительных органов реле должны оставаться неподвижными. [60].

15.34. Назвать недостатки серийных реле времени типа РВМ-12(13).

В ряде энергосистем было обнаружено, что у реле типа РВМ-12(13) ротор моторчика при подаче на реле тока до $2J_{\text{ном}}$, втягивается в межполюсное пространство магнитопровода, не вращается. Установлено, что ротор при втягивании в межполюсное пространство касается плоскости одного из полюсов. Трение касания и плюс магнитное притяжение ротора к плоскости полюса в этом месте создают тормозящее усилие, которое и препятствует вращению ротора. Несимметричное расположение ротора относительно полюсов магнитопровода вызвана неточным креплением на магнитопроводе пластинок с подпятниками оси ротора моторчика.

Для предотвращения отказов в действии серийных реле времени типа РВМ-12(13), находящихся в эксплуатации, по указанной выше причине необходимо произвести проверку надежности вращения ротора моторчика после его втягивания в межполюсное пространство при минимальном токе, соответствующем началу втягивания и вращения ротора. Этот ток должен быть меньше или в крайнем случае равен номинальному току срабатывания реле на заданном соединении обмоток трансформатора реле. Проверку производить подачей тока толчком не менее 20-30 раз. Все дефектные реле должны заменяться новыми, желательна новая серия РСВ-13.

15.35. Какие меры необходимо принять при подсоединении кабелей сечением более 6 мм^2 к существующим клеммам ?

По техническому условию заводов-изготовителей к находящимся в эксплуатации клеммам КН-3М, КС, КСК-3М клеммных ящиков, панелей управления, защиты и автоматики допускается подсоединение кабелей с сечением жил не более 6 мм^2 . Однако из условий потери напряжения в цепях ТН, обеспечения 10% погрешности ТТ, часто возникает необходимость подсоединения ко вторичным цепям кабелей с сечением жил более 6 мм^2 , иногда до 185 мм^2 . При этом для подсоединения жил с сечением более 6 мм^2 предлагается:

1. Кабели с сечением жил 10 мм^2 использовать не рекомендуется. При необходимости вместо одной жилы сечением 10 мм^2 использовать две жилы одного кабеля сечением 6 мм^2 , соединенные параллельно на клеммах КС-3М.
2. Производить опрессовку жил кабеля сечением 16 мм^2 и более соответствующими кабельными наконечниками с омедненной контактной поверхностью.
3. в соответствующих клеммных ящиках, панелях управления, защиты и автоматики дополнительно устанавливать следующие силовые сборки зажимов:
 - 3.1. КН6001-КН6030 от 1 до 30 зажимов при сечении жил кабеля от 16 до 70 мм^2 .
 - 3.2. КН-20001-КН20015 от 1 до 15 зажимов при сечении жил кабеля от 95 до 185 мм^2 .
 Если кабельный наконечник больших сечений жил кабеля по габаритам не входит в соответствующий силовой зажим (по п.п 3.1 и 3.2), то кабельный наконечник необходимо перед опрессовкой подогнать путем механической обработки. [72].

15.36. Как определить от какой защиты отключился автоматический выключатель ?

Чтобы убедиться, что отключение выключателя произошло от электромагнитного, а не от теплового расцепителя у выключателей с комбинированными расцепителями, необходимо после каждого отключения быстро отключить нагрузочное устройство и сразу же включить выключатель. Если выключатель включится нормально, значит отключение последовало от электромагнитного элемента. При срабатывании теплового элемента повторно выключатель не включится.

15.37. Возможны ли изменения в часовом механизме реле типа РТВ, улучшающие его временные характеристики ?

В распределительных сетях 6-10 кВ для максимальной токовой защиты используются реле типа РТВ с зависимой характеристикой выдержки времени. Однако погрешность работы часового механизма составляет $\pm 0,3$ с т.е. создать ступень селективности 0,5 с затруднительно. В связи с этим в Днепроэнерго была произведена модернизация реле РТВ с изменением передаточного числа шестерен часового механизма, для чего снимается ось III с шестернями 4 и 5, а ось II с шестернями 2 и 3 устанавливаются таким образом, чтобы шестерня 2 находилась в зацеплении с шестерней 1, а шестерня – с шестерней 6 (рис. 15.2.). В связи с тем, что направление вращения храпового класс 7 изменяется. Необходимо на оси V поменять местами балансировочное кольцо и храповик, предварительно перевернув последний на оси. Испытания модернизированного реле РТВ-I показали, что реле обладает устойчивыми временными характеристиками с уставками 1; 0,5; и 0,35 с в независимой части.

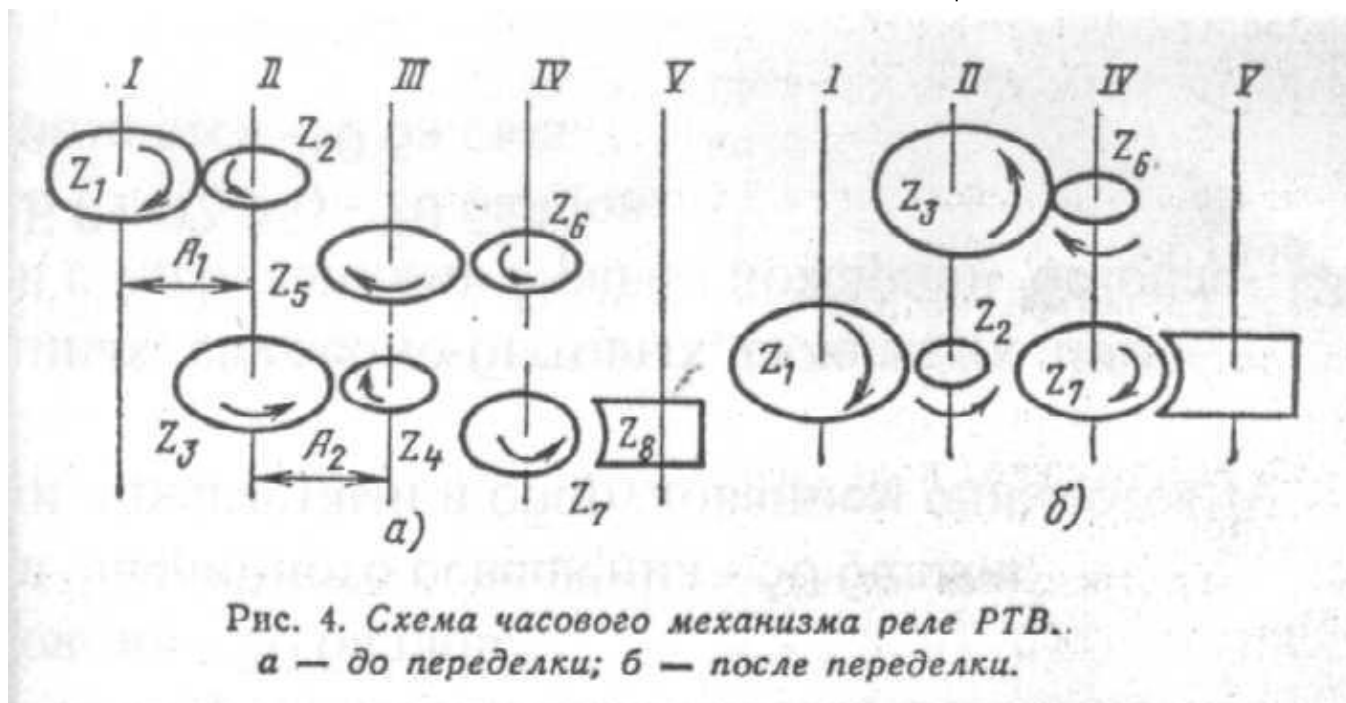


Рис. 4. Схема часового механизма реле РТВ.
а — до переделки; б — после переделки.

15.38. Назовите требования технического обслуживания переключателей серии ПМО.

Переключатель состоит из 6 контактных пакетов и механизма переключения. Нумерация неподвижных контактов всех пакетов общая и начинается, если смотреть со стороны рукоятки, с верхнего контакта первого пакета и продолжается по спирали против хода часовой стрелки.

Для предохранения контактов и проводов от повреждений и случайных замыканий, переключатель закрывается кожухом. Электрический монтаж должен производиться медным проводом. Провода должны быть аккуратно уложены на поверхности пакетов, выведены в виде жгута через отверстие в кожухе. Провод к зажимам заземления под кожух не вводить. Контактные зажимы переключателя допускают присоединение: по одному проводу сечением 2,5 мм² или по два проводника, общим сечением 1,75 мм². Минимально допустимое сечение присоединенных проводников 0,75 мм². Многожильные проводники должны быть скручены и залужены.

Электрические соединения между контактами переключателя (перемычки) должны выполняться проводом в виде петли, выходящей за пределы кожуха и заделываемой в общий жгут.

15.39. В чем заключаются особенности регулировки реле РП-251 ?

Реле РП-251, применяемые в качестве выходных реле защит, наряду с необходимой задержкой на срабатывание имеют задержку на возврат 0,4-0,7 с, если не подвергаются специальной регулировке при наладке. По этой причине при застревании подвижной системы реле типа РТ-40/Р, применяемого в схемах УРОВ и в других устройствах, может иметь место ложная работа устройств.

Реле РП-251 регулируют следующим образом: с магнитопровода реле снимают все латунные шайбы, катушку реле закрепляют кольцом со стопорными винтами, регулировочный винт якоря ввинчивают и закрепляют контргайкой таким образом, чтобы конечный воздушный зазор получить 0,3-0,5 мм, регулируют контактную систему и время срабатывания реле (в пределах 0,05-0,12 с) регулировочным винтом скобы якоря.

Время отпадания реле РП-251 после регулировки получают 0,05 – 0,1 с, что намного меньше уставки УРОВ, принимаемой в большинстве случаев 0,4 с.[72].

15.40. Как нумеруются выводы реле приведенные в справочниках ?

Все схемы внутренних соединений реле даны в справочниках для вида спереди.

У вертикально расположенных рядов нумерация выводов производится сверху вниз слева на право. Выводы, расположенные слева (если смотреть с лицевой стороны) - нечетные. [72].

15.41. Как устранить вибрацию контактов у реле с исполнительным механизмом типа РТ-40 ?

У некоторых экземпляров реле напряжения или тока с исполнительным органом типа РТ-40, включенным на выпрямленный ток, наблюдаются ненормальная вибрация подвижной системы на грани срабатывания и большой разброс параметра срабатывания. В случае исправности диодного моста вибрацию устраняют переменной мест проводников на выходе выпрямителя. Причиной вибрации является несогласованность поля обмоток с направлением остаточной намагниченности железа якоря.[72].

15.42. Как проверить короткозамкнутую обмотку реле серии РНТ-560 ?

Для реле РНТ производят проверку правильности выполнения короткозамкнутой обмотки. Следует убедиться, что изменении R_k в пределах 0 – 10 Ом и замкнутой цепи к.з. обмотки w_k м.д.с. срабатывания практически не изменяется, а при размыкании цепи w_k м.д.с. срабатывания на 20-30%.

Если указанный эффект не обнаружен, измеряют ток в цепи короткозамкнутой обмотки при первичном токе, близком к току срабатывания. При неверном включении секций к.з. обмотки ток в цепи практически отсутствует.[72].

15.43. От чего зависит величина сопротивления R_k в реле серии РНТ ?

Сопротивление R_k в цепи короткозамкнутой обмотки устанавливают:

- при использовании реле РНТ для защиты генераторов, синхронных компенсаторов, сборных шин $R_k = 10$ Ом;
- в схемах защиты трансформаторов, блоков генератор-трансформатор, реакторов, электродвигателей $R_k = 2,5 \div 4$ Ом;
- если ТТ дифференциальной защиты сильно загружены, рекомендуется установить $R_k = 1$ Ом.

Не следует оставлять разомкнутой цепь к.з. обмотки, т.к. в этом случае ухудшается отстройка от апериодических составляющих токов КЗ.[72].

15.44. От чего зависит количество витков первичной обмотки блока БПТ-1002 ?

Уставка – количество витков w_1 первичной обмотки трансформатора Т определяется в зависимости от коэффициента трансформации и типа трансформаторов тока. Для этого существуют таблицы (в частности табл.5-19.[72]) для выбора количества витков в зависимости от типа и коэффициента трансформации ТТ. Приведем наиболее используемые ТТ:

Тип трансформатора тока	Коэффициент трансформации или класс точности	Количество витков w_1
ТВТ -35М	150/5	50
	200/5	50
	300/5	100
	400/5	125
	остальные	200
ТВТ-35/10	600/5	50
	750/5	75
	1000/5	100
	1500/5	150
ТВТ-110 (исполнение 300 и 600 А)	100/5	50
	150/5	75
	200/5	100
	300/5	175
	400/5	200

	600/5	200
ТВТ-220	200/5 остальные	125 200
ТВ-220/25 (исполнение 600, 1000 и 2000)	200/5 300/5 остальные	100 150 200
ТПЛ-10 кл. Р	1000/5 400/5 остальные	75 75 50
ТВЛМ- 10 кл. Р	Исполнение 600 А Исполнение 800 А Исполнение 1000 А Исполнение 1500 А	75 100 75 125
ТЛМ-10 кл. Р	Исполнение 300 А Исполнение 800 А Исполнение 1000 А Исполнение 1500 А	75 100 100 125
ТВ-110/20 и ТВ-110/50 (исполнение 200, 300, 600 и 1000 А)	100/5 150/5 200/5 300/ остальные	50 100 100 175 200
ТФНД (ТФМ) – 110М Исполнение 150-600 А Исполнение 400-800 А	Класс Р Класс 0,5 Класс Р Класс 0,5	150 50 200 75
ТФНД (ТФМ) – 110М -II Класс 0,5	Класс Р 750/5 -1500/5 1000/5 – 2000/5 остальные	200 75 150 200
ТФНД (ТФМ) -220 -I и ТФНД (ТФМ) – 220 -IV		200

15.45. Обеспечивается ли защита цепей постоянного тока автоматом установленным на входе блока БПНС-2 ?

На входе блока установлен трехполюсный автоматический выключатель Q1 типа АП-50-3МТ (без максимального расцепителя), обеспечивающий отключение коротких замыканий на выходе блока с временем действия 1,5-2 с, но не менее 0,15 с. Это дает возможность выполнить защиту цепей постоянного тока, питаемых от блока БПНС-2, селективной.[72].

15.46. Как правильно включить БПНС-2 на параллельную работу ?

Особенности параллельной работы нескольких блоков БПНС-2 и загрузка трансформаторов напряжения заключаются в следующем:

- при включении параллельно двух и более БПНС-2 можно регулировкой резисторов R3, R4 изменять степень загрузки каждого блока (увеличение R3 и R4 ведет к уменьшению загрузки блока);

- при наличии блоков БПНС-2, питающихся от трансформаторов собственных нужд и трансформаторов напряжения, целесообразно в нормальном режиме уменьшить нагрузку блоков, питающихся от ТН, за счет увеличения нагрузки блоков, питающихся от трансформаторов СН.

Измеряется пофазно ток нагрузки трансформатора напряжения при включенных блоках в нормальном режиме. Для трансформатора напряжения НКФ-110 нагрузка должна быть не более 500 В·А на фазу в классе точности 1 и не более 1000 В·А на фазу в классе точности 3. [72].

15.47. Как производится синхронизация ЛЭП на подстанциях ?

Приборы синхронизации (ручной, автоматической или полуавтоматической) служат для включения на параллельную работу каких-либо двух участков энергосистемы при помощи выключателя, разделяющего эти участки. Схема цепей синхронизации дает возможность подвести к специальным шинкам синхронизации питание от трансформаторов напряжения соответствующих участков при помощи переключателя синхронизации ПСХ, расположенного на панели, где имеется ключ управления выключателем, выбранным для включения на параллельную работу синхронизируемых участков энергосистемы.

Для всех переключателей ПСХ, установленных на панели управления должна быть одна съемная рукоятка. Таким образом, только один из этих переключателей может находиться во включенном положении, что исключает ошибки при синхронизации. Переключатель ПСХ во включенном положении одним из своих контактов подготавливает цепь включения выключателя, при помощи которого разделяются синхронизированные участки энергосистемы а другими контактами подводит к шинкам синхронизации напряжение от этих участков.

Синхронизация осуществляется с помощью колонки синхронизации, которая подключается к шинкам к шинкам синхронизации переключателем ПРС, имеющим три положения:

«грубо» - грубый контроль по вольтметрам и частотомерам;
«отключено»

«точно» - точный контроль по синхроноскопу, с подключением реле контроля синхронизма, контакты которого находятся в цепи включения выключателя.

Для предотвращения несинхронного включения вводится блокировка ключем ПБ, она так и называется «Блокировка от несинхронных включений»

Для синхронного включения выключателя на колонку синхронизации должно быть:

- подано напряжение от ТН синхронизируемых частей энергосистемы;

- подключена цепь включения выключателя. Для этого необходимо:

а) установить ключ ПРС в положение «точно»;

б) включить ключ ПСХ включаемого выключателя, при этом на приборах колонки синхронизации появятся показания вольтметров и частотомеров;

- синхроноскоп начнет вращаться если оба напряжения несинхронны или займет неподвижное положение в зависимости от разности фаз. При совпадении напряжений по фазе и частоте синхроноскоп устанавливается в положение – «12 часов». Этот режим является наиболее благоприятным для замыкания транзита, т.к. уравнивающий ток будет минимальным. При совпадении напряжений только по частоте синхроноскоп устанавливается в положение отличное от «12 часов». При этом разность фаз может быть определена как угол между «12 часами» и положением стрелки синхроноскопа. Например: стрелка установилась в положение «10 часов» значит угол будет равен:

$$\gamma = 360/12 \times (12 - n)^0$$

$$\gamma = 360/12 \times (12 - 10) = 60^0$$

Включение выключателя допускается при угле меньшим чем 40^0 . Следует иметь ввиду, что чем меньше угол, тем меньше уравнивающий ток.

При несовпадении напряжений по фазе и частоте стрелка синхроноскопа будет вращаться. Скорость вращения стрелки определяется разностью частот синхронизируемых частей энергосистемы. Наиболее благоприятным временем для замыкания транзита является момент прохождения стрелки синхроноскопа через положение «12 часов». Но при этом нужно делать поправку на время включения выключателя. Импульс на включение подается только до момента прохождения стрелки через «12 часов». Держать ключ на включение после перехода стрелки через положение «12 часов» - запрещается. [37].

15.48. Как выбирают плавкие вставки предохранителей в цепях управления и цепи соленоида включения выключателя?

Плавкие вставки для цепей управления, сигнализации и трансформаторов напряжения с целью надежной отстройки от толчков тока выбирают только для защиты от токов КЗ. Однако, чтобы обеспечить быстрое сгорание плавкой вставки, ее номинальный ток не должен превышать одну десятую тока КЗ в защищаемой цепи.

При выборе плавких вставок для защиты включающих электромагнитов приводов выключателей следует учитывать, что последние не рассчитаны на длительное протекание по

ним номинального тока. Поэтому ток плавкой вставки в данном случае должен составлять 0,3 – 0,4 максимального тока соответствующего электромагнита. Плавкая вставка в данном случае не перегорит в момент включения выключателя, поскольку время ее перегорания при токе, превышающем в три раза номинальный, несоизмеримо больше времени включения выключателя, и благодаря переключению блок-контактов в цепи включения протекание тока по включающему электромагниту прекращается. Определив расчетом ток плавкой вставки выбирают плавкую вставку с номинальным током, наиболее близким к расчетному.

Для обеспечения селективности действия ближе расположенные к источнику питания предохранители должны иметь плавкую вставку, как правило, на две ступени больше плакой вставки следующего в цепи предохранителя. [37].

15.49. Какие меры необходимо принять для предотвращения замыкания контактов серии РП-210, РП-220 при случайном расцеплении верхней пружинной защелки, крепящей крышку реле ?

Выявлены случаи замыкания контактов промежуточных реле серии РП-210, РП-220 при случайном расцеплении верхней пружинной защелки, крепящей крышку реле (например, протирание крышек реле от пыли оперативным персоналом). Поэтому рекомендуется установка дополнительных упоров, закрепляющихся под винт, крепящей крышку реле.

15.50. Какой дефект может привести к невозврату якоря реле серии ЭВ-100 в исходное положение ?

Явление невозвращения якоря реле серии ЭВ-100 в исходное положение происходит следующим образом:

При многократном срабатывании реле расклепывается бронзовая разрезная шайба на якоре реле. Внутренний диаметр шайбы становится соизмеримым с диаметром конусной части якоря, в результате чего разрезная шайба спадает с якоря и лежит в цилиндрической части втулки соленоида реле.

При срабатывании реле спавшая шайба с трением входит в зазор между цилиндрической частью втулки соленоида и цилиндрической частью якоря, это первый вариант. Во втором варианте разрезная стенка шайбы под действием втягивающегося якоря попадает в конусную часть хвостовика втулки соленоида и образует механизм одностороннего движения, т.е. якорь проходит в прямом направлении, но задерживается при возврате стенкой шайбы, упершейся кромками в кольцевые канавки на конусных частях якоря и хвостовике втулки соленоида.

Быстому увеличению внутреннего диаметра шайбы помимо расклепывания способствует неточное изготовление профиля канавки на конусе якоря и небрежный монтаж шайбы в ней.

16. ФАЗИРОВКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

16.1. Что называется фазировкой электрического оборудования ?

Под фазировкой в широком смысле этого слова подразумевается согласование соединяемых фаз. Электрическое оборудование трехфазного тока подлежат обязательной фазировке перед первым включением в сеть, а также после ремонта, при котором мог быть нарушен порядок следования и чередования фаз. Фазировка состоит в порядке совпадения по фазе напряжения каждой из трех фаз включаемой электрической установки с соответствующими фазами напряжения сети. [55].

16.2. Какие существуют методы фазировки ?

Фазировка может быть предварительной, выполняемой в процессе монтажа и ремонта оборудования. Предварительной фазировкой проверяется чередование фаз соединяемых между собой элементов оборудования, не находящихся под напряжением. основные виды оборудования фазировются визуально, «прозвонкой», при помощи существующих приборов. Фазировка при вводе оборудования в работу производится исключительно электрическими методами, независимо от того, производилась или не проводилась предварительная фазировка.

Различают прямые и косвенные методы электрической фазировки. Прямыми методами называются такие, при которых фазировка производится на выводах оборудования,

находящегося непосредственно под рабочим напряжением, эти методы наглядны и их широко применяют в установках до 110 кВ.

Косвенными называют такие методы, при которых фазировка производится не на рабочем напряжении, а на вторичном напряжении трансформаторов напряжения, присоединенных к фазуемым частям установки. [55].

16.3. Какое чередование фаз принято у силовых трансформаторов ?

В соответствии с ГОСТ 11677-75 вводы у трансформаторов располагают так, чтобы чередование их (слева на право), если смотреть со стороны вводов ВН, было: О – А – В – С – вводы обмоток ВН; о – а – в – с – вводы обмоток НН. [55]

16.4. Можно ли для фазировки трехфазных цепей пользоваться только фазоуказателем ?

При фазировке косвенным методом пользоваться только фазоуказателем нельзя, так как при одном и том же направлении вращения диска фазоуказателя между одноименными фазами напряжения может быть сдвиг по углу даже при одном и том же порядке следования фаз.

Допускается производить фазировку косвенным методом с помощью только фазоуказателя во вторичных цепях трансформаторов напряжения, у которых заземлены не нулевые точки, а фаза в. В данном случае это допустимо, так как фазы в фазуемых напряжений жестко соединены и требуется установить лишь совпадение напряжений одноименных фаз а и с. Если они не совпадают, диск фазоуказателя при подаче на выводы напряжения от 1ТН будет вращаться в одном направлении, а при подаче напряжения от 2ТН – в другом. [55]

16.5. Перечислить условия параллельной работы электроустановок .

Фазировкой устанавливается совпадение :

- порядков следования фаз фазуемых между собой электроустановок;
- векторов одноименных напряжений по фазе (отсутствие между ними углового сдвига);
- порядков чередования фаз на вводах коммутационного аппарата, включением которого электроустановки должны будут включаться на параллельную работу;
- обозначений фаз (их расцветки).

Выполнение перечисленных условий является обязательным при включении электроустановок на параллельную работу. [55]

16.6. Как сфазировать силовые трансформаторы имеющих обмотки НН 0,4 кВ и соединенные в «звезду» с нулем ?

Фазировка трансформаторов, имеющих обмотки НН 0,4 кВ соединенных в «звезду» с нулем выполняется без установки перемычки между зажимами. Таким же методом производится фазировка измерительных трансформаторов напряжения, имеющие вторичные обмотки с заземленной нейтралью.

Фазировку производят с помощью вольтметра со стороны обмотки НН. Вольтметр должен быть рассчитан на двойное фазное напряжение. Так как появление такого напряжения между зажимами фазуемых трансформаторов не исключено.

Фазуемые трансформаторы включают по схеме, представленной на рис.16.1. Нулевые точки вторичных обмоток при этом должны быть надежно заземлены или присоединены к общему нулевому проводу. Объединение нулевых точек необходимо для создания между фазуемыми трансформаторами электрической связи, образующей замкнутый контур для прохождения тока через прибор.

Прежде чем приступить к фазировке, проверяют симметричность напряжений трансформаторов. Для этого вольтметр поочередно подключают к зажимам $a_1 - b_1$; $b_1 - c_1$; $c_1 - a_1$; $a_2 - b_2$; $b_2 - c_2$; $c_2 - a_2$. Если значения измеренных напряжений сильно отличаются друг от друга – проверяют положение переключателей ответвлений обоих трансформаторов. Переключением ответвлений уменьшают разницу напряжений. Фазировка допускается, если разность напряжений не превышает 10%.

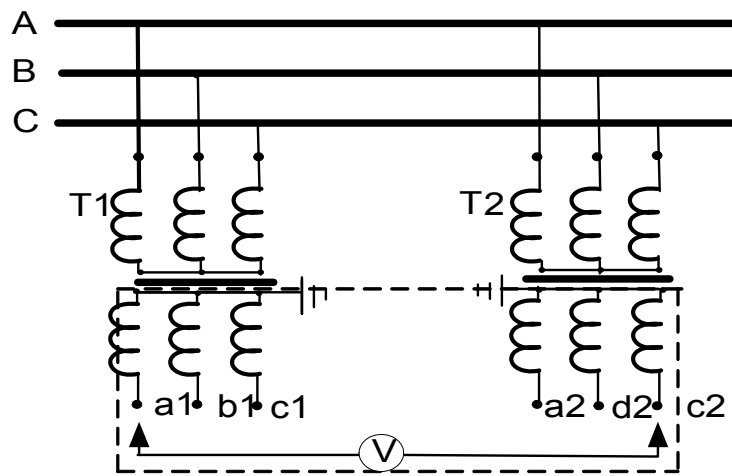


Рис.16.1. Схема фазировки трансформаторов, имеющих заземленные нулевые точки вторичных обмоток.(пунктиром показан путь прохождения тока через прибор при несовпадении фаз).

После проведения перечисленных операций приступают собственно к фазировке. Сущность ее заключается в отыскании выводов, между которыми разность напряжений равна нулю. Для этого провод от вольтметра присоединяют к одному из выводов первого трансформатора, а другим проводом поочередно касаются трех выводов второго трансформатора (например, измеряют напряжение между выводами $a_1 - a_2$; $a_1 - b_2$; $a_1 - c_2$). Дальнейший ход фазировки зависит от полученных результатов. Если при одном из измерений (допустим, между выводами $a_1 - a_2$) показание вольтметра было равно нулю, то эти выводы замечают, а вольтметр присоединяют ко второму выводу (например, b_1) первого трансформатора и измеряют напряжение между выводами $b_1 - b_2$; $b_1 - c_2$. Если опять одно из показаний вольтметра (например, между выводами $b_1 - b_2$) окажется равным нулю, то фазировку считают законченной. Особой необходимости в измерении напряжения между выводами $c_1 - c_2$ нет, так как при двух нулевых показаниях вольтметра ($a_1 - a_2$ и $b_1 - b_2$) напряжение между третьей парой фаз, естественно, должно быть близким к нулю. Однако для подтверждения полученных результатов о совпадении фаз все же производят измерение между $c_1 - c_2$. Выводы, между которыми не было разности напряжений, соединяют при включении трансформаторов на параллельную работу. У каждого полюса коммутационного аппарата такие выводы должны находиться непосредственно друг против друга.

Если после измерения ($a_1 - a_2$; $a_1 - b_2$; $a_1 - c_2$; $b_1 - a_2$; $b_1 - b_2$; $b_1 - c_2$;) ни одно из показаний вольтметра не было близким к нулю, то это говорит о том, что фазлируемые трансформаторы принадлежат к разным группам соединений и на включение на параллельную работу недопустимо. Фазировку на этом прекращают. На основании измерений строят векторные диаграммы и по ним судят, можно ли включить трансформаторы параллельно и какие пересоединения необходимо для этого выполнить.

Характерными являются два случая. В первом из них

$$\begin{aligned} U_{a_1 - a_2} &= 1,15 \text{ Ул}; & U_{a_1 - b_2} &= 0,58 \text{ Ул}; \\ U_{a_1 - c_2} &= 0,58 \text{ Ул}; & U_{b_1 - a_2} &= 0,58 \text{ Ул}; \\ U_{b_1 - b_2} &= 1,15 \text{ Ул}; & U_{b_1 - c_2} &= 0,58 \text{ Ул}. \end{aligned}$$

Типичная для этого случая векторная диаграмма представлена на рис. 16.2. Из рисунка видно, что векторы вторичных напряжений повернуты на 180° , а напряжение между зажимами $a_1 - a_2$ равно двойному фазному напряжению $U_{a_1 - a_2} = 2 U_\phi = 2 / \sqrt{3} \text{ Ул} = 1,15 \text{ Ул}$. Если оба фазлируемых трансформатора принадлежат к нечетным группам, то для включения их параллельно следует у одного из них пересоединить шины на выводах обмоток ВН и НН, т.е. произвести двойную перемаркировку фаз. Для трансформаторов четных групп (а также четной и нулевой) необходимо внутреннее пересоединение обмоток. Во втором случае

$$\begin{aligned} U_{a_1 - a_2} &= 0,3 \text{ Ул}; & U_{a_1 - b_2} &= 0,8 \text{ Ул}; \\ U_{a_1 - c_2} &= 1,1 \text{ Ул}; & U_{b_1 - a_2} &= 1,1 \text{ Ул}; \\ U_{b_1 - b_2} &= 0,3 \text{ Ул}; & U_{b_1 - c_2} &= 0,8 \text{ Ул}. \end{aligned}$$

На типичной векторной диаграмме (рис.16.2, в) векторы напряжений сдвинуты на 30° . Такой угол сдвига может быть у трансформаторов четной (или нулевой) и нечетной групп. Фаировка таких трансформаторов невозможна, и включение их на параллельную работу не может быть

выполнено ни при каких условиях. Поэтому всегда следует проверять схемы и группы соединений обмоток трансформаторов, прежде чем приступить к их фазировке. Техника построения векторных диаграмм показана на рис.16.2, б. Треугольник линейных напряжений первого трансформатора строят произвольно, а точки вершин второго треугольника находят путем засечек радиусами, численно равными напряжения между зажимами $a_1 = a_2$ и $b_1 - a_2$; $a_1 - b_2$ и $b_1 - b_2$. [55]

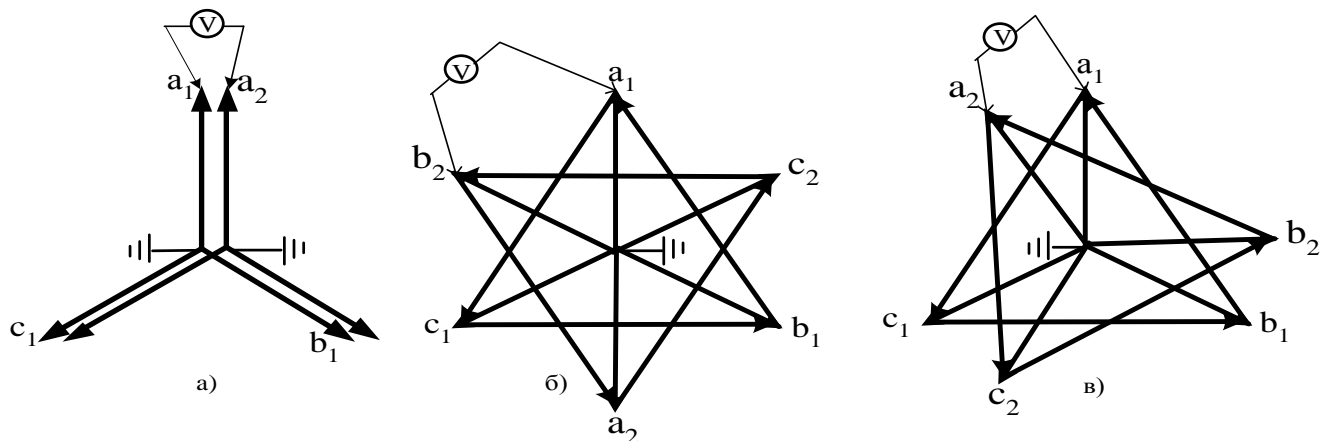


Рис.16.2. Векторные диаграммы напряжений обмоток НН фазуемых трансформаторов при совпадении фаз (а), при сдвиге векторов на 180° , например при группах соединений Д/У_Н-11 и Д/У_Н-5 (б); при сдвиге векторов на 30° группы соединений У/У_Н-0 и Д/У_Н-11 (в).

16.7. Как сфазировать силовые трансформаторы имеющих обмотки НН 0,4 кВ и соединенные в треугольник ?

Фазировка трансформаторов, имеющих обмотки НН до 0,4 кВ и соединенных в треугольник выполняется с установкой перемычки между двумя выводами. Этот метод применяют потому что вторичные обмотки соединенные в треугольник не имеют нулевого вывода. Фазировку производят на стороне НН с помощью вольтметра. Его шкала должна быть рассчитана на двойное линейное напряжение. До включения фазуемых трансформаторов под напряжение мегомметром проверяют сопротивление изоляции вторичных обмоток относительно земли. Обмотки не должны иметь никаких соединений с землей, так как двойное замыкание на землю при наличии перемычки между выводами может привести к КЗ. Перемычка (желательно с сопротивлением 3-5 кОм) устанавливается между двумя любыми зажимами одного и другого трансформатора (рис.16.3.)

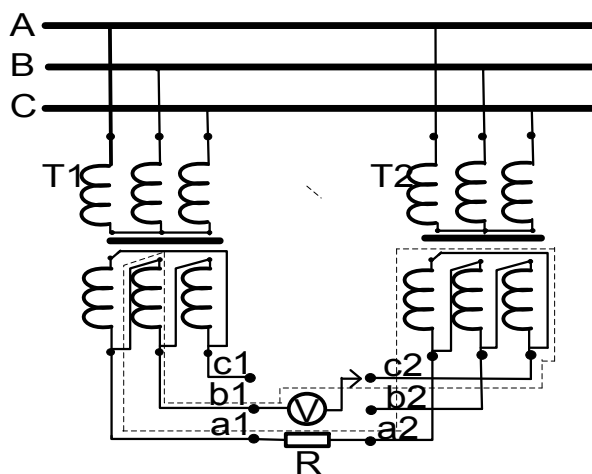


Рис.16.3. Схема фазировки трансформаторов с установкой перемычки между их зажимами. R – резистор с сопротивлением 3-5 кОм.

Ее наличие не представляет никакой опасности для трансформаторов, поскольку при этом не образуется замкнутой цепи для прохождения тока КЗ. Замкнутая цепь создается включением вольтметра, который, как известно, обладает сопротивлением десятков тысяч

Ом, и проходящих через него ток ничтожно мал. Для фазировки трансформаторы включают под напряжение со стороны ВН, после чего на зажимах НН каждого трансформатора вольтметром проверяют симметрию напряжений, подведенных для фазировки. Всего производится шесть измерений.

Фазировку выполняют в два приема. Сначала измеряют напряжение между одним из свободных выводов первого трансформатора Т1 и двумя свободными выводами второго трансформатора Т2, например между выводами $b_1 - b_2$ и $b_1 - c_2$. Затем измеряют напряжение между вторым свободным выводом и теми же выводами второго трансформатора ($c_1 - b_2$ и $c_1 - c_2$). Данные измерений зависят от того, между какими парами выводов установлена перемычка. Возможны три варианта ее установки: $a_1 - a_2$; $b_1 - a_2$; $c_1 - a_2$. И каждому из этих вариантов при одинаковых группах соединений фазлируемых трансформаторов будут соответствовать следующие показания вольтметра:

Соединяемые зажимы	$a_1 - a_2$	$b_1 - a_2$	$c_1 - a_2$
Напряжение между зажимами.	$U_{b_1 - b_2} = 0$	$U_{a_1 - b_2} = 2U_n$	$U_{a_1 - b_2} = 1,73U_n$
	$U_{b_1 - c_2} = U_n$	$U_{a_1 - c_2} = 1,73 U_n$	$U_{a_1 - c_2} = 2U_n$
	$U_{c_1 - b_2} = U_n$	$U_{c_1 - b_2} = 1,73 U_n$	$U_{b_1 - b_2} = U_n$
	$U_{c_1 - c_2} = 0$	$U_{c_1 - c_2} = U_n$	$U_{b_1 - c_2} = 1,73U_n$

Построенные по этим данным векторные диаграммы напряжений обмоток НН приведены на рис 16.4. На рис. 16.4,а непосредственно следует, что трансформаторы имеют одинаковые группы соединений и параллельное включение их возможно при соединении между собой выводов a_1 и a_2 , b_1 и b_2 , c_1 и c_2 . Так как две другие векторные диаграммы (рис. 16.4,б,в) построены для тех же трансформаторов, то и они позволяют сделать такой же вывод. Поэтому фазировку обычно заканчивают, как только получают данные одного из трех вариантов измерений и построят векторную диаграмму, аналогичную указанной на рис. 16.4,а,б,в.

Заметим, что характерным для этого случая фазировки (вариант соединения одноименных выводов $a_1 - a_2$) является получение двух нулевых показаний вольтметра при каждом приеме измерений. Однако тут же оговорим, что два нулевых показания могут быть получены и при разных группах соединений, когда векторы напряжений сдвинуты на 240^0 . Но при этом соединенными перемычкой должны быть зажимы c_1 и a_2 :

Соединяемые зажимы	$a_1 - a_2$	$b_1 - a_2$	$c_1 - a_2$
Напряжение между зажимами . . .	$U_{b_1 - b_2} = 1,73U_n$	$U_{a_1 - b_2} = U_n$	$U_{a_1 - b_2} = 0$
	$U_{b_1 - c_2} = U_n$	$U_{a_1 - c_2} = 1,73U_n$	$U_{a_1 - c_2} = U_n$
	$U_{c_1 - b_2} = 2U_n$	$U_{c_1 - b_2} = 1,73U_n$	$U_{b_1 - b_2} = U_n$
	$U_{c_1 - c_2} = 1,73U_n$	$U_{c_1 - c_2} = 2U_n$	$U_{b_1 - c_2} = 0$

Векторные диаграммы приведены на рис. 16.4,г,б,е. Параллельное включение таких трансформаторов возможно только после пересоединения шин, подведенных к трансформатору т.е. после циклической перемаркировки фаз.

О невозможности параллельного включения трансформаторов свидетельствуют такие показания вольтметров, когда при всех трех вариантах установки перемычки не получается ни одного нулевого показания, например:

Соединяемые зажимы	$a_1 - a_2$	$b_1 - a_2$	$c_1 - a_2$
напряжение между зажимами. . .	$U_{b_1 - b_2} = 0,55U_n$	$U_{a_1 - b_2} = 1,9U_n$	$U_{a_1 - b_2} = 1,4U_n$
	$U_{b_1 - c_2} = 0,5U_n$	$U_{a_1 - c_2} = 1,9U_n$	$U_{a_1 - c_2} = 1,9U_n$
	$U_{c_1 - b_2} = 1,4U_n$	$U_{c_1 - b_2} = 1,9U_n$	$U_{b_1 - b_2} = 0,5U_n$
	$U_{c_1 - c_2} = 0,5U_n$	$U_{c_1 - c_2} = 1,4U_n$	$U_{b_1 - c_2} = 1,4U_n$

Из векторных диаграмм, приведенных на рис. 16.4,ж,з,и и построенных для этого случая, видно, что векторы линейных напряжений сдвинуты на 30^0 . Такой угол будет получен, если трансформаторы относятся к нечетной (или нулевой) группам соединений, например У/У-0 и У/Д-11, а их параллельное включение невозможно.

Если в процессе фазировки в двух из трех вариантов установки перемычки получается по одному нулевому показанию, то это указывает на допустимость параллельного включения, но только после некоторых изменений в схеме. У трансформаторов нечетных групп со сдвигом векторов вторичных напряжений на 60^0 (рис.16.4,к,л,м) необходимо произвести двойную перемаркировку фаз.[55]

Выводы, соединенные перемычки		
$a_1 - a_2$	$b_1 - a_2$	$c_1 - a_2$
<p>а)</p>	<p>б)</p>	<p>в)</p>
<p>г)</p>	<p>д)</p>	<p>м)</p>
<p>ж)</p>	<p>з)</p>	<p>и)</p>
<p>к)</p>	<p>л)</p>	<p>м)</p>

$a_1 b_1 c_1 a_2 b_2 c_2 a_1 - a_2 b_1 - a_2 c_1 - a_2 л) U_{л} 240^0 330^0 60^0$

Рис.16.4. Векторные диаграммы напряжений при фазировке трансформаторов: а,б,в, - при одинаковых группах соединений; г,д,е – при сдвиге векторов на 240^0 ; ж,з,и – то же на 330^0 ; к,л,м – то же на 60^0 .

16.8. Что называется совпадением фаз ?

При фазировке трехфазных цепей могут быть различные варианты чередования обозначений (расцветки) зажимов на включающем аппарате и подачи на них напряжения разных фаз. Для простоты дальнейших рассуждений допустим, что фазируемые напряжения двух трехфазных цепей имеют одинаковые порядки следования фаз. При этом условии фазы одноименных напряжений могут совпадать, а порядок чередования обозначений зажимов у выключателя – нет

(рис.16.5,а) или, наоборот, при одном и том же порядке чередования обозначений зажимов фазируемые напряжения могут оказаться сдвинутыми по фазе (рис.16.5,б)

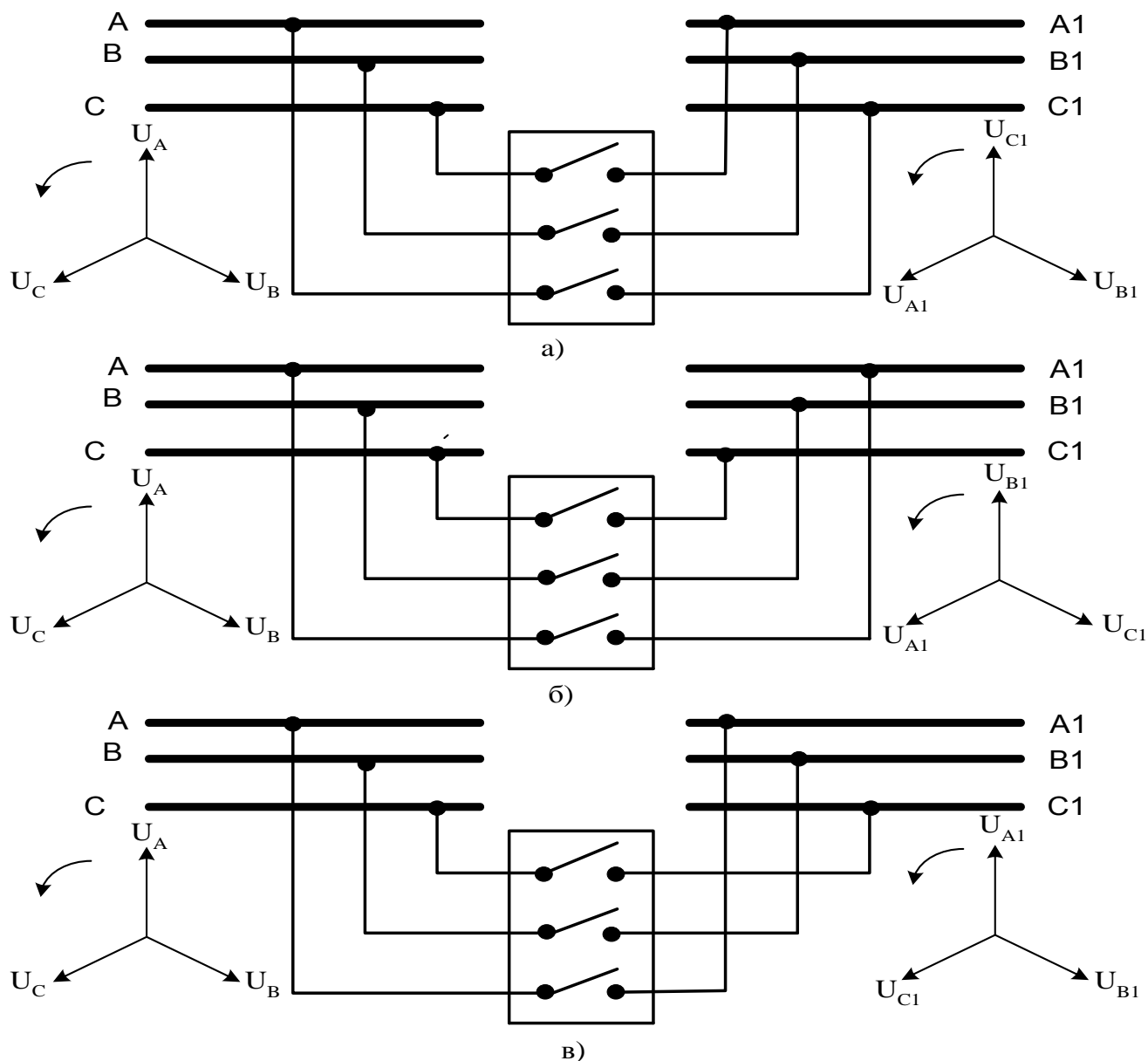


Рис. 16.5. Варианты несовпадения (а,б) и совпадения (в) фаз двух частей установки.

Поворот одноименных векторов напряжений относительно друг друга может быть не только на угол 120^0 , как это показано на рис.16.5,б, но на любой угол, кратный 30^0 , что характерно для трансформаторов, имеющих разные группы соединения обмоток. В обоих приведенных случаях включение выключателя неизбежно приводит к КЗ.

Однако возможен вариант, когда совпадает и то, и другое (рис.16.5,в). КЗ между соединяемыми частями установки здесь исключено.

Под *совпадением фаз* при фазировке как раз и понимают именно этот случай, когда одноименные напряжения фазируемых трехфазных цепей совпадают по фазе, а чередование обозначений у выключателя зажимов (или их расцветка) согласовано с соответствующими фазами напряжений и между собой.[55].

16.9. Как сфазировать силовые трансформаторы на подстанциях ?

Для фазировки силовых трансформаторов применяется косвенный метод фазировки. Сначала производится проверка совпадения фаз сборных шин и маркировка выводов вторичных обмоток трансформаторов напряжения при включении новых или после капитального ремонта РУ, силового трансформатора. Расцветка сборных шин в РУ производится в соответствии с указаниями ПУЭ. Маркировка выводов вторичных обмоток трансформаторов напряжения выполняется наладочными организациями на основании паспортной и проектной документации.

Проверка правильности выполненной расцветки и маркировки окончательно может быть произведена путем подачи от сети по одной из питающих линий напряжения в РУ. Напряжение подается пофазно, т.е. сначала по фазе А, затем В, и, наконец, по фазе С. При этом каждый раз проверяется соответствие расцветки фаз в РУ фазам энергосистемы и одновременно проверяется маркировка вторичных цепей по появлению напряжения на выводах той или иной фазы трансформатора напряжения.

Следует обратить внимание на следующее:

В процессе эксплуатации возможны замены элементов сборных шин, а также трансформаторов силовых и напряжения. В данном случае необходимо проведение электрической фазировки силовых трансформаторов и сборных шин.

Для проверки правильности расцветки СШ и вторичных выводов трансформаторов напряжения (ТН) необходимо:

Отключить ТН снять предохранитель фазы А, наложить закоротку между выводом фазы А и нулевым выводом ТН. Включить ТН под напряжение и на клеммах выхода вторичных цепей ТН (при этом желательно исключить влияние схемы вторичных цепей напряжения, т.е. отключить питающий автоматический выключатель цепей ТН) определить одноименную отсутствующую фазу а. Если маркировка не совпадает, необходимо хотя бы временно ее изменить.

Отключить ТН с высокой стороны. Снять установленную закоротку с фазы А. вставить предохранитель в фазе А. Затем снять предохранитель с фазы С и установить закоротку между выводом фазы С и нулевым выводом ТН. Выполнить замеры по определению вторичной маркировки фазы с, аналогично как это было выполнено с фазой а. Отключить ТН и восстановить первичную схему ТН.

Вторичные обмотки других ТН в дальнейшем фазировать с тем ТН, маркировка которого уже проверена. Фазировка производится теми же методами, что и фазировка силовых трансформаторов напряжением до 0,4 кВ. Выбор метода зависит от схемы вторичной обмотки: заземлена ли ее нулевая точка или одна из фаз. В первом случае для фазировки применяют вольтметр со шкалой на двойное фазное напряжение, во втором – на двойное линейное напряжение, так как при заземлении фазы вторичных обмоток на выводы вольтметра может быть подано $2U_{л}$.

В эксплуатации фазировку ТН, у которых заземлены не нулевые точки, а фазы вторичных обмоток (например, фазы В), и это не вызывает никаких сомнений, выполняют при помощи фазоуказателя ФУ-2. В данном случае это допустимо, так как фазы В фазированных напряжений жестко соединены и требуется установить лишь, совпадение напряжений одноименных фаз А, а также фаз С. Если они не совпадают, диск фазоуказателя при подаче на выводы напряжения от первого ТН будет вращаться в одном направлении, а при подаче напряжения от второго ТН – в другом направлении. Ни в каких других случаях фазировки трехфазных цепей пользоваться только фазоуказателем нельзя, так как при одном и том же направлении вращения диска фазоуказателя между одноименными фазами напряжений может быть сдвиг по углу даже при одном и том же порядке следования фаз.

ТН одного класса напряжения фазировать при питании от одного источника. Если, например, необходимо проверить совпадение фаз двух ТН, включенных со стороны ВН на разные системы шин (или секции), то для этого шины соединяют между собой включением шиносоединительного (или секционного) выключателя и затем производят фазировку. При фазировке оборудования косвенным методом предварительно проверяется совпадение фаз у ТН.

Фазировку трех обмоточного трансформатора выполняют в два приема. Сначала трансформатор включают под напряжение со стороны ВН и производят фазировку со стороны обмотки НН так же, как фазировать двух обмоточный трансформатор. При совпадении фаз трансформатор со стороны НН отключают, включают на резервную систему шин со стороны СН и производят фазировку на этом напряжении. После получения положительных результатов в обоих случаях фазировки трансформатор считают сфазированным и его включают на параллельную работу тремя обмотками.[55].

16.10. Как сфазировать ЛЭП при двойной системе шин ?

В РУ, где все системы шин находятся в работе, для производства фазировки освобождают одну из систем шин, т.е. выводят ее в резерв. При включенном шиносоединительном выключателе вольтметром проверяют совпадение маркировки фаз вторичных цепей ТН рабочей и резервной систем шин. Затем отключают шиносоединительный выключатель и снимают с его привода оперативный ток. На резервную систему шин включают цепь, фазировку которой следует произвести (рис. 16.6.) По фазированной цепи с противоположного конца подают напряжение и производят фазировку на выводах вторичных цепей ТН рабочей и резервной системы шин. Для этого вольтметром производят шесть измерений в следующей последовательности: $a_1 - a_2$; $a_1 - b_2$; $a_1 - c_2$; $b_1 - a_2$; $b_1 - b_2$; $b_1 - c_2$. При совпадении фаз a_1 и a_2 ; b_1 и b_2 ; c_1 и c_2 . (нулевые показания вольтметра) фазировку заканчивают и включением шиносоединительного выключателя, защиты на котором должны находиться в положении «Отключено», сфазированную цепь включают на параллельную работу. Если при измерении напряжения между одноименными выводами будут получены не нулевые, а иные результаты, то по измерениям фазированную цепь отключают и производят пересоединение токоведущих частей, добиваясь совпадения фаз. После этого фазировку производят заново.[55].

16.11. Как по векторным диаграммам произвести фазировку для параллельного включения присоединений при несовпадении фаз и заземленной фазы В во вторичных цепях ТН ?

Фазировку силовых трансформаторов или ЛЭП на ПС производят по вышеуказанным методам (п16.10., 16.11) В случае не совпадения фаз фазированных присоединений необходимо за основу принять рабочий трансформатор (его секцию шин) или рабочую СШ, присвоить индекс «1» фазам ТН (a_1, b_1, c_1, N_1); а фазам фазированного присоединения присвоить индекс «2» (a_2, b_2, c_2, N_2). Считается что , вторичные цепи ТН обеих СШ заранее сфазированы.

Подать напряжение на освобожденную (резервную) СШ напряжение от фазированного присоединения. Произвести следующие измерения вольтметром напряжения (или снять векторные диаграммы вторичных цепей рабочего и фазированного ТН при неизменном опорном напряжении на приборе ВАФ-85) в следующих сочетаниях: фазные и линейные напряжения рабочего ТН (с индексом «1») и фазированного ТН (с индексом «2») отдельно. При нормальных замерах, приступить к замеру напряжений вторичных цепей напряжения между фазами двух ТН $a_1 - a_2$; $a_1 - b_2$; $a_1 - c_2$; $a_1 - N_2$; $b_1 - a_2$; $b_1 - b_2$; $b_1 - c_2$; $b_1 - N_2$; $c_1 - a_2$; $c_1 - b_2$; $c_1 - c_2$; $c_1 - N_2$; $N_1 - N_2$.

В масштабе построить потенциальную (векторную) диаграмму вторичных цепей напряжения ТН1 и по отношению к ней по полученным замерам диаграмму напряжений ТН2. Полученную диаграмму напряжения ТН2 параллельным сносом совместить с диаграммой напряжения ТН1 так , что бы совместились N_1 и N_2 .

Произвести анализ расположения фаз ТН1 и ТН2 т.е. какие фазы ТН2 располагаются в вершинах звезды напряжений ТН1. Наметить перестановку фаз, выполнить ее и затем заново произвести фазировку, на предмет совпадения фаз. При нормальном анализе и перестановке фаз в первичном присоединении фазировка совпадает и разрешается параллельная работа фазированных присоединений. В таблице 16.1 приведены реальные замеры напряжений и векторные диаграммы при фазировке присоединений через вторичные напряжения ТН у которых заземлена фаза b.

Таблица 16.1.

Сочетания измеряемых напряжений	Показания вольтметра, В, при совпадении фаз	Показания вольтметра, В, при несовпадении фаз А и С	Показания вольтметра, В, при несовпадении фаз А и В	Показания вольтметра, В, при несовпадении фаз В и С
$a_1 - a_2$	0	100	200	100
$a_1 - b_2$	100	100	100	100
$a_1 - c_2$	100	0	170	175
$a_1 - N_2$	58	58	155	117
$b_1 - a_2$	100	100	100	100

$b_1 - b_2$	0	0	0	0
$b_1 - c_2$	100	100	100	100
$b_1 - N_2$	58	58	58	58
$c_1 - a_2$	100	0	175	175
$c_1 - b_2$	100	100	100	100
$c_1 - c_2$	0	100	100	200
$c_1 - N_2$	58	58	115	155
$N_1 - N_2$	0	0	100	100
Векторные диаграммы до совмещения $N_1 - N_2$				
Векторные диаграммы после совмещения $N_1 - N_2$				
Анализ диаграмм при совмещенных $N_1 - N_2$	В фазе A_1 находится фаза C_2 ; в фазе C_1 находится фаза A_2 ; Необходимо поменять фазы А и С первичного оборудования фазируемого присоединения	В фазе A_1 находится фаза B_2 ; в фазе B_1 находится фаза A_2 . Необходимо поменять фазы А и В первичного оборудования фазируемого присоединения	В фазе C_1 находится фаза V_2 ; в фазе V_1 находится фаза C_2 . Необходимо поменять фазы В и С первичного оборудования фазируемого присоединения	

16.12. Как сфазировать СШ 10 кВ одно трансформаторной ПС с кольцевой ЛЭП-10 кВ ?

Для фазировки косвенным методом СШ –10 кВ одно трансформаторной ПС необходимо подключить прибор ВАФ-85 по цепям напряжения к сети трансформатора собственных нужд ПС (220 или 380 В) и это опорное напряжение должно быть неизменно при всех замерах при фазировке. Измеряется векторная диаграмма вторичных напряжений ТН, присваивается индекс «1» и строится в масштабе. Данное измерение производится при нормальной схеме ПС. Далее отключаются все присоединения СШ на которой включен ТН (возможно не отключать присоединения на которых не требуется соблюдение чередования фаз т.е. отсутствуют электродвигатели) и отключается выключатель ввода трансформатора. Проверяется отсутствие напряжения во вторичных цепях ТН. Включается выключатель кольцевой ЛЭП, тем самым подается напряжение для фазировки ЛЭП и трансформатора. Измеряется векторная диаграмма вторичных напряжений ТН присваивается индекс «2» и строится в масштабе на листе на котором уже составлена диаграмма с индексом «1». Производится анализ диаграмм аналогично п 16.11.

17. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ.

17.1. Что входит в состав системы управления охраны труда (СУОТ) ?

Под охраной труда подразумевается система законодательных актов, а также предупредительных и регламентирующих социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебнопрофилактических мероприятий, средств и методов, направленных на обеспечение безопасных условий труда.

Система управления охраной труда (СУОТ) устанавливает единую систему организации управления охраной труда на предприятиях с учетом функций управления охраной труда со стороны государственных органов и общественных организаций, а также функции отдельных структурных подразделений.

Цель внедрения СУОТ – обеспечение безопасных и нормальных условий труда для работников на всех стадиях производственного процесса. В состав СУОТ входят функции от исполнительного аппарата управления РАО «ЕЭС России» до функций мастера подразделения, а также обязанности рабочего в части охраны труда.

17.2. Назовите технические средства защиты применяемые для уменьшения тока, проходящего через тело человека при случайном контакте с токоведущими частями ?

В настоящее время наиболее широко применяют следующие технические средства защиты: защитное заземление; зануление; заземление; уравнивание потенциалов (электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов); защитное отключение; защитное разделение сетей; выравнивание потенциалов (снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли); защита от опасности перехода высокого напряжения на сторону низкого; защитное шунтирование; компенсация емкостных токов; обеспечение недоступности токоведущих частей; контроль изоляции; двойная изоляция; защитные средства.

17.3. Какие меры безопасности применяются при обслуживании устройств РЗА ?

Работы по техническому обслуживанию релейной аппаратуры должны производиться специально обученным персоналом, имеющим квалификационную группу по технике безопасности не ниже третьей.

Сборка и изменение схем для проверки и испытания реле, а также изменение их уставок должны производиться при отключенном напряжении.

В том случае, когда требуется измерить электрические параметры устройств РЗА, находящихся под напряжением необходимо :

- установить измерительный прибор на устойчивую основу;
- заземлить металлический корпус измерительного прибора;
- использовать специальные щупы или соединительные проводники, а так же инструмент с изолирующими рукоятками.

Перед началом работы необходимо проверить надежность заземления металлоконструкции панели. На металлоконструкции панели предусмотрен заземляющий болт, который должен использоваться только для присоединения заземляющего контура.

Работы в цепях, находящихся под напряжением, проводить инструментом с изолированными рукоятками (у отверток должна быть изолирована часть стержня, прилегающая к рукоятке, открытым остается рабочая часть размером углубления винта), измерительные линейки и метры должны быть изготовлены из не проводящего электрический ток материалов.

При работе на панелях РЗА электродрелью, она должна быть надежно заземлена, а устройства РЗА, расположенные на панели должны быть надежно защищены от попадания в них и на токоведущие части металлической стружки и опилок.

Проверочные устройства для проверки устройств РЗА должны быть надежно заземлены.

Съем отдельных частей панели, монтаж, переключение переключателей, установленных в комплектах и блоках панелей, а ток же работы на зажимах должны производиться при обесточенном состоянии панели и принятых мерах по предотвращению поражения обслуживающего персонала электрическим током.

К работе по наладке и проверке панелей должны допускаться лица, прошедшие проверку знаний по ТБ, инструктаж, имеющие аттестацию на право выполнения работ, знающие особенности электрической схемы и конструкции подлежащей проверке панели.

17.4. Какие величины электрического тока считаются опасными для жизни человека ?

Фибриляция сердца может наступить в результате прохождения через тело человека по пути рука-рука или рука – ноги тока более 50 мА частотой 50 Гц в течение нескольких секунд. Токи меньше 50 мА и более 5 А той же частоты и длительности протекания фибриляции сердца у человека, как правило, не вызывают.

Человек начинает испытывать затруднение дыхания вследствие судорожного сокращения мышц уже при токе 20-25 мА частотой 50 Гц, проходящем через его тело. В случае длительного прохождения через человека такого тока (в течение нескольких минут) наступает так называемая асфикция – удушье. Прекращение сердечной деятельности в данном случае обусловлено не воздействием тока в сердце (поскольку ток до 50 мА, как правило, не вызывает фибриляции или остановки сердца), а прекращением подачи кислорода в организм.

При токах в несколько ампер происходит, как правило, немедленно, прекращение работы сердца и паралич дыхания.[61].

17.5. Существует ли безопасный ток ?

Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него малого тока: в среднем около 1,1 мА при переменном токе частотой 50 Гц и около 6 мА при постоянном токе.

Наименьший ток – 40 мА при постоянном напряжении ощущается языком.

Безопасный ток, который длительно (в течение нескольких часов) может проходить через тело человека не нанося ему вреда и не вызывая никаких ощущений, очевидно во много раз меньше порогового ощущаемого тока. Точные значения безопасного тока не установлены, однако для практических целей его наибольшие значения можно, по-видимому, принять равными 50-75 мкА при частоте 50 Гц и 100-125 мкА при постоянном токе.[61].

17.6. От чего зависит сопротивление тела человека ?

Электрическое сопротивление различных тканей тела человека не одинаково. Например, при токе частотой 50 Гц удельное сопротивление составляет, кости – 10^7 Ом·м, кожа сухая – 10^5 Ом·м, крови – 1,7 Ом·м. При сухой, чистой и неповрежденной коже сопротивление тела, измеренное, при напряжении 15-20 В переменного тока (50 Гц), колеблется в пределах от 1 до 10 кОм, а иногда и в более широких пределах.

Сопротивление кожи, а следовательно сопротивление тела в целом резко уменьшается при повреждении ее рогового слоя, наличие влаги на ее поверхности, интенсивном потоотделении и загрязнении.

Электрическое сопротивление тела человека зависит так же от места приложения электродов к телу, значений тока, проходящего через человека, и приложенного к телу напряжения, рода и частоты тока, площади электродов, длительности прохождения тока через человека и некоторых других факторов. Увеличение тока приводит к снижению сопротивления соответствующих участков кожи, за счет местного нагрева кожи и действия на центральную нервную систему (усиливается приток крови, повышается потоотделение). С ростом напряжения сопротивление тела уменьшается в десятки раз. При больших напряжениях приближается к наименьшему пределу 300 Ом. В России в качестве расчетных значений сопротивление человека равно 1000 Ом при напряжении, приложенном к телу, равное 50 В и выше и сопротивление человека равно 6000 Ом при приложенном напряжении

36 В. Опыты показывают, что сопротивление тела человека постоянному току больше, чем переменному любой частоты. Разница в значениях сопротивлений постоянному и переменному (50 Гц) током особенно велика при малых напряжениях – до 10 В. С ростом приложенного напряжения эта разница уменьшается и начиная с 40-80 В сопротивление тела человека как

постоянному, так и переменному току промышленной частоты становится практически одинаковым.

На значение сопротивления тела человека влияют и другие факторы, хотя в значительно меньшей степени. Пол и возраст. У женщин, как правило, сопротивление тела меньше, чем у мужчин, а у детей – меньше, чем у взрослых, у молодых людей меньше, чем у пожилых. Объясняется это, очевидно, тем, что у одних людей кожа тоньше и нежнее, у других – толще и грубее.

Физическое раздражение снижает сопротивление тела на 20-25%.

Повышенная температура окружающего воздуха (30-45⁰ С) или тепловое облучение человека, вызывает некоторое понижение сопротивление тела.[61].

17.7. Что называется напряжением прикосновения ?

Напряжение прикосновения – напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

Ожидаемое напряжение прикосновения – напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек или животное их не касается.

Напряжение прикосновения для человека, касающегося заземленного корпуса электрооборудования и стоящего на земле зависит от расстояния между человеком и заземлителем: чем дальше от заземлителя находится человек тем больше напряжение прикосновения и наоборот. При расстоянии 20 м напряжение прикосновения имеет наибольшее значение. Наименьшее значение когда человек стоит непосредственно на заземлителе. Это безопасный случай, человек не подвергается воздействию напряжения, хотя он и находится под потенциалом заземлителя (одиночного).[61].

17.8.Что называется напряжением шага ?

Напряжение шага – напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека. Максимальные значения напряжения шага будут при наименьшем расстоянии от одиночного заземлителя, когда человек одной ногой стоит непосредственно на заземлителе, а другой – на расстоянии шага от него.

Наименьшее значение напряжения шага будет при бесконечно большом удалении от заземлителя, т.е. за пределами поля растекания тока, а практически дальше 20 м.[61].

17.9. В чем заключаются отличия защитного и рабочего заземлений ?

Заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Защитное заземление – заземление, выполняемое в целях электробезопасности и предназначенное для устранения опасности поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимися под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Рабочее (функциональное) заземление – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности). Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях и осуществляется непосредственно (т.е. путем соединения проводником заземляемых частей с заземлителем) или через специальные аппараты – пробивные предохранители, разрядники, резисторы и т.п.

Защитное заземление следует отличать от рабочего заземления и заземления молниезащиты. Например, для измерительного трансформатора напряжения заземление нейтрали ВН является рабочим заземлением, а заземление вторичных обмоток – защитным заземлением. [61].

17.10. Пояснить назначение зануления .

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ – преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с

заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое с целью электробезопасности.

Нулевой защитный проводник следует отличать от так называемого нулевого рабочего проводника, который также соединен с глухозаземленной нейтралью, выводом и средней точкой обмоток источников тока, но предназначен для питания током электроприемников, т.е. является частью цепи рабочего тока и по нему проходит рабочий ток. Зануление обеспечивает отключение электроустановки лишь при замыкании на корпус.[61].

17.11. В чем заключаются различия назначения диэлектрических бот и галош ?

Диэлектрические галоши и боты как дополнительные электрозащитные средства применяют в закрытых, а в сухую погоду и в открытых электроустановках при операциях, выполняемых с помощью основных электрозащитных средств. При этом боты можно использовать в электроустановках любого напряжения, а галоши – только в электроустановках до 1000 В включительно. Кроме того, диэлектрические галоши и боты используют в качестве защиты от напряжений шага в электроустановках любого напряжения и любого типа, в том числе ОРУ и на воздушных линиях электропередачи. [61].

17.12. К каким защитным средствам относятся диэлектрические перчатки ?

Диэлектрические перчатки применяют в электроустановках до 1000 В как основное изолирующее электрозащитное средство при работах под напряжением, а в электроустановках выше 1000 В – как дополнительное электрозащитное средство при работах с помощью основных изолирующих электрозащитных средств (штанг, указателей высокого напряжения, изолирующих и электроизмерительных клещей и т.п.). [61].

17.13. Возможно ли испытание резиновых диэлектрических средств защиты постоянным током ?

Испытания резиновых перчаток, бот, галош, колпаков и т.п., можно производить не только переменным, но и постоянным током, который дает лучшие результаты для обнаружения зарождающихся дефектов в резине (трещин, порезов и т.п.) и выявления скрытого брака, допущенного при изготовлении.

Испытательное напряжение при постоянном токе должно быть в 2,5 раза больше, чем при переменном. Объясняется это тем, что пробивное напряжение твердых диэлектриков при постоянном токе примерно в 2,5 раза выше, чем при переменном токе (исключение составляют весьма тонкие образцы, для которых пробивное напряжение практически одинаково как при постоянном, так и переменном токе). Следует отметить, что при испытании на пробой переменным током состояние изоляции резиновых изделий довольно точно оценивается не только приложенным напряжением, но и значением токов утечки через толщину резины, поскольку, как известно, диэлектрические потери со временем возрастают. При постоянном же токе такую оценку по токам утечки сделать нельзя, поэтому эти токи не нормируются. [61].

17.14. От чего зависит наведенное ЭДС на отключенном проводе ВЛ ?

Каждый из оставшихся в работе проводов можно рассматривать как первичную обмотку однофазного трансформатора тока, а отключенный провод – как разомкнутую вторичную обмотку. Напряжение на концах вторичной обмотки, т.е. между началом и концом отключенного провода, есть наведенная ЭДС взаимной индукции, которую обычно называют продольной ЭДС. Значение ЭДС зависит от длины отключенного участка провода, взаимной индуктивности проводов и влияющего тока, и не зависит от напряжения линии.

Отключенный провод трехфазной ВЛ находится в электрическом поле оставшихся в работе фаз, вследствие чего в нем наводится электростатический потенциал, который зависит от фазного напряжения линии, диаметра и расположения проводов на опоре и не зависит от длины провода и тока в линии. [61].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дымов А.М. и др. Трансформаторы напряжения. Москва. Энергоиздат. 1975.
2. Шабад М.А. Защита от однофазных замыканием на землю в сети 6-36 кВ. С-Пб. 1997.
3. Реле защиты. Справочник. Энергия, М. 1976.
4. Павлов В.И. Схемы управления и сигнализации воздушных и масляных выключателей. Энергия.М. 1971.
5. Фокин Г.Г. Хомяков М.Н. Панели дистанционных защит ПЗ-2/1, ПЗ-2/2. М., Энергия. 1975.
6. Якобсон И.А. Испытания и проверки при наладке электрооборудования. М., Энергоатомиздат. 1986.
7. Гельфанд Я.С. Релейная защита распределительных сетей. М., Энергоатомиздат. 1987.
8. Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей. СО 34.04.181.-2003.
9. Чернобровов Н.В. Релейная защита энергетических систем. М.,1998.
10. Минин Г.П. Измерение мощности энергии. М-Л., 1965.
11. Рыбак Х.А. Обслуживание релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей подстанций. М., Энергия,1976.
12. Методические указания по техническому обслуживанию реле прямого действия. М., Союзтехэнерго. 1990.
13. Кузин В.М. Переносные комбинированные приборы. М., Радио и связь. М., 1991.
14. Труб И.И. Индукционные реле тока. М., Энергоатомиздат, 1990.
15. Голубев М.А. Вторичные цепи на подстанциях с переменным оперативным током. М., Энергия. 1977.
16. Жданов Л.С. Реле времени типов ЭВ и РВМ, М., Энергия, 1969.
17. Типовая инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и противоаварийной автоматики электростанций и подстанций. ОРГРЭС. М. 1991. РД34.35.302-90.
18. Филатов А.А. Обслуживание электрических подстанций оперативным персоналом. М., Энергоатомиздат. 1990.
19. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники. М., Высшая школа. 1994.
20. Васильев С.Е. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики. Киев. Наукова думка. 1966.
21. Сахновский Н.А. Испытание и проверка электрического оборудования. М. Энергия. 1975.
22. Басс Э.И. Катушки реле защиты и автоматики. М. Энергия, 1974.
23. Пособие по изучению правил технической эксплуатации электрических станций и сетей.М. Энас. 2000.
24. Таубес И.Р. Дифференциальная защита шин 110-220 кВ. М. Энергоатомиздат. 1984.
25. Методические указания по наладке и проверке промежуточных, указательных реле и реле импульсной сигнализации. ОРГРЭС . М.1995.
26. Сарычев С.С. Электромеханические реле тока и схемы МТЗ. С-Пб. 1995.
27. Шабад М.А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты. С-Пб. 1995.
28. Шульц Ю.И. Электроизмерительная техника тысяча понятий для практиков. Справочник. М. ЭАИ. 1989.
29. Объем и нормы испытаний электрооборудования. М. ЭНАС.1989.
30. Удрис А.П. Панель релейной защиты типа ЭПЗ-1636 для ВЛ-110-220 кВ. М. НТФ. «Энергопрогресс» «Энергетик» 2000.
31. Справочник по наладке вторичных цепей ЭС и ПС. Под редакцией Мусаеляна Э.С. М. ЭАИ.1989.
32. Правила технического обслуживания устройств РЗА, дистанционного управления и сигнализации ЭС и ПС 110-750 кВ. РД 34.35.617-01.
33. Беляев А.В. Вторичная коммутация в распределительных устройствах оснащенных цифровыми РЗА. С-Пб.20003.
34. Гельфанд Я.С. Релейная защита и электроавтоматика на переменном оперативном токе.М. Энергия. 1973.
35. Степанов Ю.А. Оптимизация измерительного комплекса учета электрической энергии и РЗ. М.ЭАИ, 1999.
36. Попов В.С. Электрические измерения. М.Энергия. 1968.

37. Камнев В.Н. Ремонт устройств РЗ и А. М. Высшая школа.1984.
38. Овчинников В.В. Автоматическое повторное включение. М. НТФ«Энергопрогресс».2001.
39. Жданов Л.С. Электромагнитные реле тока и напряжения РТ и РН. М. ЭАИ.1989.
40. Рабинович Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем. М. ЭАИ. 1989.
41. Усов С.В. Электрическая часть электростанций. Л. Энергия. 1977.
42. Каминский Е.А. Как добиться надежной работы электроустановок. М. ЭАИ. 1986.
43. Беркович М.А. Основы техники защиты. М. ЭАИ. 1984.
44. Вавин В.Н. Трансформаторы напряжения и их вторичные цепи. М.ЭАИ.1987.
45. Рожков Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций. М Энергия.1987.
46. Степанов Ю.А. Совершенствование релейной защиты на примерах построения векторных диаграмм.М. ЭАИ. 1999.
47. Пеневич А.Б. Отыскание мест замыкания на землю в распределительных сетях 6-10 кВ. М. Энергия. 1975.
48. Инструкция по проверке трансформаторов напряжения и их вторичных цепей. СПО М. 1979
49. Инструкция по эксплуатации газовой защиты. РД 153-34.0-35.518-2001. М. СПО ОРГРЭС. 2001.
50. Рубинчик В.А. Резервирование отключения коротких замыканий в электрических сетях. М.ЭАИ.1985.
51. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 11. М. Энергия. 1979.
52. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 12. М. Энергия. 1979.
53. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 13(А,Б). М. Энергия. 1985.
54. Сборник распорядительных материалов по эксплуатации энергосистем. М. СПО ОРГРЭС. 2002.
55. Филатов А.А. Фазировка электрического оборудования. М.ЭАИ. 1984.
56. Элементарный учебник физики. Под редакцией Лансберга Л.Д. М. Наука.1985.
57. Методические указания по наладке и ТО автоматических выключателей серии А 3700. М. 1991.
58. Лобок О.П. Сигнализация на электроподстанциях. М. Энергия.1973.
59. Лезнов С.И. Устройство и обслуживание вторичных цепей электроустановок. М ЭАИ.1986.
60. ТО релейной защиты и автоматики ЭС и ПС и электрических сетей. М.ЭНЕАС. 1999.
61. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М.ЭАИ.1985.
62. Правила устройств электроустановок. М. ЭАИ.1985.
63. Будаев М.И. Высокочастотные защиты линий.110-220 кВ. М. ЭАИ.1989.
64. Шуин В. А. Защита от замыканий на землю в электросетях 6-10 кВ. С-Пб. 2000.
65. Типовая инструкция по переключениям в электроустановках. РД 153-34.0-20.505-2001.
66. Инструкция по проверке трансформаторов тока. М. 2003.
67. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. М. ЭАИ. 1992.
68. Таубес И.Р. Устройство резервирования при отказе выключателя в сетях 110-220 кВ. М. ЭАИ. 1988.
69. Шабад М.А. Автоматика электрических сетей 6-10 кВ в сельской местности. Л. Энергия. 1979.
70. Устройства дистанционной и токовой защиты типов ШДЭ-2801, ШДЭ-2802. М. ЭАИ.1988.
71. Панель высокочастотной направленной защиты ПДЭ 2802. М. ЭАИ.1992.
72. Справочник по наладке электрооборудования промпредприятий. Под ред. Заменкова М.Г. М.ЭАИ. 1983.
73. Овчаренко Н.И. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий электропередачи напряжением 110-220 кВ ДФЗ-201.М; НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик» 2002.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая часть	1
2. Основы электротехники	32
3. Аппаратура релейной защиты и автоматики	58
4. Трансформаторы тока и схемы их вторичных соединений	90
5. Трансформаторы напряжения и схемы их вторичных соединений ...	101
6. Электрооборудование подстанций	112
7. Оперативные цепи устройств релейной защиты автоматики	125
8. Релейная защита ВЛ-110 кВ и выше	132
8.5. Панель защиты ЭПЗ-1636	134
8.6. Шкаф защиты ШДЭ-2801(2802)	144
8.7. Панель высокочастотной направленной защиты ПДЭ-2802	149
8.8. Панель защиты ДФЗ-201	151
8.10. ВЧБ защит линий	157
9. Защита трансформаторов и автотрансформаторов	160
10. Общеподстанционные защиты (ДЗШ, УРОВ, ПА, АЧР и др.)	169
10.1 ДЗШ	169
10.2 УРОВ	179
10.3 АВР	184
10.4 АЧР	185
10.5 ПА	187
10.6. ДГЗ	189
11. Релейная защита распределительных сетей 0,4-35 кВ	190
12. Управление и автоматика выключателей свыше 1 кВ	210
13. Измерение электрических величин	223
14. Испытание изоляции вторичных и устройств РЗА	241
15. Техническое обслуживание устройств РЗА	246
16. Фазировка электрического оборудования	261
17. Основы электробезопасности	271
18. Список литературы	275