Некоммерческое Партнерство «Инновации в электроэнергетике»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 70238424.29.240.99.008-2011

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКА ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ

Дата введения – 2011-12-01

Издание официальное

Москва
2009

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации – ГОСТ Р 1.4–2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов – ГОСТ Р 1.5-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные в Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

СВЕДЕНИЯ О СТАНДАРТЕ

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-технический центр электроэнергетики» (ОАО «НТЦ электроэнергетики»)

2 ВНЕСЕН Комиссией по техническому регулированию НП «ИНВЭЛ»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом НП «ИНВЭЛ» от 01.11.2011 №109/4

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© НП «ИНВЭЛ», 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения НП «ИНВЭЛ»

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 2
3 Термины и определения ... 3
4 Обозначения и сокращения ... 4
5 Организация эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики ... 5
5.1 Общие сведения ... 5
5.2 Персонал, эксплуатирующий устройства РЗА ... 11
5.3 Виды и периодичность обслуживания устройств РЗА ... 15
5.4 Техническая документация по обслуживанию устройств РЗА ... 45
5.5 Правила составления программ производства работ в устройствах РЗА. Виды программ ... 46
5.6 Общие требования к производственным инструкциям по эксплуатации устройств РЗА ... 49
6 Приемка в эксплуатацию устройств релейной защиты и автоматики ... 50
6.1 Приемка после наладки ... 50
6.2 Монтажно-наладочные работы ... 54
6.3 Приемка после профилактических работ в устройствах РЗА ... 55
7 Обслуживание устройств релейной защиты и автоматики оперативным персоналом объекта электроэнергетики ... 56
7.1 Общие требования к оперативному обслуживанию устройств РЗА ... 56
7.2 Требования к оперативному обслуживанию при срабатывании или неисправности в системе РЗА ... 67
8 Обслуживание устройств релейной защиты и автоматики персоналом объекта электроэнергетики (сетевой или подрядной организации) ... 70
8.1 Общие требования к производству работ ... 70
8.2 Подготовка к работе ... 73
8.3 Подготовка устройств РЗА к вводу в работу ... 77
9 Требования, обеспечивающие безопасность оперативного и технического обслуживания устройств релейной защиты и автоматики ... 79
9.1 Общие требования ... 79
9.2 Технические требования ... 79
Приложение А (обязательное) Объем и нормы испытания электрооборудования ... 83
Приложение Б (обязательное) Общие требования к измерениям, испытательной аппаратуре и ремонту устройств РЗА ... 88
Приложение В (рекомендуемое) Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств РЗА ... 104
Приложение Г (рекомендуемое) Технические мероприятия по проверке устройств РЗА ... 106
БИБЛИОГРАФИЯ ... 201

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Релейная защита и электроавтоматика
Организация эксплуатации и технического обслуживания
Нормы и требования

Дата введения – 2011-12-01

1 Область применения

1.1 Объектом регулирования настоящего стандарта является процесс эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики, установленных на объектах электроэнергетики, производящих, распределяющих и потребляющих электроэнергию.

1.2 Настоящий стандарт:

- распространяется на:

а) устройства релейной защиты и электроавтоматики (РЗА);

б) относящиеся к устройствам РЗА низковольтные комплектные устройства (панели, шкафы, блоки, ящики зажимов наружной установки, ряды зажимов) и связанные с ними вторичные цепи (цепи источников оперативного напряжения, сигнализации, управления коммутационными аппаратами, связи со вторичными обмотками измерительных трансформаторов тока и напряжения, цепи связи с устройствами и аппаратурой каналов связи), предназначенные для автоматического противоаварийного управления электрооборудованием электрических станций, подстанций и линий электропередачи;

в) цепи связи для сигнализации неисправностей оборудования и информационного взаимодействия с автоматизированными системами управления объекта электроэнергетики.

- устанавливает требования к оперативному и техническому обслуживанию устройств РЗА, которые следует применять в процессе эксплуатации для обеспечения безопасной и надежной работы объектов электроэнергетики;
- распространяется на:

а) субъекты электроэнергетики, эксплуатирующие устройства РЗА, установленные на объектах электроэнергетики;

б) субъекты оперативно-диспетчерского управления;

в) строительно-монтажные, наладочные, научно-исследовательские и проектные организации участвующие в процессе ;

- определяет:

а) требования к организации эксплуатации;

б) порядок, нормы и требования к техническому и оперативному обслуживанию устройств РЗА, а также к их ремонту;

в) контроль состояния устройств РЗА;

1.3 Субъекты электроэнергетики вправе руководствоваться настоящим стандартом или в установленном им порядке разработать, утвердить и применять стандарт организации (местную инструкцию по эксплуатации), учитывающий особенности установленного на нем оборудования, действующую структуру

организации эксплуатации, но не противоречащий и не снижающий уровень требований настоящего Стандарта.

1.4 Требования настоящего стандарта являются минимально необходимыми для обеспечения поддержания в работоспособном состоянии устройств РЗА, находящихся в эксплуатации, если они используются по прямому назначению в соответствии с эксплуатационными инструкциями, конструкторской (заводской) документацией, в течение всего срока службы, установленного технической документацией.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 16504–81 Система испытаний государственной продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 18322–78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

ГОСТ 19431–84 Энергетика и Электрификация. Термины и определения

ГОСТ 24291-90 Электрическая часть электростанций и электрической сети. Термины и определения

ГОСТ 25866–83 Эксплуатация техники. Термины и определения

ГОСТ Р 27.002-2009 Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений

Правила оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 27.12.2004 № 854

СТО 56947007-29.240.30.004-2008 Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций

СТО 70238424.27.010.001-2008 Электроэнергетика. Термины и определения

СТО 17330282.29.240.004-2008 Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем

СТО 17330282.29.240.003-2007 Релейная защита и автоматика, противоаварийная автоматика. Организация взаимодействия служб релейной защиты и автоматики в ЕЭС России. Приказ ОАО РАО «ЕЭС России» от 04.10.2007 № 618

П р и м е ч а н и е - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него,

применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 16504, ГОСТ 18322, ГОСТ 19431, ГОСТ 24291, ГОСТ 25866, ГОСТ 27.002, ПОТ Р М-016-2001, СТО 70238424.27.010.001-2008, Межотраслевых правил по охране труда [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **бланк переключений (обычный или типовой):** Оперативный документ, в котором приводится строгая последовательность операций с коммутационными аппаратами, заземляющими разъединителями (ножами), цепями оперативного тока, устройствами релейной защиты, противоаварийной и режимной автоматики, операций по проверке отсутствия напряжения, наложению и снятию переносных заземлений, вывешиванию и снятию плакатов, а также необходимых (по условиям безопасности персонала и сохранности оборудования) проверочных операций.

3.2 **орган исполнительный релейной защиты:** Элемент релейной защиты и автоматики, реализованный аппаратно или программно-аппаратно и выдающий необходимые сигналы на устройства (связанные с устройством релейной защиты выключатели, схемы сигнализации, другие устройства РЗА).

3.3 **комплекс РЗА элементов электроэнергетической системы:** Совокупность устройств противоаварийной автоматики, объединенных функциональной целостностью или районом управления, обеспечивающих полную защиту элементов электроэнергетической системы при КЗ и ненормальных режимах с заданной надежностью, а также выполняющих требуемые функции автоматики.

3.4 **объем самодиагностики:** Количество структурно-функциональных блоков, модулей устройства и совокупность признаков, установленных для проведения автоматической диагностики устройства.

3.5 **напряжение оперативное:** Постоянное, выпрямленное или переменное напряжение, предназначенное для питания логических цепей устройства РЗА и приводов коммутационных аппаратов.

3.6 **устройство отключающее:** Элемент аппаратуры (накладки, ключи, испытательные блоки, автоматические выключатели) предназначенный для вывода устройств РЗА из работы без нарушения цепей вторичной коммутации.

3.7 **устройство переключающее:** Накладка (ключ, переключатель цепей напряжения) предназначенная для изменения схемы подключения устройства РЗА, например, , испытательный блок перевода цепей защиты на обходной выключатель. Как правило, предназначено для использования оперативным персоналом.

3.8 **орган пусковой релейной защиты:** Структурно-функциональный элемент релейной защиты и автоматики реализованный аппаратно, программно

или программно-аппаратно и предназначенный для выявления необходимости работы измерительных органов.

3.9 **цепь напряжения:** Цепь вторичной коммутации, подключающая устройство РЗА или ПА к измерительным трансформаторам напряжения.

3.10 **цепь тока:** Цепь вторичной коммутации, подключающая устройство РЗА или ПА к измерительным трансформаторам тока.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

АВР – автоматическое включение резерва;
АГП – автомат гашения поля;
АПВ – автоматическое повторное включение;
АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;
АТ – автотрансформатор;
БАПВ – быстродействующее автоматическое повторное включение;
БЩУ – блок щита управления;
ВАФ – вольтамперфазометр;
ВЧ – высокая частота;
ГЩУ – главный щит управления;
ДУ – диспетчерское управление
ДЗТ – дифференциальное реле с торможением;
ИМС – интегральная микросхема;
КРУ – комплектное распределительное устройство;
КРУН – комплектное распределительное устройство наружное;
ЛАТР – лабораторный автотрансформатор;
МП – микропроцессор;
НД – нормативная документация;
ОАПВ – однофазное автоматическое повторное включение;
ОВБ – оперативно-выездная бригада;
ОГК – оптовая генерирующая компания;
ОДУ – объединенное диспетчерское управление
ОМП – определение места повреждения;
ПС – подстанция;
ППБ – правила пожарной безопасности;
РДУ – региональное диспетчерское управление;
РЗА – релейная защита и автоматика;
РНТ – дифференциальное реле с насыщением;
РПН – регулирование под нагрузкой;
РТВ – реле тока встроенное;
РТМ – реле тока мгновенное;
РУ – распределительное устройство;
РУСН – распределительное устройство собственных нужд;

СДТУ – средства диспетчерского и технологического управления;
СН – собственные нужды;
СРЗА – служба релейной защиты и автоматики;
ТАПВ – трехфазное автоматическое повторное включение;
ТГК – территориальная генерирующая компания;
ТО – техническое обслуживание;
УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя;
ЧДА – частотная делительная автоматика;
ШОН – шкаф отбора напряжения;
ЩПТ – щит постоянного тока;
ХХ – холостой ход;
КЗ – короткое замыкание;

Для обозначения категорий контроля в настоящем стандарте приняты обозначения:

П – при вводе в эксплуатацию нового электрооборудования и электрооборудования, прошедшего восстановительный или капитальный ремонт, реконструкцию на специализированном ремонтном предприятии;

КР – при капитальном ремонте (на энергопредприятии);

Примечание - Категория «КР» включает контроль при капитальном ремонте как данного вида электрооборудования, так и оборудования данного присоединения.

СР – при среднем ремонте;
ТР – текущем ремонте;
МР – между ремонтами.

5 Организация эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики

5.1 Общие сведения

5.1.1 Силовое электрооборудование электростанций, ПС и электрических сетей должно быть защищено от коротких замыканий и нарушений нормальных режимов устройствами релейной защиты, автоматическими выключателями или предохранителями и оснащено устройствами автоматики, в том числе устройствами противоаварийной автоматики и устройствами автоматического регулирования.

Устройства релейной защиты и автоматики, по принципам действия, параметрам настройки срабатывания и выходным воздействиям должны соответствовать схемам и режимам работы электросети и постоянно находиться в работе, кроме устройств, которые должны выводиться из работы в соответствии с назначением, принципом действия, режимом работы электросети или условиями селективности.

5.1.2 В эксплуатации должны быть обеспечены условия нормальной работы аппаратуры РЗА и вторичных цепей (допустимые температура, влажность, вибрация, отклонения рабочих параметров от номинальных, условия электромагнитной совместимости и др.).

5.1.3 Все случаи срабатывания и отказа срабатывания устройств РЗА, а также выявляемые в процессе их эксплуатации дефекты должны анализироваться и учитываться в установленном порядке службами РЗА. Выявленные дефекты должны быть устранены.

О каждом случае неправильного срабатывания или отказа срабатывания устройств РЗА, а также о выявленных дефектах схем и аппаратуры вышестоящая организация, в управлении или ведении которой находится устройство, должна быть проинформирована.

5.1.4 На панелях РЗА и шкафах двустороннего обслуживания, а также на панелях и пультах управления на лицевой и оборотной сторонах должны быть надписи, указывающие их назначение в соответствии с диспетчерскими наименованиями.

Установленная на панелях, пультах и в шкафах с поворотными панелями аппаратура должна иметь с обеих сторон надписи или маркировку согласно схемам. Расположение надписей или маркировки должно однозначно определять соответствующий аппарат.

На панели с аппаратурой, относящейся к разным присоединениям или разным устройствам РЗА одного присоединения, которые могут проверяться раздельно, должны быть нанесены четкие разграничительные линии и должна быть обеспечена возможность установки ограждения при проверке отдельных устройств РЗА.

Надписи у устройств, которыми управляет оперативный персонал, должны четко указывать назначение этих устройств.

5.1.5 Силовое электрооборудование и линии электропередачи могут находиться под напряжением только с введенной в работу релейной защитой от всех видов повреждений. При выводе из работы или неисправности отдельных видов защит оставшиеся в работе устройства релейной защиты должны обеспечить полноценную защиту электрооборудования и линий электропередачи от всех видов повреждений. Если это условие не выполняется, должна быть осуществлена временная быстродействующая защита или введено ускорение резервной защиты, или присоединение должно быть отключено.

5.1.6 При наличии быстродействующих релейных защит и устройств резервирования в случае отказа выключателей все операции по включению линий, шин и оборудования после ремонта или нахождения без напряжения, а также операции по переключению разъединителями и выключателями должны осуществляться при введенных в работу этих защитах; если на время проведения операций какие-либо из этих защит не могут быть введены в работу или должны быть выведены из работы по принципу действия, следует ввести ускорение на резервных защитах либо выполнить временную защиту, хотя бы неселективную, но с таким же временем действия, как и постоянная защита.

5.1.7 Сопротивление изоляции электрически связанных вторичных цепей напряжением выше 60 В относительно земли, а также между цепями различного назначения, электрически не связанными (измерительные цепи, цепи оперативного тока, сигнализации), должно поддерживаться в пределах каждого присоединения не ниже 1 МОм.

Сопротивление изоляции вторичных цепей, рассчитанных на рабочее напряжение 60 В и ниже, питающихся от отдельного источника или через разделительный трансформатор, должно поддерживаться не ниже 0,5 МОм.

Для вторичных цепей напряжением выше 60 В сопротивление изоляции измеряется мегомметром на напряжение от 1000 В до 2500 В; а для цепей – ниже 60 В сопротивление изоляции измеряется мегомметром на напряжение 500 В.

Измерение сопротивления изоляции цепей 24 В и ниже устройств РЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе производится в соответствии с указаниями предприятия -изготовителя.

При проверке изоляции вторичных цепей должны быть приняты предусмотренные соответствующими производственными инструкциями меры к предотвращению повреждения этих устройств.

5.1.8 Испытание изоляции напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин должно производится при включении после монтажа и первом профилактическом контроле изоляция относительно земли электрически связанных цепей РЗА, а также всех других вторичных цепей каждого присоединения, а также между электрически не связанными цепями, находящимися в пределах одной панели, за исключением цепей элементов, рассчитанных на рабочее напряжение 60 В и ниже.

Кроме того, напряжением 1000 В в течение 1 мин должна быть испытана изоляция между жилами контрольного кабеля тех цепей, где имеется повышенная вероятность замыкания между жилами с серьезными последствиями (цепи газовой защиты, цепи конденсаторов, используемых как источник оперативного тока, вторичные цепи трансформаторов тока).

В последующей эксплуатации изоляция цепей РЗА (за исключением цепей напряжением 60 В и ниже) должна испытываться при профилактических восстановлениях напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин или выпрямленным напряжением 2500 В с использованием мегомметра.

Испытание изоляции цепей РЗА напряжением 60 В и ниже производится в процессе ее измерения по 5.1.7.

5.1.9 Вновь смонтированные устройства РЗА и вторичные цепи перед вводом в работу должны быть подвергнуты наладке и приемочным испытаниям.

Разрешение на ввод новых устройств и их включение в работу выдается в установленном порядке с записью в журнале релейной защиты и автоматики.

5.1.10 Вывод из работы, изменение параметров настройки или изменение действия устройств РЗА должны быть оформлены в соответствии с действующей технической документацией.

Вывод в ремонт энергооборудования, устройств релейной защиты и автоматики, а также оперативно-информационных комплексов средств оперативно-диспетчерского и технологического управления (СДТУ) из работы и резерва в ремонт и для испытания, даже по утвержденному плану, должен быть оформлен заявкой, подаваемой в соответствующий ДЦ субъекта оперативно-диспетчерского управления, находящегося в диспетчерском управлении или ведении.

Сроки подачи заявок и сообщений об их разрешении должны быть установлены соответствующим органом оперативно-диспетчерского управления.

Заявки должны быть утверждены техническим руководителем объекта электроэнергетики.

При необходимости немедленного отключения оборудование должно быть отключено оперативным персоналом объекта электроэнергетики, где установлено отключаемое оборудование, в соответствии с требованиями производственных инструкций с предварительным, если это возможно, или последующим уведомлением вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала.

Оперативный персонал объектов электроэнергетики, сетевых организаций, диспетчер субъекта оперативно-диспетчерского управления при изменениях схем электрических соединений должен проверить и привести в соответствие новому состоянию этих схем настройку защит, системы противоаварийной и режимной автоматики.

Примечание – При угрозе неправильного срабатывания устройство РЗА должно быть выведено из работы оперативным персоналом объекта электроэнергетики с учетом требования 5.1.5 настоящего Стандарта без разрешения вышестоящего диспетчерского персонала, но с последующим сообщением ему (в соответствии с местной инструкцией) и последующим оформлением заявки.

Испытания, в результате которых необходимо изменить режим электросети, должны быть проведены по рабочей программе, согласованной соответствующим субъектом оперативно-диспетчерского управления.

Примечание – Рабочая программа должна быть представлена на утверждение и согласование не позднее чем за семь дней до начала испытаний.

Несмотря на разрешенную заявку, вывод оборудования из работы и резерва или его испытания могут быть выполнены лишь с разрешения диспетчера ДЦ соответствующего субъекта оперативно-диспетчерского управления непосредственно перед выводом из работы или перед проведением испытаний.

Персонал объекта электроэнергетики не имеет права без разрешения начальника смены объекта электроэнергетики, диспетчера субъекта оперативно-диспетчерского управления, осуществлять отключения, включения, испытания и изменение параметров настройки срабатывания РЗА и ПА, системной автоматики, а также СДТУ, находящихся в ведении или управлении соответствующего диспетчера.

Проверка (испытания) устройств релейной защиты и автоматики, аппаратура которых расположена на двух или более объектах электроэнергетики, должна выполняться одновременно на всех этих объектах электроэнергетики.

5.1.11 Реле, аппараты и вспомогательные устройства РЗА, за исключением тех, уставки которых изменяет оперативный персонал, разрешается вскрывать только персоналу, проводящему техническое обслуживание устройств РЗА, или в исключительных случаях оперативному персоналу по указанию служб РЗА, ответственных за эксплуатацию данных устройств.

Работы в устройствах РЗА должен выполнять персонал, обученный и допущенный к самостоятельной проверке соответствующих устройств.

5.1.12 На сборках (рядах) зажимов пультов управления, шкафов и панелей не должны находиться в непосредственной близости зажимы, случайное

соединение которых может вызвать включение или отключение присоединения, короткое замыкание в цепях оперативного тока или в цепях возбуждения генератора (синхронного компенсатора).

5.1.13 При работе на панелях, пультах, в шкафах и в цепях управления и РЗА должны быть приняты меры против ошибочного отключения оборудования. Работы должны выполняться только изолированным инструментом.

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

Операции во вторичных цепях трансформаторов тока и напряжения (в том числе с испытательными блоками) должны производиться с выводом из действия устройств РЗА (или отдельных их ступеней), которые по принципу действия и параметрам настройки (уставкам) могут срабатывать ложно в процессе выполнения указанных операций.

По окончании работ должны быть проверены 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.

5.1.14 Работы в устройствах РЗА, которые могут вызвать неправильное отключение защищаемого или других присоединений должны производиться по разрешенной заявке, с учетом возможности неправильных действий устройств.

5.1.15 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 тока небаланса в защите шин и устройства контроля изоляции вводов; измерение напряжения небалансов в разомкнутом треугольнике трансформатора напряжения; опробование устройств автоматического повторного включения, автоматического включения резерва и фиксирующих приборов; завод часов автоматических осциллографов 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.

5.1.16 Персонал РЗА объектов электроэнергетики должен периодически осматривать все панели и пульты управления, панели релейной защиты, автоматики, сигнализации, обращая особое внимание на правильность положения переключающих устройств (рубильников, ключей управления, накладок) и крышек испытательных блоков и соответствие их положения схемам и режимам работы электрооборудования.

Периодичность осмотров должна быть установлена руководством объекта электроэнергетики. Независимо от периодических осмотров персоналом службы РЗА оперативно-диспетчерский персонал должен отвечать за правильное положение тех элементов РЗА, с которыми ему разрешено выполнять операции.

5.1.17 Устройства РЗА и вторичные цепи должны быть проверены и опробованы в объеме и в сроки, указанные в действующих в данной организации правилах и инструкциях. Рекомендации по техническому обслуживанию устройств РЗА приведены в приложении Г.

После неправильного срабатывания или отказа срабатывания этих устройств должны быть произведены дополнительные (послеаварийные) проверки.

5.1.18 Провода и жилы контрольных кабелей, присоединенные к сборкам (рядам) зажимов, должны иметь маркировку, соответствующую схемам. Контрольные кабели должны иметь маркировку на концах, в местах разветвления и пересечения потоков кабелей, при проходе их через стены, потолки и пр. Концы свободных жил контрольных кабелей должны быть изолированы.

5.1.19 При устранении повреждений контрольных кабелей с металлической оболочкой или их наращивании соединение жил должно осуществляться с установкой герметичных муфт или с помощью предназначенных для этого коробок. Указанные муфты и коробки должны быть зарегистрированы.

Кабели с поливинилхлоридной и резиновой оболочкой должны соединяться, как правило, с помощью эпоксидных соединительных муфт или на переходных рядах зажимов.

На каждые 50 м одного кабеля в среднем должно быть не более одного из указанных выше соединений.

5.1.20 При применении контрольных кабелей с изоляцией жил, подверженной разрушению под воздействием воздуха, света и масла, на участках жил от зажимов до концевых разделок должно быть дополнительное покрытие, препятствующее этому разрушению.

5.1.21 Вторичные обмотки трансформаторов тока должны быть всегда замкнуты на реле и приборы или закорочены. Вторичные цепи трансформаторов тока, напряжения и вторичные обмотки фильтров присоединения ВЧ каналов должны быть заземлены.

5.1.22 Установленные на объектах электроэнергетики самопишущие приборы с автоматическим ускорением записи в аварийных режимах, автоматические осциллографы, в том числе их устройства пуска, фиксирующие приборы (амперметры, вольтметры и омметры) и другие устройства, используемые для анализа работы устройства РЗА и определения места повреждения на линиях электропередачи, должны быть всегда готовы к действию. Ввод и вывод из работы указанных устройств должны осуществляться по заявке.

5.1.23 В цепях оперативного тока должна быть обеспечена селективность действия аппаратов защиты (предохранителей и автоматических выключателей).

Автоматические выключатели, колодки предохранителей должны иметь маркировку с указанием назначения и тока.

5.1.24 Для выполнения оперативным персоналом на панелях и в шкафах устройств РЗА переключений с помощью ключей, накладок, испытательных

блоков и других приспособлений должны применяться таблицы положения указанных переключающих устройств для используемых режимов или другие наглядные методы контроля, а также программы (бланки переключений) для сложных переключений.

Об операциях по этим переключениям должна быть сделана запись в оперативный журнал.

5.1.25 На щитах управления объектов электроэнергетики, а также на панелях и шкафах переключающие устройства в цепях РЗА должны быть расположены наглядно, а однотипные операции с ними должны производиться одинаково.

5.2 Персонал, эксплуатирующий устройства РЗА

5.2.1 Персонал, эксплуатирующий устройства РЗА подразделяется на следующие категории:

- персонал РЗА объектов электроэнергетики, сетевых организаций, субъектов оперативно-диспетчерского-управления, подрядных организаций.
- оперативный персонал объектов электроэнергетики, сетевых организаций;
- диспетчерский персонал субъектов оперативно-диспетчерского управления.

5.2.2 Требования к персоналу РЗА и его функции.

5.2.2.1 К работе с устройствами РЗА должны допускаться лица с профессиональным образованием. Лица, не имеющие соответствующего профессионального образования или опыта работы, как вновь принятые, так и переводимые на новую должность должны пройти обучение по действующей в отрасли форме обучения.

На каждом объекте электроэнергетики, субъекте оперативно-диспетчерского управления или в сетевой организации должна быть создана техническая библиотека, а также обеспечена возможность персоналу пользоваться учебниками, учебными пособиями и другой технической литературой, относящейся к профилю деятельности организации, а также нормативно-техническими документами, должен быть кабинет по охране труда и технический кабинет.

За работу с персоналом РЗА отвечает руководитель объекта электроэнергетики или иное должностное лицо из числа руководящих работников объекта электроэнергетики, сетевых организаций, субъектов оперативно-диспетчерского управления, подрядных организаций.

5.2.2.2 Вновь принятые работники или имеющие перерыв в работе более 6 месяцев в зависимости от категории персонала РЗА объекта электроэнергетики или сетевой организации получают допуск к самостоятельной работе после прохождения необходимых инструктажей по безопасности труда, обучения (стажировки) и проверки знаний, дублирования в объеме требований правил работы с персоналом.

5.2.2.3 При перерыве в работе от 30 дней до 6 месяцев форму подготовки персонала РЗА для допуска к самостоятельной работе определяет руководитель объекта электроэнергетики или структурного подразделения с учетом уровня профессиональной подготовки работника, его опыта работы, служебных функций

и др. При этом в любых случаях должен быть проведен внеплановый инструктаж по охране труда.

5.2.2.4 В работе с персоналом РЗА объекта электроэнергетики должны учитываться особенности рабочего места, сложность и значение обслуживаемого оборудования системы РЗА и профессиональная подготовка работника.

5.2.2.5 Подготовка персонала РЗА объекта электроэнергетики по новой должности должна проводиться по планам и программам, утверждаемым техническим руководителем объекта электроэнергетики по каждой должности, каждому рабочему месту.

5.2.2.6 Персонал РЗА объекта электроэнергетики, подрядных организаций, оперативно-выездных бригад осуществляет непосредственное обслуживание, ремонт, наладку и испытания устройств РЗА.

5.2.2.7 Персонал РЗА сетевой организации может быть наделен правом выполнения функций оперативного персонала, например, на объектах электроэнергетики без постоянного дежурного персонала. Точный перечень прав и обязанностей персонала служб РЗА объекта электроэнергетики, сетевой организации в части оперативного обслуживания устройств РЗА устанавливается приказом технического руководителя соответствующей организации.

5.2.2.8 Персонал подрядных организаций, выполняющий монтажные и наладочные работы или плановое техническое обслуживание устройств РЗА на действующих объектах электроэнергетики, не имеет права оперативного обслуживания действующих устройств РЗА.

На все операции с действующими устройствами РЗА или первичным оборудованием, необходимые для выполнения работ персоналом РЗА объекта электроэнергетики, подрядных организаций, подается заявка в соответствии с Правилами оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 27.12.2004 № 854.

5.2.3 Требования к оперативному персоналу (см. п.5.2.1) и его функции.

5.2.3.1 К оперативному обслуживанию устройств РЗА допускается оперативный персонал объекта электроэнергетики, сетевой организации состав и квалификация которого определяется [2] и Правилами оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике (Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 27.12.2004 № 854).

5.2.3.2 Оперативный персонал объекта электроэнергетики и персонал ОВБ должен знать:

- расположение всех шкафов и панелей устройств РЗА;
- назначение и состав каждого устройства РЗА, взаимодействие его с другими различными устройствами, установленными на данном объекте электроэнергетики, или с полукомплектами, установленными на других концах линии, действия его на устройства сигнализации;
- связи каждого устройства с различным оборудованием – трансформаторами тока и напряжения, конденсаторами связи;
- источники и схемы питания устройств РЗА постоянным оперативным током;

- воздействия каждого устройства РЗА на УРОВ, выключатели, короткозамыкатели, отделители, разъединители, автоматические выключатели, пускатели;
- принципы пуска устройств автоматики;
- расположение и назначение всех оперативных переключающих устройств и устройств сигнализации на каждом шкафу, на каждой панели, на терминалах микропроцессорных устройств РЗА;
- расположение автоматических выключателей, предохранителей, переключателей, рубильников и переключающих устройств в цепях питания каждого устройства РЗА оперативным током, в цепях питания их от трансформаторов напряжения и в цепях связей данного устройства с другими устройствами;
- инструкции по обслуживанию каждого устройства РЗА, установленного на данном объекте электроэнергетики.

5.2.3.3 Оперативный персонал объекта электроэнергетики и персонал ОВБ должен уметь:

- практически пользоваться указаниями инструкций по обслуживанию конкретных устройств РЗА, их структурными схемами, схемами питания этих устройств и их связи с другими устройствами;
- пользоваться всеми переключающими устройствами, накладками, автоматическими выключателями, переключателями, относящимися к устройствам защиты и автоматики, к их оперативным цепям и цепям трансформаторов напряжения;
- производить замену перегоревших сигнальных ламп, плавких вставок предохранителей, определять цепи оперативного тока, замкнувшиеся на землю;
- выполнять предусмотренные инструкциями измерения, проверки исправности и режима работы некоторых устройств, опробования действия различных устройств, обмен сигналами по каналам связи между полукомплектами защиты;
- изменять уставки некоторых защит в пределах, предусмотренных местными инструкциями;

5.2.3.4 Оперативный персонал объекта электроэнергетики, ОВБ и персонал РЗА может быть допущен к выполнению регулярных осмотров устройств РЗА, опробования некоторых АВР, опробования действия выключателей от ключа управления. Допуск этого персонала к таким опробованиям оформляется распоряжением технического руководителя предприятия. Опробование выполняется по утвержденным техническим руководством инструкциям, методикам и программам.

5.2.3.5 Оперативный персонал в смене электростанций, ПС, персонал ОВБ работает в соответствии с должностными инструкциями и выполняет, в том числе, следующие функции в части устройств РЗА:

- ведет в течении смены наблюдение за исправностью устройств РЗА, их цепей и вспомогательных устройств, проверяет их исправность и устраняет некоторые неисправности в пределах требований инструкций; контролирует готовность к работе аварийных осциллографов и регистраторов событий и при

необходимости принимает меры по восстановлению исправности этих устройств и приборов;

- производит предусмотренные инструкциями различные опробования и измерения;

- производит по распоряжению диспетчера субъекта оперативно-диспетчерского управления предусмотренные инструкциями изменения схем или параметров настройки срабатывания, введение ускорений и прочие операции с устройствами РЗА, вызываемые изменениями схемы или режима работы сети, системы, необходимостью подготовки различных работ или другими причинами;

- подготавливает по разрешению диспетчера субъекта оперативно-диспетчерского управления рабочее место и допускает к работам персонал РЗА объекта электроэнергетики или персонал сторонних организаций и принимает от указанного персонала в эксплуатацию устройства РЗА после выполнения работ;

- –выполняет записи о работе устройств РЗА, приборов и передает их вышестоящему диспетчеру субъекта оперативно-диспетчерского управления или оперативному персоналу сетевой организации;

- отвечает за правильное и своевременное выполнение распоряжений диспетчера субъекта оперативно-диспетчерского управления или оперативного персонала сетевой организации и за точное выполнение всех требований инструкций по обслуживанию различных устройств РЗА.

5.2.3.6 Операции по разрешенной заявке выполняет дежурный оперативный персонал объекта электроэнергетики по команде или с разрешения ДЦ субъекта оперативно-диспетчерского управления.

5.2.4 Требования к диспетчерскому персоналу (см. п.5.2.1) и его функции.

5.2.4.1 Оперативно-диспетчерский персонал всех уровней диспетчерского управления в соответствии с распределением объектов диспетчеризации по способу управления выполняет следующие функции, для устройств РЗА находящихся:

- в диспетчерском управлении данного уровня диспетчерского управления, дает диспетчерские команды от имени диспетчерского центра субъекта оперативно-диспетчерского управления.

- в диспетчерском ведении, дает разрешение на выполнение технологических или иных операций.

5.2.4.2 В отношении диспетчерского управления:

- руководит оперативно-диспетчерским персоналом нижестоящего уровня управления при выполнении ими операций, предусмотренных инструкциями по оперативному обслуживанию устройств РЗА;

- дает распоряжения оперативно - диспетчерскому персоналу нижестоящего уровня управления о предусмотренных инструкциями изменениях в схемах или уставках устройств РЗА при нарушениях в схеме или режиме работы сети, объекта электроэнергетики, аварийных отключениях и при восстановлении нормального режима;

- руководит оперативно-диспетчерским персоналом нижестоящего уровня управления при устранении ими различных неисправностей и выполнении предусмотренных инструкциями опробований устройств РЗА;

- принимает меры по замене неисправных устройств РЗА и вызывает персонал служб РЗА и других служб для устранения неисправностей.
- несет ответственность за правильное использование всех устройств РЗА, находящихся в его управлении и за разрешаемые им операции в устройствах РЗА.

5.2.4.3 В отношении диспетчерского ведения:

- дает разрешение на производство работ в устройствах РЗА по заявкам, дает разрешение (или распоряжение) на выполнение работ по разовым программам или указаниям, дает разрешение (распоряжение) на выполнение требуемых операций с устройствами РЗА, а также дает разрешение (распоряжение) на ввод в действие отключенных устройств после окончания работ или на ввод в действие вновь смонтированных устройств;
- получает сведения о работе или отказе устройств РЗА, находящихся в его управлении или ведении, от подчиненного ему оперативного персонала;
- несет ответственность за правильное использование всех устройств РЗА, находящихся в его ведении и за разрешаемые им операции в устройствах РЗА.

5.2.5 Диспетчерский персонал всех субъектов оперативно-диспетчерского управления и оперативный персонал объектов электроэнергетики и сетевых организаций должен знать:

- принцип действия и назначение всех устройств РЗА, находящихся в его диспетчерском (оперативном) ведении или управлении;
- влияние функционирования устройств РЗА на устойчивость и надежность работы объектов электроэнергетики и электросети в целом;
- назначение устройств РЗА в обеспечении бесперебойного питания потребителей и быстрейшей ликвидации повреждений;
- инструкции по оперативному обслуживанию устройств РЗА согласно перечню инструкций для его рабочего места;
- способы замены выведенных из работы устройств РЗА.

5.2.6 Порядок взаимодействия СРЗА должно осуществляться в соответствии с СТО 17330282.29.240.003-2007.

5.3 Виды и периодичность обслуживания устройств РЗА

5.3.1 Виды и периодичность обслуживания устройств РЗА на объектах электроэнергетики классов напряжения от 110 до 750 кВ.

5.3.1.1 Период эксплуатации или срок службы устройства до списания определяется моральным либо физическим износом устройства до такого состояния, когда восстановление его становится нерентабельным. В срок службы устройства, начиная с проверки при новом включении, входят, как правило, несколько межремонтных периодов.

Устанавливаются следующие виды планового технического обслуживания устройств РЗА (не все из которых обязательно применяют на практике):

- проверка при новом включении (наладка);
- первый профилактический контроль (применяется не всегда)
- профилактический контроль;
- профилактическое восстановление (ремонт)
- тестовый контроль;

- опробование;
- технический осмотр.

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

- внеочередная проверка;
- послеаварийная проверка.

5.3.1.2 Проверки при новом включении устройств РЗА, в том числе вторичных цепей, измерительных трансформаторов и элементов приводов коммутационных аппаратов, относящихся к устройствам РЗА, проводят:

- перед включением вновь смонтированных устройств;
- после реконструкции действующих устройств, связанной с установкой новой дополнительной аппаратуры, переделкой находящейся в работе аппаратуры, или после монтажа новых вторичных цепей.

Если проверка проводилась сторонней наладочной организацией, включение новых и реконструированных устройств без приемки их службой РЗА запрещается.

5.3.1.3 Задачей технического обслуживания в период приработки с учетом особенностей релейной защиты является как можно более быстрое выявление приработочных отказов и предотвращение отказов функционирования по этой причине.

Для устройств РЗА приработочные отказы наиболее характерны в начальный период эксплуатации. В остальные межремонтные периоды они возникают значительно реже.

Период приработки устройства релейной защиты начинается с проведения наладочных работ перед включением устройства в эксплуатацию, которые при тщательном их выполнении обеспечивают выявление и устранение значительной части приработочных отказов.

Однако всегда имеется вероятность, что какие-то дефекты не будет обнаружены во время проведения наладки. При наладке могут еще не проявиться скрытые дефекты элементов, которые выявятся спустя некоторое время после ввода устройства в эксплуатацию. Например, ослабленная межвитковая изоляция обмоток реле и трансформаторов, наличие надломов в проволочных сопротивлениях, скрытые дефекты в радиоэлектронной аппаратуре.

Таким образом, с окончанием наладочных работ и вводом устройства в эксплуатацию период приработки не может считаться законченным. Необходимо проведение через некоторое время после наладки еще одной проверки, после которой с достаточно большой вероятностью можно считать, что приработочные отказы выявлены и устранены. Такая проверка названа первым профилактическим контролем. Срок проведения этого контроля определяется в основном двумя противоречивыми факторами. С одной стороны, необходимо некоторое время для проявления скрытых дефектов и, следовательно, чем больше это время, тем вероятнее их проявление. С другой стороны, с увеличением интервала между включением устройства в эксплуатацию и первым профилактическим контролем увеличивается вероятность отказа

функционирования устройства. Принято первый профилактический контроль проводить через год после сдачи в эксплуатацию.

5.3.1.4 Задачей технического обслуживания в период износа является своевременное профилактическое восстановление или замена изношенных элементов устройства с тем, чтобы предотвратить резкое возрастание параметра потока отказов. Соответствующий вид технического обслуживания при условии ремонтопригодности элементов устройств релейной защиты назван профилактическим восстановлением.

Периодичность профилактического восстановления устройства определяется периодичностью восстановления его элементов, которая в свою очередь определяется ресурсом этих элементов. Ресурс различных элементов неодинаков, однако, учитывая специфику условий эксплуатации устройств РЗА, приходятся совмещать сроки профилактических восстановлений разных элементов, подверженных различным по скорости процессам старения (износа).

Периодичность профилактического восстановления устройства РЗА целесообразно определять ресурсом большей части аппаратуры и элементов этого устройства.

Для быстроизнашивающихся электромеханических реле (имеющих малый ресурс) восстановление проводится также и при проведении очередного профилактического контроля.

Перечень аппаратуры, имеющей пониженный ресурс, приведен в примечании к таблице (п. 5.3.1.19).

5.3.1.5 Задачей технического обслуживания в период нормальной эксплуатации, т.е. между двумя восстановлениями, является выявление и устранение возникших отказов и изменений параметров устройства с целью предотвращения возможных отказов функционирования. Соответствующие виды технического обслуживания называются профилактическим контролем и тестовым контролем.

Профилактический контроль заключается в проверке работоспособности всего устройства РЗА.

Тестовый контроль, как дополнительный вид технического обслуживания, применяется для микроэлектронных и микропроцессорных устройств, имеющих соответствующие встроенные средства. При тестовом контроле осуществляются проверка работоспособности части устройства, охваченного данным видом контроля

Периодичность профилактического и тестового контроля определяется рядом факторов:

- параметром потока отказов;
- параметром потока требований к функционированию;
- ущербом от отказа функционирования устройства РЗА;
- затратами на проведение профилактического контроля;
- вероятностью ошибок персонала в процессе проведения профилактического контроля.

Кроме профилактического контроля в период нормальной эксплуатации предусмотрено, при необходимости, проведение периодических опробований (см.п. 5.3.1.18).

Назначением периодических опробовании является дополнительная проверка работоспособности наименее надежных элементов устройств РЗА: реле времени с часовым механизмом, технологических датчиков, приводов коммутационных аппаратов (исполнительных механизмов).

5.3.1.6 При частичном изменении схем или реконструкции устройств РЗА, при восстановлении цепей, нарушенных в связи с ремонтом основного оборудования, при необходимости изменения параметров настройки срабатывания или характеристик реле и устройств проводятся внеочередные проверки.

Послеаварийные проверки проводятся для выяснения причин отказов функционирования или неясных действий устройств РЗА.

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

5.3.1.7 Все устройства РЗА, включая вторичные цепи, измерительные трансформаторы и элементы приводов коммутационных аппаратов, относящиеся к устройствам РЗА, должны периодически подвергаться техническому обслуживанию.

5.3.1.8 Для устройств РЗА ПС классов напряжения от 110 до 750 кВ цикл технического обслуживания принят равным восьми годам для устройств на электромеханической элементной базе и шести годам - на микроэлектронной и микропроцессорной базе[1].

5.3.1.9 Для устройств РЗА электрических станций цикл технического обслуживания зависит от категорий помещений, в которых они установлены.

К I категории относятся сухие отапливаемые помещения с наличием незначительной вибрация и запыленности, в которых отсутствуют ударные воздействия (ГЩУ, БЩУ, релейные щиты).

Помещения II категории характеризуются большим диапазоном колебаний температуры окружающего воздуха, незначительной вибрацией, наличием одиночных ударов, возможностью существенного запыления (панели РУСН напряжением 0,4 кВ, релейные отсеки КРУ 6 кВ).

Помещения III категории характеризуется наличием постоянной большой вибрации (камера АГП, зоны вблизи вращающихся машин).

Цикл технического обслуживания устройств РЗА в зависимости от категории помещения, где установлено устройство, принят равным соответственно восьми, шести и трем годам.

Цикл технического обслуживания расцепителей автоматических выключателей всех типов принят равным шести годам.

[1] К устройствам на микроэлектронной базе отнесены устройства, измерительная и логическая части которых в основном или полностью выполнены на интегральных микросхемах.

Для неответственных присоединений классов напряжения 0,4-6 кВ объектов электроэнергетики продолжительность цикла технического обслуживания устройств дистанционного управления и сигнализации может быть увеличена вдвое по сравнению с продолжительностью цикла технического обслуживания устройств РЗА этих присоединений (но не более чем до восьми лет).

5.3.1.10 Установленная выше продолжительность циклов технического обслуживания устройств РЗА решением технического руководителя предприятия может быть увеличена или сокращена в зависимости от конкретных условий эксплуатации с момента ввода в работу, фактического состояния каждого конкретного устройства, а также квалификации персонала, обслуживающего устройства РЗА.

5.3.1.11 Допускается с целью совмещения проведения технического обслуживания устройств РЗА с ремонтом основного оборудования перенос запланированного вида технического обслуживания на срок до двух лет.

5.3.1.12 При трехлетней продолжительности цикла технического обслуживания профилактический контроль между профилактическими восстановлениями, как правило, не должен проводиться.

5.3.1.13 Первый профилактический контроль устройств РЗА, дистанционного управления и сигнализации должен проводиться через 1 год после включения устройства в эксплуатацию. Для устройств РЗА энергоблоков проведение первого профилактического контроля совмещается с первым капитальным ремонтом оборудования.

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

5.3.1.15 Тестовый контроль для устройств на микроэлектронной базе должен проводиться не реже одного раза в 12 мес.

5.3.1.16 Для устройств РЗА на микроэлектронной базе встроенными средствами тестового контроля, как правило, должна предусматриваться тренировка перед первым включением в эксплуатацию. Тренировка заключается в подаче на устройство в течении от 3 до5 дней оперативного тока и при возможности рабочих токов и напряжений; устройство при этом должно быть включено с действием на сигнал. По истечении срока тренировки следует произвести тестовый контроль устройства, и при отсутствии каких-либо неисправностей устройство РЗА перевести на отключение.

При невозможности проведения тренировки первый тестовый контроль должен быть проведен в срок до двух недель после ввода в эксплуатацию.

5.3.1.17 Периодичность технических осмотров аппаратуры и вторичных цепей устанавливается службой РЗА, ответственной за эксплуатацию данных устройств в соответствии с местными условиями, но не реже двух раз в год.

5.3.1.18 Опробование устройств АВР вводов питания СН - не реже одного раза в год. Опробование устройств АПВ линий электропередачи должно проводиться не реже одного раза в год.

Необходимость и периодичность проведения опробований других устройств РЗА определяется местными условиями и утверждаются решением технического руководителя предприятия.

Правильная работа устройств в трехмесячный период до намеченного срока может быть засчитана за проведение очередного опробования.

5.3.1.19 Периодичность проведения предусмотренных настоящим Стандартом видов технического обслуживания приведена в таблице 5.1.

Указанные в таблице 5.1 циклы технического обслуживания относятся к периоду эксплуатации устройств РЗА в пределах полного срока службы. Техническими условиями на устройства РЗА на электромеханической и микроэлектронной базе средний полный срок службы установлен равным 12 годам.

5.3.1.20 Нижеприведенные программы профилактических работ составлены на все виды планового технического обслуживания устройств РЗА, предусмотренные в Стандарте.

Данные программы являются общими для всех устройств РЗА сетей классов напряжения от 110 до 750 кВ и определяют последовательность и объемы работ при проверках этих устройств. Программы для устройств РЗА в сетях классов напряжения от 6 до 35 кВ приводятся ниже.

5.3.1.21 Профилактика при новом включении

- подготовительные работы включают:

а) подготовку необходимой документации (принятых к исполнению схем, заводской документации на реле и оборудование, инструкций, форм протоколов, параметров настройки срабатывания защит и автоматики, программ и т.п.);

б) подготовка испытательных устройств, измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей и инструмента;

в) допуск к работе;

г) отсоединение всех цепей связи на рядах зажимов проверяемого устройства (панели, шкафа и т.п.) с другими устройствами.

- при внешнем осмотре проверяют:

а) выполнение требований руководящих документов, относящихся к налаживаемому устройству и к отдельным его узлам, а также соответствие проекту установленной аппаратуры и контрольных кабелей;

б) надежность крепления и правильность установки панели, шкафа, ящика, аппаратуры;

в) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;

г) качество окраски панелей, шкафов, ящиков и других элементов устройства;

д) состояние монтажа проводов и кабелей, контактных соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шинок, шпильках реле, испытательных блоках, резисторах, а также надежность паек всех элементов;

е) правильность выполнения концевых разделок контрольных кабелей, уплотнений проходных отверстий;

ж) состояние уплотнений дверок шкафов, кожухов, вторичных выводов

трансформаторов тока и напряжения и т.д.;

и) состояние и правильность выполнения заземлений цепей вторичных соединений и металлоконструкций;

к) состояние электромагнитов управления и блок-контактов разъединителей, выключателей, автоматов и другой коммутационной аппаратуры;

л) наличие и правильность надписей на панелях, шкафах, ящиках и аппаратуре, наличие и правильность маркировки кабелей, жил кабелей, проводов;

Кроме указанного выше, при внешнем осмотре производят чистку кожухов аппаратуры, монтажных проводов и рядов зажимов от пыли.

- при проверке соответствия проекту смонтированных устройств определяют:

а) фактическое исполнение соединений между кассетами, блоками, модулями (кроме МП защит), реле, переключателями и другими элементами на панелях, в шкафах, ящиках с одновременной проверкой правильности маркировки;

б) фактическое исполнение всех цепей связи между проверяемым устройством и другими устройствами РЗА, управления, сигнализации. Одновременно проводится проверка правильности маркировки жил кабелей.

Таблица5.1 – Периодичность проведения технического обслуживания устройств РЗА

Наименование	Цикл ТО, лет	Количество лет эксплуатации																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Устройства РЗА элементов ПС классов напряжения от 110 до 750 кВ																		
- .электромеханические	8	Н	К1	-	-	К	-	-	-	В	-	-	-	К	-	-	-	В
- микроэлектронные и микропроцессорные	6	Н	К1	-	К	-	-	В	-	-	К	-	-	В	-	-	К	-
2. Устройства РЗА элементов объектов электроэнергетики, установленных в помещениях																		
I категории (ГЩУ, БЩУ, релейные щиты):																		
- электромеханические	8	Н	К1	-	-	К	-	-	-	В	-	-	-	К	-	-	-	В
- микроэлектронные и микропроцессорные	6	Н	К1	-	К	-	-	В	-	-	К	-	-	В	-	-	К	-
II категории (КРУ 6-10 кВ, РУСН 0,4 кВ) - устройства всех типов	6	Н	К1	-	К	-	-	В	-	-	К	-	-	В	-	-	К	-
III категории (повышенная вибрация) - устройства всех типов	3	Н	К1	-	В	-	-	В	-	-	В	-	-	В	-	-	В	-
Расцепители автоматических выключателей до 1000 В	6	Н	К1	-	-	-	-	В	-	-	-	-	-	В	-	-	-	-

Примечания

1. Условные обозначения: ТО - техническое обслуживание; Н - проверка (наладка) при новом включении; К1 - первый профилактический контроль; В - профилактическое восстановление; К - профилактический контроль.

2. В объем профилактического контроля устройств РЗА входит в обязательном порядке восстановление реле серий РТ-80, РТ-90, ИТ-80, ИТ-90, РТ-40/Р, ЭВ-100, ЭВ-200, РПВ-58, РПВ-258, РТВ, РВМ, РП-8, РП-11, РП-18.

3. Периодичность тестового контроля (Т) отражена в п.5.3.1.33, а опробования (О) - в п. 5.3.1.18.

5.3.1.22 При внутреннем осмотре и проверке механической части аппаратуры производят:

- проверку состояния уплотнения кожухов и целости стекол;
- проверку наличия и целости деталей (кроме МП защит), правильности их установки и надежности крепления;
- очистку от пыли и посторонних предметов;
- проверку надежности контактных соединений и паек (которые можно проверить без разборки элементов, узла);
- проверку затяжки болтов, стягивающих сердечники трансформаторов, дросселей и т.п.;
- проверку состояния изоляции соединительных проводов и обмоток аппаратуры;
- проверку состояния контактных поверхностей;
- проверку механических характеристик аппаратуры (люфтов, зазоров, провалов, растворов, прогибов и пр).

5.3.1.23 Предварительная проверка сопротивления изоляции состоит из измерения сопротивления изоляции отдельных узлов устройств РЗА (трансформаторов тока и напряжения, приводов коммутационных аппаратов, контрольных кабелей, панелей защит и т.д.).

Измерение производится мегомметром на 1000 В:

- относительно земли;
- между отдельными группами электрически не связанных цепей (тока, напряжения, оперативного тока, сигнализации);
- между фазами в токовых цепях, где имеются реле или устройства с двумя и более первичными обмотками;
- между жилами кабеля газовой защиты;
- между жилами кабеля от трансформаторов напряжения до автоматических выключателей или предохранителей.

Примечания:

1 Элементы, не рассчитанные на испытательное напряжение 1000 В при измерении мегомметром, исключаются из схемы.

2 Измерение сопротивления изоляции цепей 24 В и ниже устройств РЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя. При отсутствии таких указаний проверяется отсутствие замыкания этих цепей на землю омметром на напряжение до 15 В.

5.3.1.24 Проверка взаимодействия элементов устройства выполняется при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения. Правильность взаимодействия реле защиты, автоматики, управления и сигнализации проверяется в соответствии с принципиальной схемой при срабатывании или возврате реле (от руки).

Особое внимание при проверке следует обращать на:

- отсутствие обходных цепей;
- правильность работы устройства при различных положениях накладок, переключателей, испытательных блоков, рубильников и т.д.;
- исключение возможности воздействия на устройства и коммутационные аппараты других присоединений.

Для устройств на микроэлектронной базе проверка взаимодействия элементов производится с помощью устройства тестового контроля.

После окончания проверки производится подключение к рядам зажимов жил кабелей, связывающих проверяемое устройство с другими устройствами, за исключением цепей связи с устройствами, находящимися в работе. Подключаемые жилы кабелей с противоположной стороны должны быть отключены.

5.3.1.25 Измерение и испытание изоляции устройств в полной схеме производятся при закрытых кожухах, крышках, дверцах и т.д.

До и после испытания электрической прочности изоляции производится измерение сопротивления изоляции мегомметром на 1000 В относительно земли каждой из групп электрически не связанных цепей вторичных соединения. Испытание электрической прочности изоляции производится напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин относительно земли (не испытываются цепи с напряжением ниже 60 В).

5.3.1.26 Комплексная проверка устройств проводится при номинальном напряжении оперативного тока при подаче на устройство значений параметров, равных значениям параметров настройки устройства от постороннего источника, при полностью собранных цепях устройств, при закрытых кожухах реле. При этом возможность воздействия на другие устройства РЗА и коммутационные аппараты должна быть исключена.

При комплексной проверке производится измерение полного времени действия каждой из ступеней устройства, в том числе по цепям ускорения, и проверяется правильность действия сигнализации.

Ток и напряжение, соответствующие аварийному режиму, подаются на все ступени и фазы (или все комбинации фаз) проверяемого устройства и должны соответствовать приведенным ниже:

- для защит максимального действия - 0,9 и 1,1 параметры настройки срабатывания для контроля несрабатывания защита в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия - ток или напряжение, равные 1,3 параметров настройки срабатывания.

- для защит с зависимой характеристикой проверяются две-три точки характеристики.

- для токовых направленных защит подается номинальное напряжение с фазой, обеспечивающей срабатывание реле направления мощности.

- для дифференциальных защит ток подается поочередно в каждое из плеч защиты.

- для защит минимального действия - 1,1 и 0,9 параметров настройки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия - ток или напряжение, равные 0,8 параметров настройки срабатывания.

- для дистанционных защит временная характеристика снимается для значений сопротивлений срабатывания, равных: для первой ступени - 0 %; 50 %; 90 %; 110 % от значений параметров настройки; для других ступеней - 90 %; 110 % от значений параметров настройки. Регулирование выдержки времени

второй и третьей ступеней производится при сопротивлениях, равных 110 % от значения параметров настройки. Регулирование выдержки времени первой ступени (при необходимости) производится при сопротивлении 50 % от параметров настройки.

Проверяется правильность поведения устройств при имитации всех возможных видов КЗ в зоне и вне зоны действия устройств.

5.3.1.27 Проверка взаимодействия проверяемого устройства с другими включенными в работу устройствами защиты, автоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационные аппараты (при номинальном напряжении оперативного тока), а также восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами, находящимися в работе, производятся по утвержденной программе.

После проверки действия проверяемого устройства на коммутационные аппараты работы в цепях связи его с коммутационными аппаратами и другими устройствами не должны производиться.

5.3.1.28 Проверка устройств рабочим током и напряжением является окончательной проверкой схемы переменного тока и напряжения, правильности включения и поведения устройств.

- перед проверкой устройств выполняют:

а) осмотр всех реле, блоков, модулей, других аппаратов, рядов зажимов и перемычек на них;

б) проверка наличия заземлений в соответствующих цепях;

в) установка накладок, переключателей, испытательных блоков и других оперативных элементов в положения, при которых исключается воздействие проверяемого устройства на другие устройства и коммутационные аппараты;

г) проверка целостности токовых цепей, а также правильности сборки токовых цепей дифференциальных защит генераторов и трансформаторов, токовых фильтровых защит.

- при проверке рабочим током и напряжением проводят:

а) проверку исправности всех токовых цепей измерением вторичных токов нагрузки в фазах и проверка целости нулевого провода;

б) проверку исправности и правильности подключения цепей напряжения.

в) измерение на ряде зажимов линейных и фазных напряжений и напряжения нулевой последовательности (измерение напряжения нулевой последовательности дополнительно производится непосредственно на выводах реле);

г) проверку правильности чередования фаз напряжения;

д) проверку правильности чередования фаз цепей напряжения проверяемого присоединения;

е) проверку правильности подключения цепей тока каждой группы трансформаторов тока снятием векторной диаграммы и сверкой ее с фактическим направлением мощности в первичной цепи;

ж) проверку работы устройств блокировок при неисправностях цепей напряжения поочередным отключением на ряде зажимов панели каждой из фаз,

двух и трех фаз одновременно, а также нуля (для тех типов блокировок, где это требуется);

и) проверку правильности работы и небалансов фильтров тока и напряжения прямой, обратной и нулевой последовательностей, а также комбинированных фильтров;

к) проверку правильности включения реле направления мощности и направленных реле сопротивления;

л) проверку правильности сборки токовых цепей дифференциальных защит измерением токов (напряжений) небалансов;

м) заключительную проверку правильности включения дифференциально-фазных защит, защит с ВЧ блокировкой, продольно-дифференциальных защит (в соответствии с объемами технического обслуживания конкретных типов устройств).

н) комплексную проверку устройств РЗА генераторов и блоков генератор-трансформатор производится как суммирующее испытание устройств РЗА, установленных на данном объекте электроэнергетики при одновременном задействовании всех этих устройств.

5.3.1.29 При подготовке устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и сигнализации к включению:

- повторно осматривают реле, режим которых изменялся при проверке рабочим током и напряжением;
- проверяют положение сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других устройств, которыми оперирует дежурный персонал, а также перемычек на рядах зажимов;
- проверяют показания приборов ВЧ приемопередатчиков, контрольных устройств и т.п.;
- инструктируют дежурный персонал по вводимым в работу устройствам и особенностям их эксплуатации;
- сдают устройства и инструкции по их обслуживанию дежурному персоналу;
- осуществляют запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу.
- оформляют паспорта-протоколы устройств.

5.3.1.30 Первый профилактический контроль

- подготовительные работы включают:

а) подготовку необходимой документации (исполнительных схем, действующих инструкций, паспортов-протоколов, рабочих тетрадей, карт параметров настройки срабатывания защит и автоматики, программ);

б) подготовку испытательных устройств, измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей и инструмента;

в) допуск к работе и принятие мер против возможности воздействия проверяемого устройства на другие устройства.

- при внешнем осмотре производят очистку кожухов аппаратуры, монтажных проводов и рядов зажимов от пыли, и кроме этого проверяют:

а) надежность крепления панели, шкафа, ящика, аппаратуры;

б) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;

в) состояние монтажа проводов и кабелей, надежность контактных соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шинок, шпильках реле, испытательных блоках, резисторах, а также надежность паек всех элементов;

г) состояние уплотнений дверок шкафов, кожухов вторичных выводов трансформаторов тока и напряжения в т.п.;

д) состояние электромагнитов управления и блок-контактов разъединителей, выключателей, автоматов и другой коммутационной аппаратуры;

е) состояние заземления вторичных цепей;

ж) наличие и правильность надписей на панелях и аппаратуре, наличие маркировки кабелей и проводов.

- предварительная проверка заданных параметров настройки срабатывания производится (при закрытых кожухах) с целью определения работоспособности элементов и отклонения значений параметров настройки срабатывания от заданных. Допустимые значения максимальных отклонений параметров настройки срабатывания защит от заданных приведены в таблице 5.2. Время срабатывания быстродействующих защит (ступеней защит) без реле времени указывается заводом-изготовителем. Если допустимое значение не указано, то оно определяется как сумма максимальных значений времени срабатывания последовательно работающих элементов.

Если при проверке параметров настройки срабатывания их значения выходят за пределы допустимых отклонений, выполняют анализ причин отклонения и устраняют неисправности.

- при внутреннем осмотре и проверке механической части аппаратуры осуществляют:

а) проверку состояния уплотнения кожухов и целости стекол;

б) проверку состояния деталей и надежности их крепления;

в) очистку от пыли и посторонних предметов;

г) проверку надежности контактных соединений;

д) проверку состояния изоляции соединительных проводов и обмоток аппаратуры:

е) проверку состояния контактных поверхностей; при отсутствии на них механических повреждений, нагара, раковин, оксидной пленки чистка не производится;

ж) проверку и (при необходимости) регулирование механических характеристик аппаратуры (люфтов, зазоров, провалов, растворов, прогибов и пр.).

Таблица 5.2 – Допустимые значения максимального отклонения параметров настройки срабатывания защит от заданных

Наименование измеряемого параметра	Допустимые значения максимальных отклонений
1 Выдержка времени защит с независимой характеристикой, с	± 0,1
2. Выдержка времени защит с зависимой характеристикой, с: – в зависимой части (контрольные точки) – в независимой части	 ± 0,15 ± 0,1
3 Выдержка времени встроенных в привод реле в независимой части (с учетом времени отключения выключателя), с	±0,15
4. Сопротивление срабатывания дистанционных защит, %	± 3
5. Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения, %	±3
6. То же для несогласуемых защит, %	±5
7. Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных в привод, %	±5
8. То же для отключающих и включающих, катушек, %	±5
9. Мощность срабатывания реле направления мощности переменного тока, напряжение и ток срабатывания реле постоянного тока, %	±3-5
10. Коэффициент возврата реле –не встроенного в привод –встроенного в привод	 ±0,03 ±0,05
11. Угол максимальной чувствительности, град	±5
12. Ток срабатывания максимальных расцепителей тока автоматических выключателей серии АВМ, %	±10
13. Время срабатывания механического замедлителя расцепления селективных автоматических выключателей серии АВМ, %	±15
14. Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии А3100, % –А3120 –А3130, А3140	 ±20 ±15
15. Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии АП50, %, с уставками – 3,5 $I_{ном}$ – 8,0 $I_{но}$ – 11,0 $I_{ном}$	 ±15 ±20 от –30 до +15
16. Ток срабатывания электромагнитного расцепителя в нулевом проводе автоматических выключателей серии АП50, %	от –20 до +40
17. Ток срабатывания электромагнитных расцепителей трехполюсных автоматических выключателей серии АК63, %	от –15 до +25
18. Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии А3700, %	±15
19. Ток срабатывания полупроводниковых расцепителей автоматических выключателей серии А3700, %	±20
20. Время срабатывания полупроводниковых и тепловых расцепителей автоматических выключателей серии А3700, %	±20
21. Ток срабатывания максимальных расцепителей автоматических выключателей серии ВА, %	±20

Наименование измеряемого параметра	Допустимые значения максимальных отклонений
22. Время срабатывания полупроводниковых и тепловых расцепителей автоматических выключателей серии ВА, %	±20
23. Ток срабатывания встроенной МТЗ автоматических выключателей серии "Электрон", %	±15
24. Время срабатывания встроенной МТЗ автоматических выключателей серии "Электрон", %	
– в зоне токов перегрузки	±20
– в зоне токов КЗ	±15

- проверку электрических характеристик элементов проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации соответствующего устройства:

а) в объеме профилактического восстановления, если не производилась разборка или замена элементов;

б) в объеме нового включения, если такая разборка (замена) производилась.

- проверку взаимодействий элементов устройства выполняют в соответствии с 5.3.1.24.

- измерения и испытания изоляции производят в соответствии с 5.3.1.25; испытание изоляции допускается производить мегомметром на 2500 В.

- комплексную проверку устройств выполняют в соответствии с 5.3.1.26.

- проверку взаимодействия проверяемого устройства с другими устройствами защиты, автоматики, управления и сигнализации, а также воздействие устройства на коммутационную аппаратуру проводят в соответствии с 5.3.1.27. Воздействие устройства на другие устройства или коммутационные аппараты допускается проверять при очередном техническом обслуживании или при ремонте указанных устройств и аппаратов.

- проверку устройства рабочим током и напряжением проводят в соответствии с п. 5.3.1.28.

- при подготовке устройств релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации к включению выполняют:

а) повторный осмотр реле, блоков, модулей, режим которых изменялся при проверке рабочим током и напряжением;

б) проверку положения сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других устройств, которыми оперирует дежурный персонал, а также перемычек на рядах зажимов;

в) проверку показаний приборов ВЧ приемопередатчиков, контрольных устройств и т.п.;

г) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и возможности включения их в работу.

5.3.1.31 Профилактическое восстановление

- подготовительные работы производят в соответствия с 5.3.1.30.

- при внешнем осмотре производят очистку кожуха аппаратуры, монтажных проводов и рядов зажимов от пыли, и кроме этого проверяют:

а) надежность крепления панели, шкафа, ящика, аппаратуры;

б) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;

в) состояние окраски панелей, шкафов, ящиков и других элементов устройства;

г) состояние монтажа проводов и кабелей, надежность контактных соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шинок, шпильках реле, испытательных блоках, резисторах, а также надежность паек всех элементов;

д) состояние концевых разделок кабелей вторичных соединений;

е) состояние уплотнения дверок шкафов, кожухов выводов на стороне вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения и т.д.;

ж) состояние заземления вторичных цепей;

и) состояние электромагнитов управления и блок -контактов разъединителей, выключателей, автоматов и другой коммутационной аппаратуры;

к) наличие надписей на панелях, шкафах, ящиках и аппаратуре, наличие маркировки кабелей, жил кабелей и проводов.

- предварительную проверку заданных параметров настройки срабатывания проводят в соответствии 5.3.1.30.

- при внутреннем осмотре и проверке механической части аппаратуры выполняют:

а) проверку состояния уплотнения кожухов и целости стекол;

б) проверку состояния деталей и надежности их крепления;

в) очистку от пыли;

г) проверку надежности контактных соединений и паек (которые можно проверить без разборки элементов, узла);

д) проверку затяжки болтов, стягивающих сердечники трансформаторов, дросселей и т.п.;

е) проверку состояния изоляции соединительных проводов и обмоток аппаратуры;

ж) проверку состояния контактных поверхностей; при отсутствии на них механических повреждений, нагара, раковин и оксидной пленки чистка не производится;

и) проверку и (при необходимости) регулирование механических характеристик аппаратуры (люфтов, зазоров, провалов, растворов, прогибов и пр.).

- проверку электрических характеристик проводят аналогично 5.3.1.30.

- проверку взаимодействия элементов устройства выполняется в соответствии с 5.3.1.24.

- измерения и испытания изоляции производят в соответствии с 5.3.1.25; испытание изоляции допускается производить мегомметром на 2500 В.

- комплексная проверка устройства проводится в соответствии с 5.3.1.26;

- проверку взаимодействия проверяемого устройства с другими устройствами защиты, автоматики, управления и сигнализации и действия

устройства на коммутационную аппаратуру и восстановление цепей связи с другими устройствами выполняют в соответствии с 5.3.1.30. Действие устройства на другие устройства или коммутационные аппараты допускается проверять при очередном техническом обслуживании или ремонте указанных устройств и аппаратов.

- проверку устройств рабочим током и напряжением проводят в соответствии с 5.3.1.30.

В тех случаях, когда разборка токовых цепей напряжения производилась на испытательных зажимах, проверку выполняют в соответствии с 5.3.1.30.

- подготовку устройства к включению выполняют в соответствии с 5.3.1.30.

5.3.1.32 Профилактический контроль

При профилактическом контроле:

- производят подготовительные работы аналогично 5.3.1.30.
- выполняют внешний осмотр, при этом выполняют:
  - а) очистку от пыли кожухов аппаратуры и монтажа;
  - б) внешний осмотр состояния аппаратуры и монтажа;
  - в) осмотр внутренних элементов аппаратуры через смотровые стекла;
  - г) осмотр выходных реле при снятых кожухах.
- производят внутренний осмотр и проверку механической части аппаратуры подлежащей восстановлению, при этом осуществляют:
  - а) проверку состояния деталей и надежности их крепления;
  - б) очистку от пыли;
  - в) проверку надежности контактных соединений в паек;
  - г) проверку состояния контактных поверхностей; при отсутствии на них механических повреждений, нагара, раковин и оксидной пленки чистка не производится;
  - д) проверку, а при необходимости, регулировку механических характеристик (люфтов, зазоров, провалов, растворов, прогибов, и пр.);
  - е) проверку электрических характеристик в соответствии с 5.3.1.30.
- измеряют сопротивление изоляции каждой из групп электрически не связанных вторичных цепей относительно земли мегомметром на 1000 В.
- комплексную проверку устройств проводят при:
  - а) номинальном напряжении оперативного тока;
  - б) подведении к устройству параметров аварийного режима от постороннего источника;
  - в) полностью собранных цепях устройств;
  - г) закрытых кожухах реле;

Примечания:

1 Время действия защит при закрытых кожухах реле не измеряют.

2 Ток и напряжение, соответствующие аварийному режиму, подают на все фазы (или все комбинации фаз) проверяемого устройства.

3 Для защит с зависимой характеристикой определяют две-три точки характеристики;

4 Для дифференциальных защит ток поочередно подается в каждое из плеч защиты;

5 На ступенчатые защиты подают параметры аварийного режима, соответствующие одной точке первой зоны и одной точке вне зоны срабатывания последней ступени. При этом проверяют соответственно срабатывание и несрабатывание всех ступеней защиты.

6 При комплексной проверке проверяют и правильность действия сигнализации.

- проверку действия выходных реле на коммутационный аппарат осуществляют одновременно с воздействием на коммутационный аппарат выходных реле, при восстановлении цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами проверка исправности цепи отключения (включения);
- проверку устройств рабочим током и напряжением, включая:

а) проверку обтекания током токовых цепей проверяемого устройства;

б) проверку наличия напряжения на проверяемом устройстве;

- при подготовке устройства к включению производят:

а) проверку положения сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других элементов;

б) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и возможности включения их в работу.

5.3.1.33 Тестовый контроль

Тестовый контроль проводится для устройств на микроэлектронной базе в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

При проведении наладочных работ, первого профилактического контроля и профилактического восстановления устройств РЗА на микроэлектронной базе тестовый контроль проводят дважды, после:

- проверки блока питания;
- проверки устройства рабочим током и напряжением.

При проведении профилактического контроля тестовый контроль проводят один раз, после проверки рабочим током и напряжением.

5.3.1.34 Периодическое опробование

Периодическое опробование включает:

- подготовительные работы, включая:

а) подготовку исполнительных схем, инструкций, паспортов-протоколов и рабочих тетрадей;

б) допуск к работе и принятие мер для исключения воздействия проверяемого устройства на другие устройства (разборка цепей).

- проверку работоспособности элементов устройства, состоящее, как правило, из:

а) опробования элемента с воздействием на выходные реле;

б) опробования действия выходных реле на коммутационную аппаратуру.

Напряжение оперативного тока при периодическом опробовании должно быть равным 0,8 номинального значения, если это легко достижимо.

- подготовку устройства к включению, при этом выполняют:

а) восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами;

б) проверку положения сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других оперативных элементов.

Результаты опробования и проверки оформляют записью в журнале релейной защиты.

5.3.1.35 Технический осмотр

При техническом осмотре визуально контролируют:

- отсутствие внешних повреждений устройства и его элементов;
- состояние креплений устройств на панелях, проводов на рядах зажимов и на выводах устройств;
- наличие надписей и позиционных обозначений;
- положение сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок и других элементов, состояние сигнальных ламп.

5.3.2 Виды технического обслуживания на объектах электроэнергетики классов напряжения от 6 до 35 кВ

5.3.2.1 Для устройств РЗА электрических сетей классов напряжения от 6 до 35 кВ целесообразно определять следующие виды технического обслуживания:

- проверка при новом включении (наладка);
- первый профилактический контроль;
- профилактический контроль;
- профилактическое восстановление (ремонт);
- опробование (тестовый контроль);
- технический осмотр.

Кроме того, в процессе эксплуатации возможны внеочередные или послеаварийные проверки.

5.3.2.2 Проверку (наладку) устройств РЗА при новом включении следует проводить при вводе в работу вновь смонтированного, отдельного присоединения или при реконструкции устройств РЗА на действующем объекте электроэнергетики. Это необходимо для оценки исправности аппаратуры и вторичных цепей, правильности схем соединений, регулировки реле, проверки работоспособности устройств РЗА в целом. Проверка при новом включении должна выполняться персоналом МС РЗА или специализированной наладочной организацией.

Если проверка при новом включении проводилась сторонней наладочной организацией, то включение новых и реконструированных устройств производится после приемки их службой РЗА.

5.3.2.3 Первый профилактический контроль выполняют после включения устройства РЗА в эксплуатацию с целью выявления и устранения приработочных отказов, возникающих в начальный период эксплуатации.

5.3.2.4 Профилактический контроль устройств РЗА проводят с целью выявления и устранения возникающих в процессе эксплуатации неисправностей элементов, способных вызвать ложные (излишние) срабатывания или отказы срабатывания устройств РЗА.

5.3.2.5 Профилактическое восстановление производят с целью проверки исправности аппаратуры и цепей, соответствия параметров настройки срабатывания и характеристик реле заданным, восстановления износившейся аппаратуры и ее частей, проверки устройства РЗА в целом.

профилактическое восстановление производится также в целях восстановления отдельных менее надежных (имеющих малый ресурс или большую скорость выработки ресурсов) элементов устройств: реле РТ-80, РТ-90, ИТ-80, ИТ-90, ЭТ-500, ЗН-50О, ЭВ-100, ЭВ-200, РТВ, РВМ, РП-341 и иных реле, имеющих быстро изнашиваемые и легко заменяемые части. В зависимости от условий внешней среды и состояния аппаратуры объем частичного восстановления устройств РЗА, расположенных в шкафах наружной установки, может быть расширен.

5.3.2.6 Опробование производят с целью проверки работоспособности устройств РЗА.

Опробование может производиться с помощью встроенных элементов опробования либо имитацией срабатывания пусковых органов устройств РЗА.

5.3.2.7 Тестовый контроль проводят для устройств, имеющих встроенные средства ручного тестового контроля.

5.3.2.8 Необходимость и периодичность проведения опробования или тестового контроля определяет техническим руководителем предприятия исходя из местных условий эксплуатации.

5.3.2.9 Правильное действие устройств РЗА в течение 6 мес. до срока опробования приравнивается к опробованию.

5.3.2.10 Внеочередные проверки проводят при:

- частичных изменениях схем;
- реконструкции устройств РЗА;
- необходимости изменения параметров настройки срабатывания или характеристик реле и устройств;
- устранения недостатков, обнаруженных при проведении опробования.

5.3.2.11 Послеаварийные проверки выполняют для выяснения причин отказов функционирования или неясных действий устройств РЗА.

5.3.2.12 Внеочередные и послеаварийные проверки проводят по программам, составленным персоналом служб РЗА, утвержденных техническим руководителем предприятия.

5.3.2.13 Периодические технические осмотры проводят с целью проверки состояния аппаратуры и цепей РЗА, а также определения соответствия положения накладок и переключающих устройств режиму работы оборудования.

5.3.3 Периодичность технического обслуживания на объектах электроэнергетики классов напряжения от 6 до 35 кВ

5.3.3.1 Для устройств РЗА цикл технического обслуживания устанавливают от трех до двенадцати лет.

5.3.3.2 По степени воздействия различных факторов внешней среды на аппараты в электрических сетях классов напряжения от 6 до 35 кВ могут быть выделены две категории помещений.

К I категории относятся закрытые, сухие отапливаемые помещения.

Ко II категории относят помещения с большим диапазоном колебания температур окружающего воздуха, в которых имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха (металлические помещения, ячейки типа КРУН,

комплектные трансформаторные ПС), а также помещения, находящиеся в районах с повышенной агрессивностью среды.

5.3.3.3 Периодичность технического обслуживания для устройств РЗА, установленных в помещениях I категории, принимают равным 12, восьми или шести годам, а для устройств РЗА, установленных в помещениях II категории, принимают равным шести или трем годам в зависимости от типа устройств РЗА и местных условий эксплуатации, влияющих на ускорение износа устройств (см. таблицу 5.3). Цикл обслуживания для устройств РЗА устанавливает распорядительным документом технический руководитель предприятия.

5.3.3.4 Для неответственных присоединений в помещениях II категории продолжительность цикла технического обслуживания устройств РЗА может быть увеличена, но не более чем в два раза. С целью совмещения проведения технического обслуживания устройств РЗА с ремонтом основного оборудования допускается перенос запланированного вида технического обслуживания на срок до одного года. В отдельных обоснованных случаях продолжительность цикла технического обслуживания устройств РЗА может быть сокращена.

5.3.3.5 Приведенную в таблице 5.3 периодичность технического обслуживания относят к периоду эксплуатации устройств РЗА, соответствующего полному сроку службы устройств.

5.3.3.6 В технической документации по устройствам РЗА на микроэлектронной и электронной базе полный средний срок службы установлен, как правило, 12 лет. Эксплуатация устройств РЗА на электромеханической и электронной базе сверх указанных сроков допускается распорядительным документом технического руководителя предприятия при удовлетворительном состоянии и сокращении периодичности технического обслуживания.

5.3.3.7 Наибольшее количество отказов электронной техники происходит в начале и в конце срока службы, поэтому рекомендуется устанавливать для этих устройств укороченные периоды между проверками в первые два-три года и после 10 лет эксплуатации. Период эксплуатации между двумя ближайшими профилактическими восстановлениями для таких устройств в первые годы эксплуатации целесообразно устанавливать не более 6 лет. По мере накопления опыта эксплуатации период технического обслуживания может быть увеличен до 12 лет.

5.3.3.8 Период технического обслуживания расцепителей автоматических выключателей рекомендуется принимать равным трем или шести годам.

5.3.3.9 плановое техническое обслуживание устройств РЗА электрических сетей классов напряжения от 6 до 35 кВ следует по возможности совмещать с проведением ремонта основного электрооборудования.

5.3.3.10 Первый профилактический контроль устройств РЗА должен проводиться через интервал от 10 до18 месяцев после включения устройства в работу.

Таблица 5.3-Периодичность проведения технического обслуживания устройств РЗА электрических сетей классов напряжения от 0,4 до 35 кВ

Место установки устройств РЗА	Цикл ТО, лет	Количество лет эксплуата							
		0	1 2	3	4	5	6	7	
В помещениях 1 категории (вариант 1)	12	Н	К1	-	О	-	К	-	
В помещениях 1 категории (вариант 2)	8	Н	К1	-	К	-	О	-	
В помещениях 1 категории (вариант 3) 1)	6	Н	К1	-	К	-	В	-	
В помещениях П категории (вариант 1)	6	Н	К1	-	К	-	В	-	
В помещениях П категории (вариант 2)	3	Н	К1	В	-	-	В	-	

Примечания

1. Н - проверка (наладка) при новом включении; К1 - первый профилактический контроль; К - профилактический кон опробование.

2. В таблице указаны обязательные опробования. Кроме того, опробования рекомендуется производить в годы, когда н при проведении опробования или профилактического контроля выявлен отказ устройства или его элементов, то производит необходимости в зависимости от характера отказа - профилактическое восстановление.

5.3.3.11 Плановое техническое обслуживание устройств РЗА электрических сетей классов напряжения от 6 до 35 кВ следует по возможности совмещать с проведением ремонта основного электрооборудования.

5.3.3.12 Первый профилактический контроль устройств РЗА должен проводиться через интервал от 10 до18 месяцев после включения устройства в работу.

5.3.3.13 Периодичность технического обслуживания аппаратуры и вторичных цепей устройств дистанционного управления и сигнализации принимается такой же, как для соответствующих устройств РЗА.

5.3.3.14 Периодичность технических осмотров аппаратуры и цепей устанавливается МС РЗА в соответствии с местными условиями.

5.3.3.15 Тестовый контроль (опробование) устройств на микроэлектронной базе рекомендуется проводить еженедельно на объектах электроэнергетики с дежурным персоналом, а на объектах электроэнергетики без дежурного персонала — по мере возможности, но не реже одного раза в 12 мес.

5.3.3.16 Для микроэлектронных и микропроцессорных устройств РЗА перед новым включением, как правило, должна производиться тренировка подачей на устройство в течение от трех до четырех суток оперативного тока и при возможности рабочих токов и напряжений, с подключением устройства для воздействия на сигнал. По истечении срока тренировки проводят тестовый контроль, и при отсутствии каких-либо неисправностей, устройство РЗА переводят на отключающее воздействие.

5.3.3.17 Удаление пыли с внешних поверхностей производят пылесосом, проверку надежности контактных соединений, целости стекол, состояния уплотнений кожухов микропроцессорных и электромеханических устройств РЗА выполняют визуально. Для исключения повреждения устройств статическим разрядом, очистку от пыли внутренних модулей микропроцессорных устройств РЗА при внутреннем осмотре следует осуществлять пылесосом.

Следует учесть, что заводы-изготовители гарантируют нормальную работу электронных устройств и выполнение гарантийных обязательств в течение ограниченного периода эксплуатации, при наличии и сохранности контрольных пломб завода. Исходя из этого вскрывать кожухи таких устройств РЗА в течение гарантийного срока эксплуатации не целесообразно.

5.3.3.18 При неисправности устройств РЗА на микроэлектронной базе ремонт устройства в период гарантийного срока эксплуатации должен производиться на заводе-изготовителе. В послегарантийный период эксплуатации ремонт производят по договору с заводом-изготовителем или со специализированной организацией имеющей специалистов соответствующей квалификации.

5.3.3.19 Методики проверки микропроцессорных устройств РЗА приведены в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации заводов-изготовителей.

5.3.4 Виды работ при техническом обслуживании на объектах электроэнергетики классов напряжения от 6 до 35 кВ

Список составлен на все виды планового технического обслуживания устройств РЗА, предусмотренные настоящим Стандартом.

Виды работ являются общими и обязательными для всех устройств РЗА электрических сетей классов напряжения от 6 до 35 кВ.

Объемы работ при техническом обслуживании узлов и элементов устройств РЗА должны определяться местными инструкциями.

Проверку электрических характеристик устройств РЗА рекомендуется производить с использованием комплектных испытательных устройств. Комплектные испытательные устройства должны обеспечивать:

– токи и напряжения на входах устройств РЗА, регулируемые в пределах, определяемых объемами проверок устройств РЗА;

– проведение измерений при испытаниях в пределах точности по классу 0,5.

5.3.4.1 Виды работ при новом включении

При новом включении

- подготовительные работы включают:

а) подготовку необходимой документации (исполнительных схем, заводской документации на оборудование, инструкций, бланков паспортов-протоколов);

б) подготовку испытательных устройств, измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей, инструмента;

в) отсоединение (при необходимости) цепей связи на рядах зажимов проверяемого устройства РЗА с другими устройствами.

- при внешнем осмотре необходимо проверять:

а) выполнение требований руководящих документов, относящихся к налаживаемому устройству, на день осмотра, а также соответствие устройства проекту и реальным условиям работы (значениям нагрузок, тока КЗ, заданным уставкам) установленной аппаратуры и контрольных кабелей, опять-таки на день осмотра;

б) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;

в) качество покраски панелей, шкафов;

г) состояние монтажа проводов и кабелей, соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шинок управления, шпильках реле, испытательных блоках, резисторах, а также надежность паек на конденсаторах, резисторах, диодах и т.п.;

д) правильность выполнения концевых разделок контрольных кабелей;

е) состояние уплотнений дверей шкафов, кожухов, вторичных выводов трансформаторов тока и напряжения и т.д.;

ж) состояние и правильность выполнения заземлений цепей вторичных соединений;

и) состояние электромагнитов управления и блок -контактов разъединителей, высоковольтных выключателей, автоматических выключателей и другой коммутационной аппаратуры;

к) наличие и правильность надписей на панелях и аппаратуре, наличие и правильность маркировки кабелей, жил кабелей, проводов.

- проверка соответствия проекту смонтированных устройств заключается в:

а) фактическом исполнении соединений между элементами на панелях устройств РЗА, управления и сигнализации (прозвонка цепей схемы). Одновременно проводится проверка правильности маркировки проводов на панелях;

б) фактическом исполнении всех цепей связи между проверяемым устройством и другими устройствами РЗА, управления и сигнализации. Одновременно проводится проверка правильности маркировки жил кабелей.

- при внутреннем осмотре, чистке и проверке механической части аппаратуры необходимо проводить:

а) проверку целости деталей реле и устройств, правильности их установки и надежности крепления;

б) очистку от пыли и посторонних предметов;

в) проверку надежности контактных соединений;

г) проверку затяжки стяжных болтов, трансформаторов, дросселей;

д) проверку состояния контактных поверхностей и дугогасительных камер;

е) проверку надежности работы механизма управления включением и отключением от руки.

- проверка сопротивления изоляции является предварительной и состоит из измерения сопротивления изоляции отдельных узлов устройств РЗА (трансформаторов тока и напряжения, приводов коммутационных аппаратов, контрольных кабелей, панелей защит).

Измерение производят мегомметром на 1000 В:

1) относительно земли;

2) между отдельными группами электрически не связанных цепей (тока, напряжения, оперативного тока, сигнализации);

3) между фазами в токовых цепях, где имеются реле или устройства с двумя первичными обмотками и более;

4) между жилами кабеля газовой защиты;

5) между жилами кабеля от трансформаторов напряжения до автоматических выключателей или предохранителей.

Примечания:

1 Элементы, не рассчитанные на испытательное напряжение 1000 В, при измерении сопротивления изоляции исключаются из схемы.

2 Измерение сопротивления изоляции цепей напряжением 24 В и ниже устройств РЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя. При отсутствии таких указаний проверяется отсутствие замыкания этих цепей на землю омметром на напряжение до 15 В.

- проверка электрических характеристик элементов устройств проводится в соответствии с инструкциями и методическими указаниями на конкретные устройства. Работы по проверке электрических характеристик должны завершаться выставлением и проверкой задаваемых параметров настройки срабатывания.

После окончания проверки производится сборка всех цепей, связывающих проверяемое устройство с другими цепями, подключением жил кабелей к рядам зажимов панелей, шкафов.

- измерение и испытание изоляции устройств следует производить при закрытых кожухах, крышках и дверцах.

При включении после монтажа и первом профилактическом контроле изоляция относительно земли электрически связанных цепей РЗА и всех других вторичных цепей каждого присоединения, а также между электрически не связанными цепями, находящимися в пределах одной панели, за исключением цепей элементов, рассчитанных на рабочее напряжение 60 В и ниже, должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин.

Кроме того, напряжением 1000 В в течение 1 мин должна быть испытана изоляция между жилами контрольного кабеля тех цепей, где имеется повышенная вероятность замыкания между жилами с серьезными последствиями (цепи газовой защиты, цепи конденсаторов, используемых как источник оперативного тока, вторичные цепи трансформаторов тока с номинальным значением тока 1 А и т.п.).

В процессе последующей эксплуатации изоляция цепей РЗА (за исключением цепей напряжением 60 В и ниже) должна испытываться при профилактических восстановлениях напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин или выпрямленным напряжением 2500 В с использованием мегомметра или специальной установки.

Испытание изоляции цепей РЗА напряжением 60 В и ниже производится в процессе измерения сопротивления или в соответствии с заводскими инструкциями.

- проверка взаимодействия элементов устройств заключается в проверке правильности последовательности действий реле защиты, автоматики, управления и сигнализации. Проверка взаимодействия реле проводится в соответствии с принципиальной схемой.

Особое внимание при проверке необходимо обратить на:

1) отсутствие обходных цепей;

2) правильность работы устройства при различных положениях накладок, переключателей, испытательных блоков, рубильников и т.д.;

3) наличие на рядах зажимов проверяемого устройства сигналов, предназначенных для воздействия на другие устройства, находящиеся в работе.

Проверку следует проводить при номинальном напряжении оперативного тока.

- комплексную проверку устройств следует проводить при номинальном напряжении оперативного тока при подаче на устройство параметров аварийного режима от постороннего источника и полностью собранных цепях устройства при закрытых кожухах реле и разомкнутых выходных цепях.

Правила проведения комплексных проверок РЗА объектов электроэнергетики изложены выше (см. пункт 5.3.1.26).

Следует проверять правильность поведения устройств при имитации всех возможных видов КЗ в зоне и вне зоны действия устройств.

- проверку взаимодействия проверяемого устройства с другими включенными в работу устройствами защиты, автоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационную аппаратуру необходимо

проводить при номинальном напряжении оперативного тока. После окончания проверки произвести подключение цепей связи с другими устройствами на рядах зажимов проверяемого устройства с последующей проверкой действия от выходного реле проверяемого устройства на коммутационную аппаратуру.

После проверки действия проверяемого устройства на коммутационные аппараты работы в оперативных цепях не производятся.

- проверка устройств рабочим током и напряжением является окончательной проверкой схемы переменного тока и напряжения, правильности включения и поведения устройств.

Перед проверкой устройств рабочим током и напряжением следует произвести осмотр всех реле и других аппаратов, рядов зажимов и перемычек на них, а также установку накладок, переключателей, испытательных блоков и других оперативных элементов в положения, при которых исключается воздействие проверяемого устройства на другие устройства и коммутационные аппараты.

Проверка рабочим током и напряжением проводится в следующей последовательности:

1) проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения измерением на ряде выводов линейных и фазных напряжений и напряжения нулевой последовательности и проверкой правильности чередования фаз цепей напряжения проверяемого присоединения;

2) проверка исправности токовых цепей измерением вторичных токов нагрузки в фазах и в нулевом проводе, а для направленных защит производится снятие векторной диаграммы;

3) проверка тока и напряжения небаланса фильтров тока и напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности;

4) проверка правильности включения реле направления мощности и реле сопротивления;

5) проверка правильности сборки токовых цепей дифференциальных защит измерением токов (напряжений) небаланса.

- при подготовке устройств релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации к включению необходимо произвести:

а) повторный осмотр реле, режим работы которых изменялся при проверке рабочим током и напряжением;

б) проверку положения флажков указательных реле, испытательных блоков и других оперативных устройств, а также перемычек на рядах выводов;

в) проверку показаний контрольных устройств;

г) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу следует оформить паспорта-протоколы;

д) инструктаж дежурного персонала по вводимым в работу устройствам и особенностям их эксплуатации, сдачу этих устройств и инструкции по обслуживанию дежурному персоналу.

5.3.4.2 Виды работ при первом профилактическом контроле

- подготовительные работы включают:

а) подготовку необходимой документации (исполнительных схем, действующих инструкций, паспортов-протоколов, рабочих тетрадей, карт параметров настройки срабатывания защит и автоматики);

б) подготовку испытательных устройств, измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей и инструмента;

в) допуск к работе и принятие мер по предотвращению возможности воздействия проверяемого устройства на другие устройства;

г) проверку соответствия устройства требованиям руководящих документов.

- при внешнем осмотре следует проверять:

а) надежность крепления панели, аппаратуры панели;

б) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;

в) отсутствие пыли и грязи на рядах выводов;

г) состояние изоляции проводов и кабелей, надежность контактных соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шин, шпильках реле, испытательных блоков, резисторах, а также надежность паек;

д) состояние уплотнения дверей шкафов, кожухов и т.д.;

е) состояние электромагнитов управления и блок -контактов коммутационной аппаратуры;

ж) состояние заземления цепей вторичных соединений;

з) наличие и правильность надписей на панелях и аппаратуре, наличие маркировки кабелей, жил кабелей и проводов.

- предварительную проверку заданных параметров настройки срабатывания необходимо проводить при закрытых кожухах реле и крышках автоматических выключателей в целях определения работоспособности элементов и отклонения параметров срабатывания от заданных. Допустимые значения максимальных отклонений характеристик от заданных параметров настройки срабатывания устройств РЗА приведены в таблице 5.2.

Если при проверке параметров настройки срабатывания они выходят за пределы допустимых отклонений, то проводится анализ причин отклонения и при необходимости разборка, восстановление или замена аппаратуры.

- внутренний осмотр и проверку механической части релейной и коммутационной аппаратуры следует проводить в соответствии с 5.3.4.1.

При отсутствии на контактных поверхностях механических повреждений, нагаров, раковин, оксидной пленки чистка не производится.

- проверку электрических характеристик элементов, которые не подвергались разборке, следует проводить в объеме, соответствующем профилактическому восстановлению, а элементов, которые подвергались разборке или замене, — в объеме, соответствующем новому включению.

- измерение и испытание изоляции производятся аналогично 5.3.4.1.

- проверка взаимодействия элементов устройства проводится аналогично п. 5.3.4.1.

- комплексная проверка устройств выполняется аналогично 5.3.4.1.

- проверка взаимодействия проверяемого устройства с другими устройствами защиты, автоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационную аппаратуру проводится аналогично 5.3.4.1.

- проверка устройств рабочим током и напряжением осуществляется аналогично 5.3.4.1.

- при подготовке устройств релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации к включению необходимо произвести:

а) повторный осмотр реле, режим работы которых изменялся при проверке рабочим током и напряжением;

б) проверку положения флажков указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп, а также перемычек на рядах выводов;

в) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу.

5.3.4.3 Виды работ при профилактическом восстановлении

При профилактическом восстановлении производят:

- подготовительные работы производятся в соответствии с п.5.3.4.2.

- внешний осмотр выполняется в соответствии с п. 5.3.4.2.

- предварительная проверка заданных параметров настройки срабатывания осуществляется в соответствии с п. 5.3.4.2.

- внутренний осмотр, чистка и проверка механической части релейной и коммутационной аппаратуры производятся в соответствии с п.5.3.4.1.

- проверка электрических характеристик проводится для:

а) элементов, которые не подвергались разборке – в объеме, соответствующем профилактическому восстановлению (см. разд. 3);

б) элементов, которые подвергались разборке или замене – в объеме, соответствующем новому включению (см. разд. 3).

- измерение и испытание изоляции производятся в соответствии с п. 5.3.4.1.

В период последующей эксплуатации при профилактических восстановлениях допускается испытание изоляции проводить мегомметром на 2500 В.

- комплексная проверка устройств проводится в соответствии с п. 5.3.4.1.

- при проверке действия проверяемого устройства на коммутационную аппаратуру и восстановлении цепей связи с другими устройствами следует выполнять:

а) подготовку цепей отключения и включения и проверку действия выходного реле проверяемого устройства на коммутационные аппараты;

б) проверку отсутствия сигналов и подключения цепей связи с другими устройствами на рядах выводов проверяемого устройства.

- проверка устройств рабочим током и напряжением проводится в соответствии с п. 5.3.4.1.

- подготовку устройств к включению следует осуществлять в соответствии с п. 5.3.4.1.

5.3.4.4 Виды работ при профилактическом контроле

При профилактическом контроле следует:

- производить подготовительные работы – в соответствии с 5.3.4.2;
- производить при внешнем осмотре аппаратуры ее очистку от пыли и оценку состояния;
- производить измерение сопротивления изоляции (мегомметром на 1000 В) каждой из групп электрически не связанных цепей вторичных соединений более 60 В относительно земли и между собой
- производить комплексную проверку устройств при номинальном напряжении оперативного тока подачей на устройство параметров аварийного режима от постороннего источника и полностью собранных цепях устройств при закрытых кожухах реле.

При комплексной проверке следует проверять также правильность действия сигнализации. Ток и напряжение, соответствующие аварийному режиму, следует подать на все ступени и все фазы (или все комбинации фаз) проверяемого устройства. Ток или напряжение, подаваемые на защиты максимального тока и минимального напряжения, должно обеспечивать их надежное срабатывание.

Для защит с зависимой характеристикой следует снять три-четыре точки характеристики; для дифференциальных защит ток поочередно подается в каждое из плеч защит; на ступенчатые защиты подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке каждой зоны и одной точке вне зоны срабатывания последней ступени.

- убедиться в исправности цепей отключения (включения) действием на коммутационный аппарат от выходных реле и произвести восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами, при проверке действия выходных реле на коммутационный аппарат.
- производить при проверке устройств рабочим током и напряжением:

а) проверку обтекания током токовых цепей проверяемого устройства, тока небаланса, правильности выбора направления реле тока;

б) проверку наличия напряжения на проверяемом устройстве.

- при подготовке устройств к включению производить:

а) проверку положения указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других оперативных элементов;

б) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу.

5.3.4.5 Виды работ при опробовании

При опробовании следует:

- производить подготовительные работы, включая:

а) подготовку исполнительных схем, инструкций, паспортов-протоколов и рабочих тетрадей;

б) допуск к работе и принятие мер от воздействия проверяемого устройства на другие устройства, осмотр устройства.

- производить проверку работоспособности элементов устройства, включая:

а) опробование элементов действием защиты на коммутационную аппаратуру;

б) проверка надежной работы элементов управления приводов от

устройств РЗА или от руки.

- производить подготовку устройств к включению, включая:

а) восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами;

б) проверку положения флажков указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других оперативных элементов;

в) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенного устройства и о возможности включения его в работу.

5.3.4.6 Технический осмотр

При техническом осмотре необходимо визуально контролировать:

- отсутствие внешних повреждений устройства и его элементов;
- состояние креплений устройств на панелях, проводов на рядах зажимов и на выводах устройств;
- наличие надписей и позиционных обозначений;
- положение всех оперативных элементов: флажков указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, состояние сигнальных ламп.

5.4 Техническая документация по обслуживанию устройств РЗА

5.4.1 В службах РЗА (электротехнических лабораториях) объекта электроэнергетики и сетевых организаций на устройства РЗА, находящиеся в эксплуатации, должна быть следующая техническая документация:

- паспорта-протоколы;
- инструкции или методические указания по наладке и проверке;
- технические данные об устройствах в виде карт параметров настройки срабатывания и характеристик;
- исполнительные рабочие схемы: принципиальные, монтажные или принципиально-монтажные;
- рабочие программы вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА с указанием последовательности, способа и места отсоединения их цепей от остающихся в работе устройств РЗА, цепей управления оборудованием и цепей тока и напряжения; перечень групп устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы, утверждается техническим руководителем объекта электроэнергетики;
- журнал по релейной защите, который заводится руководством службы (подразделения) РЗА объекта электроэнергетики и находится на щите управления.

Результаты технического обслуживания должны быть занесены в паспорт-протокол (подробные записи по сложным устройствам РЗА при необходимости должны быть сделаны в журнале по релейной защите).

В службах РЗА всех уровней диспетчерского управления должны быть технические данные об устройствах, находящихся в диспетчерском (оперативном) управлении или ведении соответствующего диспетчерского центра, карт (таблиц) или журналов (характеристик), принципиальных или структурных схем

(технологических алгоритмов функционирования), а так же инструкции и программы переключений.

5.4.2 На каждом объекте электроэнергетики, субъекте оперативно-диспетчерского управления, в сетевой организации должен быть установлен перечень необходимых инструкций по их оперативному обслуживанию. Перечень утверждается техническим руководителем объекта электроэнергетики, сетевой организации или главным диспетчером для диспетчерских центров.

5.4.2.1 Необходимые комплекты инструкций по оперативному обслуживанию устройств РЗА в соответствии с утвержденным перечнем должны находиться:

- на щите управления энергобъекта или в сетевой организации;
- на щите управления диспетчерского центра всех уровней управления;

5.4.2.2 Все изменения в энергоустановках, касающихся устройств РЗА, выполненные в процессе эксплуатации, должны быть внесены в инструкции по оперативному обслуживанию устройств РЗА, схемы и чертежи до ввода в работу за подписью уполномоченного лица с указанием его должности и даты внесения изменения. Информация об изменениях в инструкциях, схемах и чертежах должна доводиться до сведения всех работников (с записью в журнале распоряжений), для которых обязательно знание этих инструкций, схем и чертежей.

5.4.2.3 Пересмотр инструкций и схем должен производиться после проведения модернизации устройства или профилактического восстановления и в других случаях при необходимости.

5.4.3 Конкретный состав документов для каждого рабочего места должен определять технический руководитель объекта электроэнергетики, сетевой организации с учетом местных условий: установленной мощности, организационной и производственной структуры, количеством рабочих мест и зон разграничения оперативного обслуживания оборудования объекта электроэнергетики.

5.5 Правила составления программ производства работ в устройствах РЗА. Виды программ

5.5.1 Работы в действующих электроустановках по техническому обслуживанию устройств РЗА со сложными внешними связями или требующие координации отдельных этапов работ, особенно охватывающих несколько объектов электроэнергетики или связанных с большим объемом работ по сложной реконструкции устройств РЗА, выполняются, как правило, по программам.

Программы составляются в целях обеспечения такого порядка работ в устройствах РЗА действующих электроустановок, который не привел бы к снижению надежности работы объектов электроэнергетики и был бы безопасным для персонала, проводящего эти работы.

Проверка взаимодействия устройств, реализация действия которых происходит на других объектах электроэнергетики, например, с использованием ВЧ каналов устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, должна выполняться по программам согласно СТО 56947007-29.240.30.004-2008.

Проверка производится под контролем служб РЗА, в управлении которых находятся устройства, взаимодействие которых проверяется.

5.5.2 В программах должны быть указаны объемы и порядок производства тех этапов работ, проведение которых связано с возможным нарушением режимов работы энергооборудования , либо при их проведении возможно ложное действие или отказ какого-либо устройства РЗА при ошибочных действиях персонала, осуществляющего техническое обслуживание устройств РЗА.

Если при производстве работ потребуется определенная последовательность операций с коммутационными аппаратами первичной сети или согласованные действия оперативного персонала и персонала, обслуживающего устройства РЗА, то это должно быть указано в программе.

Остальные этапы работ, не связанные с вышеперечисленными в настоящем пункте обстоятельствами, могут быть указаны в программе или в ней должна быть сделана ссылка на нормативные документы, по которым эти этапы работы будут производиться.

5.5.3 Программа работ должна содержать:

- наименование объекта электроэнергшетики, цель, объем и последовательность работы (расширение объема по сравнению с объемом, указанным в программе, не допускается).
- исходное состояние прилегающей сети, оборудования и устройств РЗА, если это требуется по условиям производства работ.
- указания о состоянии схемы первичных соединений и режимах работы электрооборудования к моменту окончания работ с устройствами РЗА. Указания о выполнении схемы первичных соединений и режимах работы электрооборудования, которые требуются по завершении работы (при необходимости).
- перечень мер, предотвращающих непредусмотренные воздействия на оборудование (как работающее, так и выведенное в ремонт) и на цепи других устройств РЗА. Если программа не составляется, то содержание этого пункта должно быть изложено в заявке.

5.5.4 В программе указываются:

- устройства РЗА, которые должны быть выведены для обеспечения проведения работы, исключающей излишнее действие на работающее оборудование;
- устройства РЗА, которые остаются в работе для защиты от повреждений или нарушений режима электрооборудования или линий электропередачи;
- устройства РЗА, которые включаются только на время проведения работы или замены отключаемых устройств (например, подменные устройства при проверке вновь включаемых защит рабочим током), и их параметров настройки;
- устройства РЗА, которые должны отключаться только на время подготовки вспомогательных цепей (тока, напряжения, оперативных), необходимых для проведения работы, а затем обратно включаться в работу, продолжительность их отключения и способ проверки восстановления цепей, если такая проверка требуется;

- устройства РЗА, режим работы которых необходимо изменять (ввод оперативного ускорения, вывод направленности защит, изменение параметров настройки срабатывания и т.п.);
- порядок операций с устройствами РЗА при выводе их из работы и порядок ввода устройств РЗА после окончания работы.

Последний пункт подразумевает перечень переключений, выполняемых оперативным персоналом, а также перечень опробований действий устройств РЗА на коммутационные аппараты перед вводом устройств в работу.

5.5.5 Порядок операций, выполняемых непосредственно релейным персоналом при выводе и вводе устройств РЗА, определяется внутренними документами служб РЗА, типовыми или разовыми. К таким операциям относятся:

- переключения неоперативными переключающими устройствами;
- отсоединение и изолирование проводов в цепях, не имеющих переключающих устройств (например, вспомогательных цепях трансформаторов напряжения), подсоединение отключенных проводников, снятие перемычек;
- закрытие изоляционным материалом действующих цепей, проходящих через место работы, последующее удаление этого материала;
- закорачивание и отсоединение цепей тока и т.п., последующее их восстановление;
- проверка работоспособности устройств РЗА, цепи которых нарушались при работе (измерение токов и напряжений, опробование действий устройств РЗА на реле, вольтметры и т.п.).

5.5.6 Программа производства работ в цепях РЗА должна составляться ответственным исполнителем организации, проводящей работы по ТО устройств РЗА ПС. Кроме того, в службе РЗА, электротехнической лаборатории (ЭТЛ) объекта электроэнергетики должны быть рабочие программы вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА с указанием последовательности, способа и места отсоединения их цепей от остающихся в работе устройств РЗА, цепей управления оборудованием, цепей тока и напряжения. Перечень групп устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы, утверждается техническим руководителем объекта электроэнергетики.

5.5.7 Для облегчения составления программ службами РЗА должны быть подготовлены типовые программы(или бланки переключений). Перечень таких программ определяется на месте. Требования к содержанию типовых программ такие же, как к программе разового действия. При наличии типовых программ составление разовой программы работ упрощается и сводится к ссылке на типовую программу и 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. Типовая программа утверждается техническим руководителем ПМЭС или станции.

5.5.8 В соответствующих оперативных программах подробно указываются все операции в устройствах защиты, автоматики и в силовых цепях, а также очередность их проведения. К таким операциям, например, относятся:

а) замена релейной защиты присоединения защитами шиносоединительного или обходного выключателя при оставлении выключателя присоединения в работе;

б) вывод из работы выключателя присоединения с заменой его шиносоединительным или обходным выключателем с их релейной защитной и выведением из работы релейной защиты и автоматики присоединения;

в) вывод из работы выключателя присоединения с заменой его шиносоединительным или обходным выключателем с переводом устройств РЗА присоединения на эти выключатели;

г) восстановление нормальной схемы после работ, указанных в перечислении а), б), в);

д) замена работающей фазы группы однофазных трансформаторов (автотрансформаторов) резервной;

е) различные опробования шин и оборудования после ремонтов, при вводе в работу резервного оборудования.

Комплект соответствующих программ (или указаний) должен находиться на объекте электроэнергетики, в сетевой организации и у диспетчера субъекта оперативно-диспетчерского управления, в управлении или ведении которого находится данное устройство.

5.6 Общие требования к производственным инструкциям по эксплуатации устройств РЗА

5.6.1 При наличии на объекте электроэнергетики систем РЗА, не предусматриваемых настоящим стандартом, должны быть разработаны производственные инструкции (стандарты предприятия) по эксплуатации этих систем, а особенности этих систем должны быть учтены в местных инструкциях по переключениям в электроустановках и по предупреждению и ликвидации аварий.

5.6.2 Производственные инструкции, касающиеся устройств РЗА, должны быть составлены на основании требований настоящего Стандарта, инструкций заводов-изготовителей, Правил [1] и должны учитывать общие требования, которые существуют в отрасли на момент создания местной инструкции.

5.6.3 Производственная инструкция должна соответствовать инструкции по обслуживанию устройств РЗА, выпускаемой диспетчерским центром, в диспетчерском управлении которого находятся устройства РЗА, и дополнительно должна содержать необходимую для местного персонала объекта электроэнергетики детализацию смысловых команд диспетчера ДЦ (наименования и места расположения накладок, ключей, карты положения коммутационных устройств), детальные указания по выполнению операций, а также по осуществлению оперативного контроля исправности аппаратуры РЗА, по действиям при появлении сигналов неисправности.

Производственные инструкции по эксплуатации электрооборудования систем РЗА должны включать:

- краткую характеристику аппаратуры;
- допустимые режимы работы защищаемого оборудования;

- порядок подготовки систем РЗА к вводу в работу и вывода их из работы;
- порядок отключения и вывода из работы во время нормальной эксплуатации и ремонта;
- порядок допуска к осмотру, ремонту и испытаниям аппаратуры;
- порядок анализа поведения устройств РЗА во время аварий;
- периодичность проверок, осмотров и опробований аппаратуры устройств РЗА.
- требования по безопасной эксплуатации.

5.6.4 Производственные инструкции по эксплуатации электрооборудования системы питания СН и их вторичных систем должны быть утверждены техническим руководителем объекта электроэнергетики. Производственные инструкции должны находиться на объекте электроэнергетики, в ОВБ и у диспетчера, в ведении или управлении которого находятся устройства, обслуживающие эти сети.

6 Приемка в эксплуатацию устройств релейной защиты и автоматики

6.1 Приемка после наладки

6.1.1 Если пусконаладочные работы на вновь вводимых, расширяемых или реконструируемых объектах электроэнергетики проводились наладочной организацией, то после окончания работ (или поэтапно в процессе исполнения) должна быть проведена приемка устройств РЗА эксплуатирующей организацией.

Приемка производится персоналом РЗА сетевой организации за которым закрепляется вновь вводимое устройство РЗА, или другим лицом, допущенным к самостоятельной проверке вновь вводимых типов устройств РЗА, назначаемым руководством сетевой организации. Приемка производится с участием представителя наладочной организации, проводившего наладку. В процессе приемки принимающий должен проверить, что наладочные работы были выполнены с необходимым качеством и в объеме, не меньшем регламентированного действующими правилами технического обслуживания при новом включении. Следует проверить, что исполнительные схемы устройств РЗА соответствуют проектным принципиальным схемам с учетом выполненных в установленном порядке корректировок. При проведении приемки производятся внешний осмотр, выборочная проверка отдельных элементов устройств, проверка временных характеристик устройства РЗА в полной схеме, проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, проверки устройств РЗА, расположенных на разных объектах электроэнергетики (например, диффазные защиты), проверка устройств РЗА первичным током и напряжением. Проверки взаимодействия вновь вводимой аппаратуры и проверку первичным током и напряжением целесообразно выполнять совместно принимающим лицом и персоналом наладочной организации с целью уменьшить общий объем работ и переключений. Для проведения работ представляется техническая документация согласно п. 6.1.5.3.

При проведении приемки микропроцессорных устройств РЗА производится проверка требуемой конфигурации устройства защиты в соответствии с принятыми проектными решениями и задания параметров настройки срабатывания устройства в соответствии с этой конфигурацией. Производится проверка временных характеристик терминалов или совокупности терминалов, входящих в защиту, проверка взаимодействия защиты с коммутационными аппаратами и другими устройствами РЗА, а также проверка функций регистрации событий, диагностики коммутационных аппаратов и других функций, предоставляемых фирмами-изготовителями.

6.1.2 Ввод в работу новых устройств РЗА, не бывших в эксплуатации, может производиться лишь при наличии разрешенной оперативной заявки субъекта оперативно-диспетчерского управления, в ведении которого находится данный объект электроэнергетики.

Перед вводом таких устройств в работу представитель персонала РЗА должен подробно проинструктировать оперативный персонал с демонстрацией (имитацией) на месте операций, предусмотренных местной инструкцией по оперативному обслуживанию устройства РЗА. Инструктаж проводится для одной работающей смены оперативного персонала. Остальным сменам инструктаж передается старшим оперативным лицом при сдаче-приемке дежурства. Оперативный персонал ПС без постоянного дежурства для получения инструктажа должен прибыть на ПС. Без проведения инструктажа оперативного персонала включение в работу устройств РЗА не должно допускаться. Аналогичный инструктаж производится после реконструкции устройства РЗА, повлекшей изменение порядка его обслуживания оперативным персоналом.

6.1.3 По окончании работ проводивший их производитель должен сделать запись в журнале релейной защиты на щите управления о проведенной работе, состоянии устройства РЗА и его готовности к включению в работу.

Запись в журнале релейной защиты делают как ответственные исполнители наладочной организации, так и службы РЗА, принявшей в эксплуатацию устройство РЗА.

Запрещается ввод в работу устройств РЗА при отсутствии записи в журнале релейной защиты, указывающей на возможность такого включения.

6.1.4 После ознакомления с записью в журнале релейной защиты на щите управления оперативный персонал производит тщательный осмотр сдаваемого устройства РЗА во всех местах, где производились работы. При этом следует обратить внимание на:

- состояние рядов зажимов;
- общее состояние монтажа и отсутствие отсоединенных неизолированных проводов, наличие необходимых надписей, наличие таблиц положений переключающих устройств для используемых режимов;
- положение указательных реле и переключающих устройств (накладок, ключей, рубильников, кнопок, крышек испытательных блоков, разъемов);
- наличие и исправность сигнальных ламп и соответствие их состояния режиму;

- показания измерительных приборов высокочастотных аппаратов, контрольных устройств, показания дисплеев микропроцессорных терминалов.

6.1.5 Требования к оформлению технической документации

6.1.5.1 Принципиальные схемы устройств РЗА до начала наладочных работ согласовываются со службой РЗА тем субъектом диспетчерского управления, в диспетчерском (оперативном) управлении которого находится устройство РЗА в соответствии с диспетчерской подчиненностью. На схемах должна быть надпись «Согласовано» и подпись ответственного лица службы РЗА.

Исполнительными схемами являются откорректированные при монтаже и наладке принципиальные схемы и схемы соединений (монтажные схемы) или выполненные на их базе развернутые принципиально-монтажные схемы. Исполнительными схемами микропроцессорных устройств РЗА являются схемы внешних соединений и функциональные схемы терминалов, отражающие конфигурацию логических связей устройства РЗА. Для сложных комплектных устройств РЗА в качестве исполнительных схем, кроме указанных выше, могут использоваться откорректированные схемы технических описаний завода-изготовителя. Рекомендуется подготавливать схемы в электронном виде, что позволяет оперативно вносить в исполнительные схемы изменения при реконструкциях.

Исполнительные схемы, по которым производятся работы, должны быть выверены и полностью соответствовать фактически выполненному монтажу устройства РЗА. Все отсоединенные цепи на рядах зажимов и зажимы, на которых не включены контактные мостики, а также отсоединенные цепи или перемычки на выводах аппаратов должны быть четко указаны в схемах. Исполнительная схема должна содержать надпись «Схема исполнительная» и быть подписана ответственным лицом службы РЗА, осуществляющей эксплуатацию устройства РЗА.

Исполнительные схемы должны соответствовать проектным (или заданным вышестоящей службой РЗА). Если в этих схемах имеются отличия от проектных, то в примечаниях должно быть разъяснено, почему и кем эти отличия внесены, и дана ссылка на документ (акт технического решения, письмо вышестоящей организации, информационное письмо).

Исполнительные принципиальные схемы устройств РЗА должны высылаться в вышестоящие службы РЗА (ОДУ, РДУ, ОГК, ТГК) в объеме, определяемом требованиями этих организаций, или иными нормативными документами, определяющими взаимоотношения между службой РЗА и вышестоящими ступенями управления.

6.1.5.2 Инструкции по оперативному обслуживанию вводимых устройств РЗА должны быть подготовлены соответствующей службой РЗА эксплуатирующей организации и утверждены техническим руководителем этой организации перед вводом в работу устройств РЗА. Также должны быть подготовлены таблицы положений переключающих устройств для используемых режимов.

Если инструкция подготовлена персоналом наладочной или иной организации, она должна быть проверена техническим руководством службы РЗА и утверждена техническим руководителем предприятия.

6.1.5.3 Если работы производились наладочной организацией, то для проведения приемки она представляет:

- скорректированные исполнительные схемы, в том числе функциональные схемы микропроцессорных терминалов;
- протоколы наладки устройств РЗА, оформленные в соответствии с действующими формами протоколов.

Допускается применение протоколов, разработанных наладочной организацией.

Для тех устройств РЗА, окончательная приемка которых производится в процессе проведения завершающих этапов наладочных работ, протоколы временно, на период проведения предварительной приемки, передаются лицу, осуществляющему приемку. Оформление в них результатов завершающих этапов проверок (проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, проверка рабочим током и напряжением) и передача эксплуатационному персоналу производится в двухмесячный срок после полного окончания работ.

6.1.5.4 Если производится реконструкция устройства РЗА, то после окончания монтажных и наладочных работ должны быть составлены точные исполнительные схемы этого устройства либо откорректированы проектные схемы в соответствии с внесенными при монтаже изменениями. Заранее подготовленные схемы в электронном виде существенно облегчают и ускоряют внесение изменений.

6.1.5.5 Если в процессе реконструкции устройства РЗА возникает необходимость прервать работы и срочно включить это устройство, то перед включением его следует по возможности внести все изменения в исполнительные схемы. При отсутствии такой возможности все изменения следует внести не позднее 24 ч после включения устройства РЗА в работу.

6.1.5.6 Включение в работу устройств РЗА при отсутствии исполнительных схем не допускается.

6.1.5.7 Во всех случаях внесения изменений в устройство РЗА, приводящих к изменению условий его обслуживания, в инструкции по оперативному обслуживанию этого устройства, находящиеся у диспетчеров и оперативного персонала, должны быть внесены соответствующие изменения. При необходимости внесения в инструкцию существенных изменений допускается это сделать позже (в пределах месяца). В течение этого времени соответствующий раздел инструкции заменяется распоряжением диспетчера или записью в журнале релейной защиты на объекте электроэнергетики, что должно быть отмечено в инструкции. Порядок внесения изменений в инструкции определяется эксплуатирующей организацией.

6.1.5.8 Перед вводом устройства РЗА в работу на объекте электроэнергетики делается запись в журнале релейной защиты, которая должна содержать:

- сведения о проведенной работе;

- изменения в порядке обслуживания;
- готовность к включению устройства в работу.

С записью в журнале по релейной защите должен ознакомиться весь оперативный персонал объекта электроэнергетики, в зону обслуживания которого входит вводимое устройство РЗА, и расписаться об ознакомлении. Журнал по релейной защите должен периодически просматриваться в целях контроля правильности внесенных записей руководством СРЗА объекта электроэнергетики, что также удостоверяется их подписями. Периодичность просмотра устанавливается по местным условиям.

6.1.5.9 Сразу после ввода устройства РЗА в работу либо перед его вводом вносятся изменения в карты параметров настройки срабатывания, таблицы допустимых нагрузок, паспорта-протоколы, таблицы положений переключающих устройств для используемых режимов.

В кратчайший срок персонал РЗА, ответственный за эксплуатацию вводимого устройства РЗА, должен передать в СРЗА, выдавшую значения параметров настройки срабатывания, сведения о выполненных настройках.

6.1.5.10 Сведения о дефектах и недостатках в схемах устройств РЗА необходимо направлять в проектные организации, на заводы – изготовители аппаратуры и оборудования, в службы РЗА объекта электроэнергетики, в чьем управлении или ведении находятся устройства РЗА, для принятия мер по их устранению во всех аналогичных устройствах, а также для учета, анализа и обобщения.

6.2 Монтажно-наладочные работы

6.2.1 На новых устройствах РЗА, расположенных в непосредственной близости к действующим устройствам, монтажно-наладочные работы могут выполняться без оперативных заявок при условии, что новые устройства РЗА полностью отключены от действующих цепей, и сам характер работ не может повлечь за собой неправильные действия устройств РЗА.

6.2.2 Производство монтажных и других видов работ, могущих вызвать отключение основного оборудования, или неправильные действия устройств РЗА, должно оформляться оперативными заявками на вывод соответствующих устройств или при необходимости на отключение первичного оборудования.

6.2.3 Подключение новых устройств РЗА к действующим цепям должен оформляться оперативной заявкой, в которой должны быть предусмотрены необходимые операции с другими устройствами РЗА, находящимися в работе, и содержаться указания, необходимые для ввода нового устройства РЗА.

6.2.4 Ввод в работу новых устройств РЗА на действующем оборудовании должен оформляться соответствующими плановыми оперативными заявками. Допускается оформление одной оперативной заявкой ввода нескольких устройств РЗА с указанием очередности ввода каждого устройства.

6.2.5 Ввод в работу нового устройства РЗА может быть совмещен с работами по подключению этого устройства РЗА к действующим цепям, его проверкой под нагрузкой и на ВЧ канале. В этом случае в заявке должны быть

указаны основные этапы работы и необходимые мероприятия, проводимые на действующих устройствах РЗА на каждом этапе работы.

6.2.6 При вводе в работу нового оборудования отдельных оперативных заявок на ввод в действие устройств РЗА этого оборудования не требуется. Операции с новыми устройствами РЗА включаются в общую программу по включению нового оборудования. При этом срок производства работ определяется сроком действия общей оперативной заявки на производство работ по данной программе.

6.3 Приемка после профилактических работ в устройствах РЗА

6.3.1 По окончании работ проводивший их производитель должен сделать запись в журнале релейной защиты на щите управления о проведенной работе, состоянии устройства РЗА и его готовности к включению в работу.

6.3.2 После ознакомления с записью в журнале по релейной защите на щите управления оперативный персонал производит тщательный осмотр сдаваемого устройства РЗА во всех местах, где производились работы. При этом следует обратить внимание на:

- состояние рядов зажимов;
- общее состояние монтажа и отсутствие отсоединенных неизолированных проводов, наличие необходимых надписей, наличие таблиц положений переключающих устройств для используемых режимов;
- положение указательных реле и переключающих устройств (накладок, ключей, рубильников, кнопок, крышек испытательных блоков, разъемов);
- наличие и исправность сигнальных ламп и соответствие их состояния режиму;
- показания измерительных приборов высокочастотных аппаратов, контрольных устройств, показания дисплеев микропроцессорных терминалов.

6.3.3 Во всех случаях внесения при профилактических проверках изменений в устройство РЗА, приводящих к изменению условий его обслуживания, в инструкции по оперативному обслуживанию этого устройства, находящиеся у диспетчеров и оперативного персонала, должны быть внесены соответствующие изменения. При необходимости внесения в инструкцию существенных изменений допускается это сделать позже (в пределах месяца). В течение этого времени соответствующий раздел инструкции заменяется распоряжением диспетчера или записью в журнале по релейной защите на объекте электроэнергетики, что должно быть отмечено в инструкции. Порядок внесения изменений в инструкции определяется эксплуатирующей организацией.

6.3.4 Перед вводом устройства РЗА в работу на объекте электроэнергетики делается запись в журнале по релейной защите, которая должна содержать:

- сведения о проведенной работе;
- изменения в порядке обслуживания;
- готовность к включению устройства в работу.

С записью в журнале по релейной защите должен ознакомиться весь оперативный персонал объекта электроэнергетики, в зону обслуживания которого входит вводимое устройство РЗА, и расписаться об ознакомлении. Журнал по

релейной защите должен периодически просматриваться в целях контроля правильности внесенных записей руководством службы (подразделения) РЗА объекта электроэнергетики, что также удостоверяется их подписями. Периодичность просмотра устанавливается по местным условиям.

7 Обслуживание устройств релейной защиты и автоматики оперативным персоналом объекта электроэнергетики

7.1 Общие требования к оперативному обслуживанию устройств РЗА

7.1.1 Распределение устройств РЗА по способу диспетчерского управления (управления или ведения) должно быть определено в отдельных документах. Каждый из указанных документов утверждается главным диспетчером или техническим руководителем соответствующего уровня оперативно-диспетчерского управления.

7.1.2 Для каждого объекта электроэнергетики составляется перечень, в котором указывается необходимая документация по оперативному обслуживанию устройств РЗА, установленных на данном объекте электроэнергетики. Перечень утверждается техническим руководителем объекта электроэнергетики.

Для ДЦ субъектов оперативно-диспетчерского управления , в ведении или управлении которого находятся упомянутые устройства, составляется перечень, в котором указываются соответствующая уровню управления документация по оперативному обслуживанию устройств РЗА, которыми должен руководствоваться соответствующий диспетчер. Эти перечни утверждаются соответствующим главным диспетчером.

Для сетевых организаций (ЦУС, МЭМ, ПМЭС) так же составляется перечень, в котором указывается соответствующая выполняемым этими организациями функциям, документация по оперативному обслуживанию устройств РЗА. Эти перечень утверждается руководителем сетевой организации.

7.1.3 Комплект документации по оперативному обслуживанию устройств РЗА перечисленных в п.7.1.2, должны находиться:

- на объекте электроэнергетики: у дежурного на щите управления и у персонала РЗА.
- у диспетчера или оперативного персонала, в ведении или управлении которого находятся обслуживаемые по этой документации устройства;
- в сетевых организациях, в сфере ответственности которых находятся энергообъекты;

7.1.4 Операции с устройствами РЗА оперативный персонал объекта электроэнергетики и персонал ОВБ выполняет только по распоряжению или с разрешения старшего по смене на объекте электроэнергетики, оперативного персонала сетевой организации или соответствующего диспетчера ДЦ субъекта оперативно-диспетчерского управления, в оперативном управлении или ведении которого находятся эти устройства.

Для объектов электроэнергетики без обслуживающего персонала операции выполняются ОВБ по распоряжению ДЦ через оперативный персонал сетевой организации.

В предусмотренных инструкциями случаях операции с устройствами РЗА оперативный персонал может выполнять самостоятельно с последующим уведомлением диспетчера.

В аварийных условиях при отсутствии связи с диспетчером оперативный персонал имеет право самостоятельно выполнять операции, предписанные для данного случая инструкцией по обслуживанию устройств РЗА или СТО 17330282.29.240.004-2008. О выполненных операциях оперативный персонал объекта электроэнергетики обязан сообщить в сетевую организация и диспетчеру немедленно, как только восстановится связь.

7.1.5 Операции с устройствами РЗА, состоящими из двух и более полукомплектов, расположенных на разных концах линии, должны выполняться по возможности одновременно.

7.1.6 При выводе устройств РЗА, пускающих УРОВ, из работы по любым причинам, необходимо предварительно отключить от них пуск УРОВ. Ввод цепей пуска УРОВ выполняется после ввода данного устройства РЗА в работу.

7.1.7 Операции с разъединителями и выключателями, опробования после ремонта или длительного отключенного состояния элемента сети должны выполняться при введенных в работу быстродействующих устройствах защиты и при действующем УРОВ.

При невозможности ввода быстродействующих защит или их отсутствии необходимо, если это возможно, ввести в работу оперативное ускорение резервных защит или временную быстродействующую защиту, например, защиту шиносоединительного или обходного выключателя, или временно подключаемый комплект защиты (подменный комплект защиты), заранее смонтированный и подготовленный.

Операции с разъединителями и отделителями какого-либо элемента сети целесообразно выполнять при отключенных устройствах АПВ на выключателях этого элемента. При операциях с шинными разъединителями необходимо на время операций отключать АПВ шин.

7.1.8 Все операции с устройствами РЗА, выполняемые оперативным персоналом, осуществляются на каждом устройстве РЗА с помощью установленных для целей оперативного обслуживания переключающих устройств: ключей, рубильников, переключателей, накладок, кнопок, испытательных блоков и т.п.

Оперативный персонал может также выполнять по специальным указаниям проверку функционирования устройства РЗА перед вводом его в работу, если это устройство имеет схему тестового или автоматического непрерывного контроля и для проверки не требуется переключений на рядах зажимов устройства РЗА.

Подсоединять и отсоединять (на рядах зажимов, клеммах и т.п.) провода и жилы кабелей для проведения различных операций может только персонал службы РЗА.

7.1.9 В ряде случаев оперативному персоналу вменяется в обязанность изменять параметры настройки некоторых защит изменением положения органов настройки внутри реле, например, на защите шиносоединительного выключателя. Подобные изменения должны выполняться в строгом соответствии с инструкцией

по обслуживанию этой защиты при выведенной из работы защите. Для облегчения таких операций и уменьшения возможности ошибок изменяемые параметры настройки срабатывания реле должны быть заранее подготовлены, а именно:

- на шкалах реле с плавной регулировкой должны быть нанесены специальные обозначения или отметки параметров настройки срабатывания, на которые устанавливается поводок реле;
- в ряде случаев заводская шкала реле может заменяться специальной шкалой, на которую наносятся требуемые значения параметров настройки срабатывания в первичных значениях;
- для реле со ступенчатым регулированием параметров настройки срабатывания штекерами должны быть составлены таблицы положений всех штекеров для всех параметров настройки срабатывания. К заводским обозначениям штекеров желательно добавить шкалу с указанием параметров настройки срабатывания в первичных значениях;
- для микропроцессорных устройств в инструкции должны быть приведены четкие указания по изменению параметров настройки срабатывания для каждой защиты каждого типа установленных устройств.

7.1.10 Нормально включенные устройства РЗА выводятся из работы:

- по оперативной заявке для выполнения различных работ (проверка, ремонт, перенастройка параметров настройки срабатывания);
- при неисправностях устройства в соответствии с инструкцией по его обслуживанию;
- при неисправностях трансформаторов напряжения или их цепей, питающих устройство, в соответствии с инструкцией по обслуживанию цепей трансформаторов напряжения;
- при изменениях схемы первичных соединений или режима работы объекта электроэнергетики, сети в соответствии с инструкцией по обслуживанию;
- в особых случаях, предусмотренных специальными указаниями, разовыми программами или оперативной заявкой.

Перед выводом из работы любого устройства РЗА необходимо убедиться, что выполнены все мероприятия, предусмотренные для этого случая, обеспечивающие надежную работу объекта электроэнергетики и сети, как– то: введено в работу устройство, заменяющее отключаемое, введено оперативное ускорение других защит, введены защиты шиносоединительных или обходных выключателей, выполнены мероприятия по изменению схемы или режима работы объекта электроэнергетики, электросети, и т.п. Ввод и вывод оперативного ускорения выполняются без вывода из работы защиты.

Устройства РЗА, которые по чувствительности и принципу действия могут ложно срабатывать из-за кратковременной несимметрии токов, возникающей при операциях с испытательными блоками в токовых цепях указанных устройств, должны на время этих операций выводиться из работы. На такие устройства службой РЗА предприятия должен быть составлен перечень, который утверждается техническим руководителем предприятия. Перечень должен находиться на щите управления объекта электроэнергетики, в соответствующей

службе РЗА и у диспетчера, в оперативном управлении которого находятся данные устройства РЗА.

7.1.11 Перед вводом в работу устройства РЗА необходимо:

- внешним осмотром, проведением тестового контроля и по имеющейся сигнализации убедиться в исправности устройства;
- проверить правильность положения различных переключающих устройств данного устройства РЗА;
- при наличии специальной сигнализации, убедиться, что на устройство подано напряжение от соответствующего трансформатора напряжения и оперативный ток, исправны цепи воздействия устройства на коммутационные аппараты, а само устройство готово к действию;
- если включается устройство, значения параметров настройки срабатывания которого изменяет оперативный персонал, необходимо дополнительно проверить соответствие выставленных параметров настройки срабатывания указаниям инструкции по обслуживанию данного устройства РЗА;
- для некоторых устройств (дифференциальных защит шин и линий, высокочастотных защит и др.) произвести предусмотренные инструкциями измерения и опробования;
- привести указательные реле, световую сигнализацию и другие сигнальные устройства в исходное состояние;
- проверить наличие записи в журнале по релейной защите о возможности включения в работу данного устройства;
- получить разрешение соответствующего диспетчера на включение устройства.

7.1.12 На щите управления и в службе РЗА объекта электроэнергетики, в сетевой организации, у соответствующего диспетчера ДЦ и должен быть журнал (карта) параметров настройки срабатывания релейной защиты, в котором, кроме параметров настройки срабатывания, указывают максимальная допустимая нагрузка по условиям настройки релейной защиты. Оперативный персонал должен следить за величиной нагрузки и при приближении ее к максимально допустимой принимать меры, предотвращающие срабатывание защиты из-за перегрузки. Эти меры (ввод резервного оборудования, изменения схемы для перераспределения нагрузки, ограничение потребителей) разрабатываются заранее, утверждаются руководством и выполняются оперативным персоналом объекта электроэнергетики.

7.1.13 Звуковая и световая аварийная и предупредительная сигнализация на щитах управления с постоянным дежурным персоналом, а также телесигнализация должны быть постоянно включены.

Вызывная сигнализация при дежурстве на дому должна переключатся при уходе дежурного с объекта электроэнергетики на квартиру.

Световая сигнализация положения выключателей, как правило, должна быть отключена и должна включаться при необходимости вручную или автоматически при срабатывании устройств РЗА. Режим работы сигнализации указывается в местной инструкции.

7.1.14 На щите управления ПС должны быть полные комплекты запасных сигнальных ламп, плавких вставок для предохранителей с разборным патроном и комплект заряженных патронов для предохранителей с неразборным патроном. У основания каждого предохранителя должна быть надпись, указывающая его назначение и номинальный ток плавкой вставки; на предохранителях специальной конструкции, не допускающих замены их другими типами или исполнениями (например, предохранители для защиты полупроводниковых выпрямителей), должна быть надпись с указанием типа или исполнения. Указания о специальных типах предохранителей и недопустимости замены их другими типами должны быть внесены в местную инструкцию.

7.1.15 Обо всех работах в устройствах РЗА, изменениях схем и параметров настройки срабатывания, вводе в действие новых устройств РЗА, о готовности к вводу в действие устройств РЗА после любых работ, вводе в действие измененных и дополненных инструкций по обслуживанию устройств РЗА персонал службы РЗА делает записи в журнале по релейной защите перед вводом в работу данного устройства. Оперативный персонал, в смену которого будет введено данное устройство РЗА, должен ознакомиться с этими записями и расписаться в журнале перед вводом устройства в работу. С записями в журнале должен ознакомиться (и расписаться в этом) оперативный персонал всех смен.

7.1.16 Ввод в работу нового устройства РЗА может производиться лишь при наличии разрешенной оперативной заявки на его включение. Перед вводом его в работу персонал РЗА должен подробно проинструктировать оперативный персонал с демонстрацией на месте операций, предусмотренных местной инструкцией по оперативному обслуживанию устройств РЗА.

7.1.17 Устройства РЗА электрических станций, ПС, распределительных и переключательных пунктов, секционирующих выключателей и прочих установок распределительных сетей, независимо от способа их оперативного обслуживания, подлежат обязательному осмотру, проверке их исправности и готовности к действию, а также опробованию некоторых устройств местным оперативным персоналом, персоналом ОВБ или оперативно-ремонтным персоналом.

Периодичность осмотров и опробований местным оперативным персоналом, порядок проведения осмотров и опробований персоналом ОВБ или оперативно-ремонтным персоналом, перечень подлежащих опробованию аппаратов и устройств, а также порядок действий персонала при выявлении неисправностей и отклонений от норм должны быть установлены местными инструкциями.

7.1.18 На ПС с большим количеством устройств РЗА или при расположении этих устройств в удаленных друг от друга помещениях решением технического руководства предприятия периодический осмотр может быть поручен разным сменам, каждая из которых осматривает закрепленный за ней участок.

7.1.19 В зависимости от местных условий, главным образом от места установки устройств РЗА (щит управления, специальное релейное помещение, коридор управления в распределительном устройстве, КРУН), последовательность осмотра может изменяться.

Рекомендуется следующий объем и последовательность осмотра:

- ознакомиться с записями в журнале РЗА о работах, произведенных за время отсутствия данного дежурного, изменениях внесенных в параметры настройки срабатывания, схемы или инструкции по обслуживанию, обо всех вновь введенных в работу или выведенных из работы устройствах РЗА и причинах их отключения или включения, а также с записями в оперативном журнале;

- проверить исправность аварийной и предупредительной сигнализации, а также сигнализации положения выключателей;

- проверить значение напряжения на шинах оперативного тока всех источников постоянного и переменного оперативного тока (трансформаторов СН и трансформаторов напряжения, аккумуляторных батарей, выпрямителей, блоков питания) по имеющимся приборам и режим работы подзарядных устройств аккумуляторных батарей; при необходимости довести его до заданного по специальной инструкции;

- проверить по имеющимся стационарным приборам сопротивление изоляции цепей оперативного постоянного и переменного тока;

- проверить по имеющейся сигнализации исправность цепей управления выключателями и другими коммутационными аппаратами; наличие оперативного тока на всех устройствах и цепях релейной защиты, автоматики, сигнализации, управления; исправность предохранителей;

- проверить готовность АВР источников оперативного постоянного и переменного тока (правильность положения автоматических выключателей, рубильников и других коммутационных аппаратов в схеме АВР и соответствие их положений первичной схеме);

- проверить правильность положения всех коммутационных аппаратов на щите оперативного тока, в кольцах питания панелей и шкафов щита управления и устройств РЗА, в кольцах питания оперативным током всех КРУ, КРУН и других распределительных устройств всех напряжений; при этом обратить внимание на правильность подключения устройств РЗА к закрепленным за ними шинкам постоянного тока;

- проверить по установленным измерительным приборам и сигнализации исправность цепей трансформаторов напряжения, предохранителей, автоматических выключателей, правильное положение всех переключающих устройств в этих цепях в соответствии с действительной схемой первичных соединений и распределением защит по трансформаторам напряжения;

- осмотреть все устройства защиты и автоматики на щите управления, релейном щите, в коридорах РУ, КРУ, КРУН и проверить их исправность и готовность к действию по имеющейся сигнализации, внешнему виду, а где это возможно и предусмотрено местной инструкцией;

- опробованием без вывода присоединения из работы с последующей записью в оперативном журнале. Вернуть в исходное состояние указательные реле, флажки которых оказались выпавшими, а также световую и светодиодную сигнализацию;

- проверить правильность положения всех переключающих устройств в цепях РЗА, соответствие их положения данному режиму работы и схеме

энергообъкта, особое внимание обратить на устройства РЗА, включенные или отключенные из-за отклонений от нормального режима: переведенные на шиносоединительный или обходной выключатель или замененные защитами обходного и шиносоединительного выключателя и т.д. Дополнительно убедиться, что у выведенных из работы защит, пускающих УРОВ, отключен пуск УРОВ;

- проверить с помощью встроенных средств измерения, контроля или тестирования исправность ряда устройств РЗА (дифференциальной защиты шин, продольной дифференциальной защиты линий, приемопередатчиков и высокочастотных каналов защит, устройств телеотключения, микроэлектронных и микропроцессорных устройств РЗА, средств ОМП);

- осмотреть, проверить работу и состояние автоматики, работающей в нормальных режимах, например, автоматики охлаждения трансформаторов, регулирования напряжения трансформаторов;

- осмотреть газовые реле трансформаторов (реакторов), у реле со смотровым окном проверить отсутствие воздуха в корпусе реле; убедиться, что кран и отсечной клапан (между газовым реле и расширителем трансформатора) находятся в открытом положении. Эти операции выполняются в соответствии с действующими правилами охраны труда.

- осмотреть и проверить исправность и готовность к действию самопишущих измерительных приборов, автоматических осциллографов и регистраторов аварийных событий, проверить запас чернил и бумаги для приборов, запас фотобумаги или пленки для осциллографов, а для цифровых приборов и регистраторов, имеющих сменные электронные носители информации,– их наличие;

- в холодное время года проверить работу устройств подогрева релейных шкафов, релейных отсеков КРУ, КРУН и приводов коммутационных аппаратов. Особое внимание обратить на устройства подогрева при наружной температуре около минус 20°С, около 0°С и при повышенной влажности (оттепель, мокрый снег, продолжительные дожди);

- проверить положение грузов и пружин у грузовых и пружинных приводов, положение контактов готовности пружинного привода, контакта аварийного отключения и правильного положения их рычагов; у приводов, включавшихся вручную, проверить положение рычага конечного выключателя в цепи завода пружин;

- проверить положение заземляющего разъединителя у конденсаторов связи высокочастотных каналов устройств РЗА и у шкафов отбора напряжения (ШОН);

- проверить уплотнения, двери и крышки релейных шкафов, сборок вторичных соединений и приводов выключателей и других коммутационных аппаратов на открытой части объекта электроэнергетики, особенно после дождя, таяния снега и метелей;

- проверить соответствие утвержденным указаниям положение заземляющих разъединителей в нейтралях обмоток трансформаторов;

- проверить наличие резервных сигнальных ламп, плавких вставок для разборных предохранителей и комплекта неразборных предохранителей.

О всех замеченных неисправностях следует немедленно сообщить

диспетчеру и персоналу соответствующих служб, и по их указаниям или по соответствующим инструкциям принять необходимые меры. Об обнаруженных неисправностях сделать запись в журнале дефектов.

7.1.20 Наблюдение за поддержанием заданного режима и, при необходимости, исправление отклонений от заданного режима устройств автоматики, работающих непрерывно в нормальных режимах (регулирование возбуждения генераторов и компенсаторов, охлаждение генераторов и компенсаторов, подзарядные устройства аккумуляторных батарей) выполняются по указаниям инструкций по их обслуживанию.

7.1.21 Все работы в устройствах РЗА, находящихся в эксплуатации, выполняет, как правило, персонал служб РЗА, обученный и имеющий допуск к работам в этих устройствах.

Персонал специализированных подрядных ремонтных, монтажных, наладочных и др. организаций к работам в действующих устройствах РЗА допускается по специальному письменному распоряжению технического руководителя предприятия при наличии лицензии на проведение соответствующих работ.

7.1.22 Перед работами на устройствах РЗА, состоящих из нескольких полукомплектов, расположенных на разных концах линии, эти устройства должны быть выведены из работы на всех концах линии.

7.1.23 При работах на каналах связи, телеуправления, телесигнализации (проводных и высокочастотных), общих с устройствами защиты и автоматики, необходимо выводить из работы все устройства РЗА, связанные с этими каналами (по оперативной заявке).

7.1.24 Все работы с измерительными приборами, датчиками и приемниками телеуправления и телесигнализации выполняются персоналом служб РЗА или СДТУ совместно или раздельно в соответствии с границами их ответственности.

7.1.25 Все работы с первичными датчиками различной технологической автоматики, приводами коммутационных аппаратов выполняются персоналом РЗА и персоналом соответствующей службы совместно или раздельно в соответствии с границами их ответственности.

7.1.26 Все работы на действующих устройствах РЗА производятся только по заранее поданным, оформленным и разрешенным оперативным заявкам.

Сроки подачи оперативных заявок, способы их оформления, способы передачи разрешения или отказа оперативной заявки и прочие условия устанавливаются в соответствии с действующими положениями по диспетчерскому управлению (указаниями, перечнями).

7.1.27 В экстренных, не терпящих отлагательства случаях, в оперативном порядке дежурные диспетчеры, в оперативном управлении или ведении которых находится данное устройство РЗА, могут разрешить работы на нем, но только во время своего дежурства. Для продления таких работ требуется оформление оперативной заявки. В случаях, когда задержка в выводе из работы устройства РЗА может привести к его ложному срабатыванию или повреждению, разрешается вывод устройства с последующим уведомлением диспетчерского персонала, в оперативном управлении или ведении которого находится данное

устройство, и последующим оформлением оперативной заявки с указанием причин и ориентировочного срока окончания ремонта.

7.1.28 При составлении оперативной заявки на вывод из работы устройства РЗА должны быть предусмотрены:

- необходимые отключения и включения первичного оборудования на все время работ или только для различных опробований с обратным включением или отключением;
- выполнение требований инструкций, программ и указаний о замене отключаемой защиты другими (например, введение ускорений, замена отключаемой защиты защитой шиносоединительного выключателя);
- проверка отключаемой защиты под нагрузкой, возможность создания необходимых значений и направления нагрузки; проверка под нагрузкой защит, с которыми присоединение включается для проверки выведенной из работы защиты;
- возможность непредвиденного отключения работающего оборудования и необходимость выполнения в связи с этим требуемых мероприятий;
- требуемые инструкциями, программами или указаниями вывод и обратный ввод в работу других устройств, связанных с устройством, на котором производятся работы, по принципу действия или общими цепями и аппаратами, в том числе установленными на других объектах электроэнергетики.

7.1.29 Независимо от имеющейся разрешенной оперативной заявки к любым работам по оперативной заявке следует приступать только по полученному непосредственно перед началом работ разрешению вышестоящего оперативного персонала (диспетчера) в оперативном управлении или ведении которого находится данное устройство. Перед выдачей такого разрешения вышестоящий оперативный персонал, а после его получения – дежурный персонал должен проверить, не возникли ли какие-либо причины, препятствующие проведению работ в сроки и в условиях, разрешенных оперативной заявкой.

7.1.30 Получив разрешение, оперативный дежурный по указанию вышестоящего оперативного персонала готовит место работ, при этом:

- выполняет необходимые отключения и включения первичного оборудования;
- выполняет предусмотренные инструкциями или указанные в оперативной заявке или программе операции с устройствами РЗА;
- выполняет требования правил охраны труда;
- устанавливает ограждения или шторы, закрывающие доступ к соседним действующим устройствам РЗА;
- проверяет наличие допуска к соответствующим работам у персонала РЗА;
- допускает персонал к работам.

7.1.31 7В процессе работы дежурный персонал производит по требованию работающего персонала РЗА необходимые включения и отключения полностью выведенных из работы (с отключенными разъединителями) первичных коммутационных аппаратов (выключателей, короткозамыкателей, отделителей) для различных опробований и проверок взаимодействия устройств защиты и автоматики с первичным оборудованием. Получает от вышестоящего

оперативного персонала (диспетчера) разрешение на выполнение персоналом РЗА, производящим работу. Включение и отключение первичного оборудования от устройств РЗА выполняется персоналом РЗА, производящим работу.

7.1.32 Включения и отключения полностью выведенных из работы первичных коммутационных аппаратов (выключателей, короткозамыкателей) при работах с первичными и вторичными реле прямого действия, при регулировке приводов, проверке отключающих и включающих электромагнитов, наладках автоматики и при других подобных работах могут выполняться персоналом служб РЗА самостоятельно, но с обязательным предупреждением оперативного персонала.

7.1.33 После окончания работ оперативный дежурный должен:

- ознакомиться с записями, сделанными персоналом служб РЗА в журнале по релейной защите, а при необходимости – с изменениями в аппаратуре на панелях и в шкафах устройств и правилами обслуживания замененной или добавленной аппаратуры, произвести предусмотренные инструкциями измерения или опробования, расписаться в журнале по релейной защите и сообщить вышестоящему оперативному персоналу об окончании работ и готовности устройства РЗА к вводу в работу;
- установить после получения разрешения вышестоящего оперативного персонала в необходимые положения переключающие устройства в цепях РЗА, произвести необходимые измерения, ввести устройство в работу и сообщить об этом вышестоящему оперативному персоналу;
- выполнить по распоряжению вышестоящего оперативного персонала предусмотренные инструкциями или заявкой операции с другими устройствами защиты и автоматики, вызванные проведением данной работы.

Ввод в работу любого устройства РЗА допускается только при наличии в журнале релейной защиты записи о готовности устройства к вводу в работу.

7.1.34 Перед вводом в действие нового для данного объекта электроэнергетики устройства или при включении нового объекта электроэнергетики оперативный персонал на этих объектах электроэнергетики должен:

- заранее изучить полученные от службы РЗА исполнительные структурные или принципиальные схемы и инструкции по обслуживанию данных устройств релейной защиты и автоматики;
- ознакомиться на панелях, шкафах с переключающими устройствами в цепях РЗА, под руководством персонала службы РЗА освоить операции по выполнению необходимых измерений, опробований и устранению неисправностей;
- ознакомиться с изменениями действующих инструкций по обслуживанию других устройств РЗА, вызванными вводом нового устройства.

7.1.35 Оперативное обслуживание устройств РЗА на панелях, в шкафах оперативный персонал объекта электроэнергетики может выполнять с использованием только стационарных, предназначенных для этих целей переключающих устройств: ключей, испытательных блоков, переключателей,

накладок, кнопок с самовозвратом и других подобных устройств, указанных в инструкции по обслуживанию соответствующего устройства РЗА.

Для измерений дежурный, как правило, должен пользоваться только стационарными постоянно включенными измерительными приборами, кнопками с самовозвратом или другими переключающими устройствами для кратковременных измерений с помощью встроенных в устройство РЗА приборов.

В отдельных случаях, специально оговоренных в местных инструкциях, оперативный персонал может пользоваться переносными приборами, например, измерительными клещами, вольтметрами, устройствами для отыскания места замыкания на землю и другими приборами, не требующими для их подсоединения отключения или переключения действующих проводов и жил кабелей.

Все опробования действия и проверки функционирования различных устройств РЗА оперативный дежурный должен выполнять только с помощью предназначенных для этого переключающих устройств.

Оперативный персонал не имеет права отключать и подключать концы проводов и жил кабелей, пользоваться временными перемычками, а также вскрывать реле, основные и вспомогательные аппараты устройств РЗА за исключением тех устройств, параметры настройки срабатывания которых в соответствии с инструкцией может изменять оперативный персонал.

7.1.36 Все переключающие устройства (накладки, переключатели, испытательные блоки) должны иметь пояснительную табличку, располагаемую под устройством. На этих табличках должны быть приведены обозначение устройства по принципиальной схеме и лаконичные четкие надписи, соответствующие выполняемым функциям с однозначным толкованием, например, «Н1 – ОТКЛЮЧЕНИЕ 1В», «4Н – ОПЕР. УСКОРЕНИЕ Ш ст. ТЗНП», «6Н – НАПРАВЛЕННОСТЬ ТЗНП».

Надписи, обозначающие положения переключающих устройств (накладок, ключей), должны быть также лаконичными и четкими, например, в выходных цепях РЗА: «ОТКЛЮЧЕНИЕ» («ОТКЛ»), «СИГНАЛ» («СИГН»). Ввод в работу устройств РЗА с действием на отключение, как правило, должен выполняться переводом, например, соответствующей накладки (поворотом ключа) вправо (в положение с надписью «ОТКЛЮЧЕНИЕ»).

Некоторые переключающие элементы имеют и третье, среднее положение, назначение и обозначение которого может быть различным и поясняется в инструкции по эксплуатации устройства РЗА. В ряде случаев при переводе устройства в положение «СИГНАЛ» выходная цепь защиты действует на сигнальную лампу или указательное реле, например, у газовой защиты трансформаторов. Свечение сигнальной лампы или срабатывание указательного реле указывает, что устройство сработало и переводить его в положение «ОТКЛЮЧЕНИЕ» нельзя.

В некоторых случаях ввод в работу и вывод из работы устройств РЗА выполняются ключами и переключателями на несколько положений. Положения этих устройств должны также иметь маркировку, например, цифровую, а операции с ними для различных режимов должны быть указаны в инструкциях по

оперативному обслуживанию конкретных устройств РЗА.

Переключающие устройства, которыми разрешено пользоваться оперативному персоналу, относятся к числу оперативных и должны иметь отличительную маркировку, например, цветную. Остальные переключающие устройства относятся к числу неоперативных.

Рабочие положения оперативных переключающих элементов должны иметь специальную цветную маркировку.

Крышки испытательных блоков со снятыми контактными перемычками (холостые) должны иметь специальную окраску или надпись «ХОЛОСТАЯ».

7.1.37 Устройства РЗА, не имеющие в выходных цепях переключающих устройств, и цепи, соединяющие разные устройства РЗА также без переключающих устройств, могут вводиться в работу и выводиться из работы только персоналом РЗА под контролем оперативного персонала.

7.2 Требования к оперативному обслуживанию при срабатывании или неисправности в системе РЗА

7.2.1 Устранение некоторых неисправностей или отклонений от заданного режима входит в непосредственные обязанности оперативного персонала. Большинство неисправностей может устраняться только персоналом РЗА, поэтому оперативный персонал при обнаружении неисправностей в устройствах РЗА должен немедленно сообщить вышестоящему оперативному дежурному, в ведении или управлении которого находится данное устройство, и далее действовать по его указаниям или выполнять мероприятия, предусмотренные инструкциями для данного случая с последующим уведомлением о выполнении и записью в журнале дефектов. Обо всех неисправностях оперативный персонал также сообщает в службу РЗА.

Неисправности устройств РЗА, устранение которых возлагается на оперативный персонал, и способы их устранения указаны в соответствующих инструкциях по обслуживанию этих устройств. Поэтому далее даются лишь общие указания по устранению неисправностей в цепях РЗА.

7.2.2 При перегорании предохранителей или отключении автоматических выключателей в цепях трансформаторов напряжения или питания устройств РЗА оперативным током оперативный персонал должен немедленно включить отключившийся выключатель или заменить плавкие вставки предохранителей. При повторном отключении автоматического выключателя или перегорании плавких вставок предохранителей дежурный должен сообщить об этом диспетчеру и действовать далее по его распоряжению или (при отсутствии связи) в соответствии с инструкцией.

7.2.3 При повторном отключении автоматического выключателя или перегорании вставок в цепи питания только одной из нескольких релейных защит одного элемента сети оперативный персонал должен выполнить мероприятия, предусмотренные для случая вывода из работы этой защиты.

7.2.4 Обрыв цепи отключения выключателя или другого коммутационного аппарата элемента сети, что обнаруживается по имеющейся сигнализации, равносилен выводу из работы всех устройств РЗА данного элемента сети.

В этом случае оперативный персонал должен выполнить мероприятия, предусмотренные для элемента сети, полностью лишившегося релейной защиты.

7.2.5 Повреждение индивидуальных блоков питания, зарядных устройств конденсаторов и самих конденсаторов в цепи отключения выключателя, отделителя, короткозамыкателя равносильно выводу из работы всех устройств РЗА, питающихся от этих блоков источников питания. В этом случае оперативный персонал должен действовать по п. 5.4.

7.2.6 При повреждении выпрямителей, питающих цепи включения электромагнитных приводов должны быть выведены цепи действия всех устройств на автоматическое включение выключателей, лишившихся питания. Повреждения эти обнаруживаются по уменьшению показаний вольтметра, измеряющего выпрямленное напряжение, и внешним осмотром выпрямителей. Устранение повреждений выполняется ремонтным персоналом.

7.2.7 При появлении замыкания на землю в цепях оперативного постоянного или переменного тока оперативный персонал должен по разрешению диспетчера и пользуясь указаниями местной инструкции определить место повреждения и немедленно принять меры к устранению неисправности. До устранения неисправности производство работ в этой сети без снятия напряжения, за исключением поиска места повреждения, не допускается.

7.2.8 Некоторые устройства РЗА имеют индивидуальный контроль наличия на них оперативного напряжения и напряжения от трансформаторов напряжения (измерительные приборы, сигнальные лампы, светодиоды). Если эти контрольные устройства показывают отсутствие напряжения, то дежурный должен немедленно проверить положение автоматических выключателей и исправность предохранителей в цепях, питающих эти устройства, при необходимости включить автоматический выключатель или заменить предохранитель или его вставки. Если нормальное питание не восстановится, хотя предохранители и автоматические выключатели исправны, по указанию диспетчера следует выполнить предписания инструкции по обслуживанию данного устройства.

7.2.9 Ответственность за исправность предохранителей в цепях устройств РЗА и соответствие их номинального тока заданному току несет оперативный персонал.

7.2.10 При срабатывании устройств РЗА действует различная световая и звуковая сигнализация на щите управления, панелях, шкафах и отдельных устройствах РЗА, вызывная сигнализация на дому.

В таких случаях оперативный персонал должен:

- выполнить предусмотренные местной инструкцией операции с сигнализацией (отключить звуковой сигнал, включить сигнализацию положения выключателей);

- определить по выпадению флажков указательных реле, по световой или светодиодной сигнализации, по загоранию ламп или табло с соответствующей надписью и внешним осмотром, что произошло: отключение или включение первичного оборудования с успешным или неуспешным АПВ (АВР), работа релейной защиты и какой ступени на отключение или сигнал (например, газовой защиты или защиты от перегрузки), замыкание на землю в сети с изолированной

нейтралью, повреждение различных устройств на данном объекте электроэнергетики (например, замыкание на землю в цепях оперативного тока, перегорание предохранителей), затем произвести запись в оперативном журнале и сообщить вышестоящему оперативному персоналу;

- квитировать ключи управления изменивших свое положение коммутационных аппаратов, спустя время, достаточное для срабатывания устройства АПВ (АВР);

- осмотреть все устройства защиты и автоматики и отметить на панели или кожухах все сработавшие указательные реле, световые и светодиодные сигналы мелом или другим способом (например, с помощью флажков-индикаторов, на специальных бланках); произвести запись в оперативный журнал о сработавших указательных реле и «горящих» светодиодах;

- осмотреть, при их наличии, счетчики срабатываний АПВ и АВР и записать изменения их показаний в оперативном журнале;

- осмотреть самопишущие приборы, приборы ОМП, регистраторы аварийных процессов (в том числе осциллографы) и записать в оперативный журнал результаты осмотра; выполнить операции, предусмотренные инструкцией по обслуживанию приборов ОМП;

- завести пружины или грузы приводов, не имеющих самозавода;

- сообщить о результатах осмотров и записях в оперативном журнале вышестоящему оперативному персоналу и с его разрешения возвратить в исходное состояние указательные реле и светодиодную сигнализацию. Снимать временные отметки о срабатывании указательных реле и светодиодов следует только после окончания анализа работы устройств РЗА; при ликвидации аварии возврат в исходное состояние устройств сигнализации производится непосредственно после отметки сработавших сигнальных устройств;

- проверить перед включением отключившегося элемента сети, что возвращены в исходное состояние все флажки указательных реле и квитированы все световые и светодиодные сигналы, появившиеся при первом отключении. При повторном срабатывании устройств РЗА в момент оперативного включения ранее отключившегося элемента сети срабатывание указательных реле отмечается способом, отличным от способа обозначения при первом отключении. Например, при первом срабатывании указательные реле отмечаются цифрой 1, при повторном – цифрой 2.

7.2.11 При срабатывании на сигнал газовой защиты трансформаторов (реакторов), сигнализации о замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью, сигнализации о перегрузке оборудования и о различных повреждениях устройств РЗА действовать по соответствующим инструкциям и указаниям вышестоящего оперативного персонала.

7.2.12 После окончания всех операций повторно убедиться, что подняты флажки указательных реле, возвращена в исходное положение световая и светодиодная сигнализация, установлены в надлежащее положение все переключающие устройства в цепях РЗА в соответствии с действительной схемой первичных соединений, привести в нормальное состояние центральную

сигнализацию и сообщить вышестоящему оперативному персоналу и в службу РЗА.

7.2.13 После окончания анализа действия устройств РЗА снять временные отметки о срабатывании указательных реле, световой и светодиодной сигнализации.

8 Обслуживание устройств релейной защиты и автоматики персоналом объекта электроэнергетики (сетевой или подрядной организации)

8.1 Общие требования к производству работ

8.1.1 Требования настоящей главы обязательны для персонала, занимающегося техническим обслуживанием устройств РЗА, их профилактикой и ремонтом. К этому персоналу относятся работники служб релейной защиты и автоматики объектов электроэнергетики, а также работники наладочных (ремонтных) организаций и фирм, имеющих договорные отношения с данным энергообъектом на проведение работ по обслуживанию устройств РЗА.

Требования настоящей главы также распространяются на персонал специализированных организаций и фирм, проводящий работы по монтажу и наладке новых устройств РЗА объекта электроэнергетики. При этом ряд работ, проводимых согласно положениям настоящего Стандарта, должен выполняться совместно с местным персоналом, обслуживающим устройства РЗА, на которых проводятся работы. К таким работам, в частности, относятся подача оперативной заявки, инструктаж оперативного персонала, подготовительные операции при допуске к работам в действующих цепях, проверка взаимодействия и подключение вводимых устройств РЗА к действующим.

Персонал посторонних наладочных и монтажных организаций к работам на действующих устройствах РЗА допускается по специальному распоряжению технического руководителя предприятия.

8.1.2 Виды технического обслуживания:

- проверка при новом включении (наладка);
- первый профилактический контроль;
- профилактический контроль;
- профилактическое восстановление (ремонт);
- тестовый контроль;
- опробование;
- технический осмотр;
- внеочередная проверка;
- послеаварийная проверка.

Примечание – Если проверка при новом включении производится персоналом сторонней организации, то перед проверкой устройств РЗА рабочим током и напряжением производится их приемка в эксплуатацию.

8.1.3 На все работы по техническому обслуживанию и испытаниям устройств РЗА действующих электроустановок оформляются оперативные заявки.

8.1.4 Монтажно-наладочные работы на новых устройствах РЗА, расположенных в непосредственной близости к действующим устройствам, могут выполняться без заявок при условии, что новые устройства РЗА полностью отключены от действующих вспомогательных цепей, и сам характер работ не может повлечь за собой неправильные действия устройств РЗА.

Производство монтажных и других видов работ, могущих вызвать отключение основного оборудования, или неправильные действия устройств РЗА, должно оформляться заявками на вывод соответствующих устройств или при необходимости на отключение первичного оборудования.

Ввод в действие новых устройств РЗА при необходимости их подключения к действующим цепям должен оформляться заявкой, в которой должны быть предусмотрены необходимые операции с другими устройствами РЗА, находящимися в действии, и содержаться указания, необходимые для ввода нового устройства РЗА.

Ввод в работу новых устройств РЗА на действующем оборудовании должен оформляться соответствующими заявками. Допускается оформление одной заявкой ввода нескольких устройств РЗА с указанием очередности ввода каждого устройства.

Ввод в работу нового устройства РЗА может быть совмещен с работами по подключению этого устройства РЗА к действующим вспомогательным цепям, его проверкой под нагрузкой и на ВЧ канале. В этом случае в заявке должны быть указаны основные этапы работы и необходимые мероприятия, проводимые на действующих устройствах РЗА на каждом этапе работы.

При вводе в работу нового оборудования отдельных заявок на ввод в действие устройств РЗА этого оборудования не требуется. Операции с новыми устройствами РЗА включаются в общую программу по включению нового оборудования. При этом срок производства работ определяется сроком действия общей заявки на производство работ по данной программе. После включения оборудования под нагрузку и истечения срока действия заявки на работу по программе дальнейшее производство работ по вводу новых устройств РЗА должно оформляться отдельными заявками.

8.1.5 Производство работ в цепях устройств РЗА, требующих отключения первичного оборудования, должно оформляться как заявка на вывод оборудования в ремонт. В заявке должны быть оговорены объем и порядок переключений при отключении оборудования (переключения по программам типовых операций, отключений выключателей без разборки их схемы).

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

8.1.7 Заявки делятся на следующие виды:

- плановые – подаются на работы, выполняемые в соответствии с утвержденными графиками технического обслуживания устройств РЗА;
- неплановые – подаются на работы, необходимость проведения которых возникла в процессе эксплуатации, например, для изменения параметров настройки срабатывания и внесения изменений в схемы согласно указаниям

вышестоящих служб РЗА, направленных на улучшение параметров устройств РЗА;

- неотложные – подаются на работы, не являющиеся аварийными, но которые необходимо выполнить для предотвращения возможных аварийных отключений, а так же выявления;

- аварийные – подаются для работ, которые требуют устранения возникших неисправностей и восстановления работоспособности устройств РЗА.

8.1.8 Заявки подаются в ДЦ (ЦУС) в порядке и сроки, определяемые действующими Положениями о порядке подачи прохождения и проработки оперативных заявок на производство работ, разрабатываемых субъектами оперативно-диспетчерского управления и сетевыми организациями.

8.1.9 На работы в устройствах РЗА, которые находятся в оперативном ведении и управлении только дежурного объекта электроэнергетики, оперативного персонала сетевой организации, оформляется местная заявка. Порядок оформления и подачи местной заявки определяется техническим руководством объекта электроэнергетики и сетевой организации.

8.1.10 В отдельных, не терпящих отлагательства, случаях оперативные заявки на неотложные или аварийные работы могут подаваться в любое время суток непосредственно диспетчеру, в диспетчерском управлении или ведении которого находится устройство РЗА, на котором необходимо провести работы. Диспетчер имеет право разрешить заявку лишь в пределах своей смены. Разрешение на более длительный срок должно быть дано главным диспетчером субъекта оперативно-диспетчерского управления соответствующего ДЦ.

8.1.11 Оперативная заявка на работы в устройствах РЗА и во вспомогательных цепях подготавливается персоналом РЗА.

8.1.12 Заявка должна быть проработана специалистами соответствующей организации, при ее составлении должны быть предусмотрены следующие меры:

- обеспечение полноценной защиты оборудования и линий электропередачи другими устройствами РЗА от всех видов повреждений, удовлетворяющих требованиям быстродействия, чувствительности и, по возможности, селективности. Если это условие не выполняется, должна быть осуществлена временная быстродействующая защита или введено оперативное ускорение резервных защит или присоединение должно быть отключено.

- предотвращение возможности ошибочного отключения работающего оборудования и линий электропередачи при проведении работы.

- исключение нарушения режима работы и обеспечение резервного питания потребителей или проведение других мероприятий при ошибочном отключении присоединения в связи с проводимыми работами по заявке.

- обеспечение режима работы электрооборудования и линий электропередачи, необходимого для проверки устройства РЗА токами нагрузки. Для этого следует предварительно по предполагаемым значениям перетоков активной и реактивной мощности определить ориентировочные значения и фазы вторичных токов и поведение проверяемого устройства РЗА.

8.1.13 В содержании подготовленной заявки должны быть указаны:

- операции с устройствами РЗА в процессе выполнения работ. Если имеется программа или специальное указание на проведение работы, прикладываемые к заявке, то порядок операции с устройствами РЗА в заявке не указывается, а дается лишь ссылка на эту программу или указание на их номер и дату. При их отсутствии в заявке должен быть приведен перечень мер, предотвращающих непредусмотренные воздействия на оборудование (как работающее, так и выведенное в ремонт) и на цепи других устройств РЗА;
- время аварийной готовности ввода устройств РЗА в работу. Если при проведении работ по заявке могут возникнуть непредусмотренные нарушения быстродействия, чувствительности (в том числе резервирования смежных участков), селективности или снижение надежности работы, а также опасность ошибочного отключения, то все это должно оговариваться в заявке.

8.1.14 Производитель работ в устройствах РЗА действующих электроустановок должен назначаться из числа персонала РЗА, обученного и допущенного к самостоятельным проверкам соответствующих устройств, а также из числа соответствующего персонала специализированных организаций, проводящих работы по ремонту, профилактике или наладке устройств РЗА объектов электроэнергетики.

Персонал, не имеющий допуска к самостоятельному обслуживанию какого-либо устройства РЗА, может производить работы на выведенном из работы устройстве в составе бригады, в которой производитель работ имеет допуск к самостоятельной проверке устройства РЗА.

8.1.15 Производителя работ и членов бригады, производящих работы на устройствах РЗА по разрешенной заявке, запрещается отвлекать на другие работы, не связанные с выполнением работы по заявке до окончания этой работы. Исключение допускается только для выполнения работ по ликвидации аварий, пожаров и стихийных явлений.

8.1.16 Включения и отключения, находящихся под напряжением первичных коммутационных аппаратов, требующиеся по условиям производства работы, выполняются оперативным персоналом. Включения и отключения, не находящихся под напряжением первичных коммутационных аппаратов, могут выполняться персоналом, производящим эти работы.

8.2 Подготовка к работе

8.2.1 К любым работам по разрешенной заявке и оформленным в соответствии с [1] нарядами или распоряжениями можно приступать только по разрешению диспетчера субъекта оперативно-диспетчерского управления, в диспетчерском ведении которого находится данное устройство РЗА. Разрешение должно быть получено непосредственно перед началом работ. Перед обращением за его получением оперативный персонал (перед выдачей такого разрешения) и диспетчер должны проверить, не возникли ли какие-либо причины, препятствующие проведению работ в сроки и на условиях, указанных в разрешенной заявке.

8.2.2 До начала допуска для работы по заявке персонал РЗА, допускаемый к работе, обязан:

- подготовить необходимую для проведения работы документацию на устройство РЗА: паспорта-протоколы, принципиальные и монтажные схемы, рабочие программы вывода в проверку и ввода в работу сложных устройств РЗА, необходимые технические описания и инструкции по эксплуатации, методические указания по настройке или инструкции по техническому обслуживанию, и, в случае необходимости, письма и пояснительные записки по значениям параметров настройки срабатывания.

- при проверке устройств РЗА, не входящих в перечень групп устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы, нужно записать в документацию маркировку цепей, которые должны быть отключены при выводе устройств РЗА из работы, с указанием номеров клемм на рядах зажимов, выводов аппаратов, реле. Для этой цели удобно составлять таблицы, в которых отмечаются все выполняемые в цепях устройств РЗА операции, как при выводе их из работы, так и при вводе в работу;

- подготовить необходимые приборы, испытательную аппаратуру и все необходимое для сборки схемы и проведения ТО устройств РЗА;

- подготовить необходимый инструмент и приспособления для удобного и безопасного проведения работ, в частности, подставки для обслуживания верхней части панелей;

- обеспечить достаточную по нормативам освещенность рабочего места.

8.2.3 Подготовка к проведению работы по заявке на устройствах РЗА производится оперативным персоналом в части переключающих устройств, которыми ему разрешено выполнять операции (испытательные блоки, накладки, переключатели, автоматические выключатели и т.п.), и персоналом РЗА объекта электроэнергетики, допускаемым к производству работы, в части отсоединения цепей, аппаратов, реле.

8.2.4 После получения разрешения диспетчера на подготовку рабочего места и на допуск к работе по заявке оперативный персонал объекта электроэнергетики должен:

- выполнить необходимые отключения и включения первичного оборудования (при этих операциях присутствие персонала, допускаемого к работе, не является обязательным).

- отключить (вывести из работы) для проведения работы отключающими устройствами (накладками, ключами, предохранителями, испытательными блоками) устройства РЗА, указанные в заявке. Подразумеваются отключающие устройства, которыми имеет право оперировать оперативный персонал. Перед работами на устройствах РЗА, состоящих из нескольких полукомплектов, расположенных на разных объектах электроэнергетики, эти устройства должны быть выведены на всех объектах электроэнергетики.

- закрыть изолирующими шторками или оградить панели устройств РЗА (или их отдельные части), находящиеся рядом с теми, на которых будут проводиться работы по заявке. Панели должны закрываться как с лицевой, так и с задней сторон. Там, где отсутствует техническая возможность выполнить закрытие части остающихся в работе устройств РЗА шторками или ограждениями, допускается это требование не выполнять, но работы производить

с особой тщательностью и повышенной осторожностью. Для ограждения остающихся в работе устройств РЗА следует, по возможности, привлекать производителя работ по заявке, поскольку это повышает надежность данного мероприятия.

- выполнить все мероприятия в соответствии с требованиями [1].
- провести целевой инструктаж бригады, которая будет производить работы, в том числе производителя работы по заявке, обязательно указав, какое время отведено при разрешении заявки на выполнение работы и какие дополнительные условия и ограничения должны выполняться при этом.
- произвести допуск к работе бригады в соответствии с нарядом или распоряжением на проведение работы по заявке.

В случае совмещения производителем работ обязанностей допускающего, выполнение всех мероприятий перечисленных в настоящем пункте, кроме первого, возлагается на производителя работ.

8.2.5 Во время допуска руководитель (если он назначен) и производитель работ должны выяснить у допускающего, какие меры приняты при подготовке рабочих мест и лично проверить (в пределах рабочих мест):

- соответствие первичной схемы соединений условиям производства работ по положению коммутационной аппаратуры;

Примечания:

1 При допуске к работе в открытых и закрытых распределительных устройствах коммутационная аппаратура должна быть осмотрена на месте.

2 При проведении работы в релейных залах и на щитах управления проверка первичной схемы соединений производится по положению сигнальных устройств, свечению сигнальных ламп, показаниям измерительных приборов, отображениям на мониторе автоматизированного рабочего места дежурного персонала (при наличии АСУ ТП).

- правильны ли положения отключающих устройств в цепях РЗА, которыми оперировал оперативный персонал. Положение отключающих устройств должно соответствовать условиям разрешенной заявки. Обязательный контроль со стороны персонала РЗА не снимает полноты ответственности оперативного персонала за правильность положения отключающих устройств, которыми ему разрешено выполнять операции;
- выполнены ли все остальные требования разрешенной заявки к проведению данной работы;
- достаточны ли ограждения места работы, соседних панелей, рядов зажимов и остающейся в работе аппаратуры.

В случае совмещения производителем работ обязанностей допускающего выполнение этих требований возлагается на производителя работ.

8.2.6 После допуска к работе оперативным персоналом производитель работы из персонала РЗА должен приступить к подготовительным работам перед проверками устройств РЗА, т.е. к отключению выведенного устройства РЗА по всем цепям для проведения работы по заявке. При этом, а также в процессе проведения работы производителю работ и членам бригады, производящим работу, запрещается без разрешения оперативного персонала выполнять какие-либо работы на любом другом действующем оборудовании, кроме того, куда был произведен допуск к работе.

Подготовка рабочего места персоналом РЗА заключается в надежном отсоединении устройств РЗА, на которых должны производиться работы по заявке. Отсоединение необходимо производить либо мостиками измерительных зажимов, либо отключением и изолированием проводников на рядах зажимов с соблюдением мер предосторожности, исключающих возможность ошибочного отключения или включения выключателей, нарушения исправности цепей вторичной коммутации (напряжения, тока, оперативного тока). Такими мерами являются:

- выполненное оперативным персоналом при подготовке рабочего места предварительное отключение устройств РЗА.

Примечание – При необходимости производитель работ выполняет дополнительные отключения устройствами, не находящимися в управлении оперативного персонала (крышками испытательных блоков, ключами, предохранителями).

- применение специального изолирующего инструмента.
- контроль вторым лицом, входящим в состав бригады, за правильностью отсоединения цепей по рабочим программам или предварительно составленным таблицам для устройств, по которым рабочие программы не требуются.

8.2.7 При выводе из работы устройств РЗА для производства работ на них рекомендуется следующая очередность отсоединения цепей (такой же порядок должен быть отражен и в предварительно составленной рабочей программе или таблице):

- размыкают (путем отсоединения) выходные цепи, через которые может произойти непосредственное отключение и включение выключателей, отделителей, короткозамыкателей, АГП, посадка стопорных клапанов турбины, другие непредусмотренные воздействия, изменяющие режимы работы энергетического оборудования, а также те цепи, через которые указанные воздействия могут произойти косвенно (цепи УРОВ, АПВ, устройства телеотключения, противоаварийной автоматики, пожаротушения). Указанные цепи должны быть отсоединены либо мостиками измерительных зажимов, либо отключением проводников при отсутствии или ненадежности измерительных зажимов, в последнем случае отсоединяемые проводники должны быть надежно изолированы;
- отключают цепи оперативного напряжения автоматическими выключателями или предохранителями;
- отсоединяют цепи тока отключаемого устройства без размыкания цепей устройств, остающихся в работе. На время переключений в указанных цепях, если подключенные к ним другие устройства РЗА, остающиеся в работе, могут работать ложно от несимметрии, и это оговорено в программе (заявке), они должны быть временно выведены оперативным персоналом. Перед их обратным вводом в работу персоналу РЗА объекта электроэнергетики под наблюдением оперативного персонала следует проверить исправность цепей тока, остающихся в работе устройств РЗА.

Устройства РЗА, которые соединены по цепям тока с отключаемым устройством РЗА внутри панели и не могут быть отсоединены от него с помощью испытательных блоков или на рядах зажимов, должны быть выведены

отключающими устройствами на все время работы. Действующие цепи этих устройств (отключения, включения, напряжения, оперативного тока) должны быть, по возможности, закрыты изолирующими шторками;

- отключают и изолируют цепи напряжения. Оперативный персонал объекта электроэнергетики должен быть предупрежден о производимых отключениях цепей напряжения для принятия мер в случае возможного короткого замыкания в этих цепях и необходимости быстрого включения автоматических выключателей или замены предохранителей. На устройствах РЗА без надежного отключения на мостиках измерительных зажимов, а при их ненадежности или отсутствии – без отсоединения и изолирования действующих цепей напряжения не должны производиться какие-либо работы, за исключением работ по проверке срабатывания рабочим током и напряжением и работ по измерению напряжения.

- отсоединяют остальные цепи, связывающие проверяемые устройства РЗА с другими устройствами, если это необходимо по условиям производства работ. К таким цепям относятся: цепи сигнализации, пуска осциллографов и фиксирующих приборов, связи с АСУ, цепи других устройств РЗА, воздействующих на проверяемое устройство.

8.2.8 В рабочей программе вывода в проверку устройств РЗА, а при их отсутствии в документации на панель (шкаф, устройство РЗА) должны делаться отметки обо всех произведенных отсоединениях цепей.

8.2.9 При невозможности выполнения мероприятий, указанных в 8.2.7, работа на устройствах РЗА должна производиться либо при отключенных аппаратах, на которые может подействовать устройство РЗА, либо по заявке, в которой предусматриваются возможность ошибочного отключения (включения) выключателей и мероприятия для их быстрого обратного включения.

8.3 Подготовка устройств РЗА к вводу в работу

8.3.1 После окончания проверки устройства РЗА от посторонних источников тока производится их проверка (током нагрузки и рабочим напряжением) методами, указанными ниже, а также в методических указаниях по проверкам отдельных устройств РЗА. Эту проверку целесообразно совместить с приемкой, если работа выполнялась наладочной организацией.

Для такой проверки в устройство РЗА подается переменный ток от трансформаторов тока и напряжение от трансформаторов напряжения, а также напряжение оперативного постоянного тока в случаях, когда оно необходимо для питания измерительных органов или индикации их срабатывания.

При работах в цепях тока (в том числе при проверке устройства током нагрузки) должны быть выведены из работы устройства РЗА, указанные в 8.2.7, в).

Все переключения в цепях тока и напряжения при проверках рабочим током и напряжением должны производиться с особой осторожностью, чтобы не устроить КЗ в цепях напряжения или не раскоротить цепи тока.

Анализ поведения устройств РЗА при проверке рабочим током и напряжением должен производиться согласно инструкциям и методическим

указаниям по проверке отдельных устройств РЗА сразу же после снятия векторных диаграмм и проведения необходимых имитаций.

8.3.2 По окончании проверки рабочим током и напряжением производится соединение всех цепей, отсоединенных ранее, кроме цепей, которые уже были подсоединены для проверки устройства рабочим током и напряжением.

Обо всех соединениях делается отметка в рабочей программе или в иной документации на панель (шкаф, устройство РЗА) против отметки, выполнявшейся при отсоединении. Такой порядок обеспечивает соединение всех отсоединявшихся ранее цепей.

По окончании соединения цепей измеряются напряжения от трансформатора напряжения на устройстве РЗА во всех цепях, на которых производились работы, токи в фазном и нулевом проводах цепей тока. После проверки рабочим током и напряжением производить какие-либо работы в токовых цепях, цепях напряжения и измерительных органах устройства РЗА не допускается.

8.3.3 При работах на устройствах РЗА действующего электрооборудования, соединение всех цепей, отсоединенных ранее, рекомендуется подключать в следующем порядке:

- цепи напряжения.
- цепи тока. При этом должны быть выведены из работы все остальные подключенные к этим цепям тока и остававшиеся ранее в работе устройства РЗА, которые могут работать ложно от несимметрии токов. Обратное включение в работу этих устройств РЗА производится после окончания проверки током нагрузки и рабочим напряжением проверяемого устройства и проверки обтекания цепи тока остальных устройств током нагрузки. Перед проверкой током нагрузки и рабочим напряжением при необходимости к устройствам РЗА подключаются цепи оперативного напряжения. После этого производится проверка током нагрузки и рабочим напряжением проверяемого и всех других устройств РЗА, подключенных к общим с ним цепям тока.
- цепи напряжения оперативного постоянного тока, если это не сделано в предыдущем пункте. При этом проверяются положения реле на панели или показания на дисплее микропроцессорного терминала. Если положение реле или отображение на дисплее правильное, работа выполняется дальше.
- цепи сигнализации.
- цепи связей данного устройства РЗА с другими устройствами и АСУ ТП.
- цепи отключения и включения коммутационных аппаратов.

8.3.4 На подготовленном к включению в работу устройстве РЗА запрещается даже на короткий срок оставлять разрывы в каких-либо цепях на мостиках измерительных зажимов за исключением случаев, когда эти разрывы предусмотрены схемой устройства для установления определенного режима работы. При необходимости оставить какую-либо цепь временно разомкнутой следует выполнить ее разрыв вне рядов зажимов, например, размыканием накладки или снятием крышки испытательного блока.

8.3.5 После полного окончания всех работ необходимо проверить отсутствие «плюса» оперативного напряжения на отключающих устройствах

(накладках, ключах) в цепях отключения и включения коммутационных аппаратов, связей устройств РЗА с другими устройствами.

8.3.6 После присоединения связей с другими устройствами РЗА, отключающих цепей и их опробования на устройстве РЗА не должны выполняться какие бы то ни было работы, за исключением оперативного обслуживания.

9 Требования, обеспечивающие безопасность оперативного и технического обслуживания устройств релейной защиты и автоматики

9.1 Общие требования

9.1.1 Работы по техническому обслуживанию устройств РЗА и вспомогательных цепей в действующих электроустановках производятся по нарядам или распоряжениям в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Работы повышенной опасности, выполняемые на выделенном участке вне действующих электроустановок, также должны выполняться по наряду.

9.1.2 Каждый работник, принимающий непосредственное участие в работах, обязан пройти медицинское освидетельствование и проверку знаний правил техники безопасности (получить соответствующую группу по технике безопасности), получить вводный инструктаж и целевой инструктаж на рабочем месте по технике безопасности, освоить методику проведения соответствующих работ с учетом требований правил техники безопасности, при необходимости – пройти стажировку под руководством опытного работника.

9.1.3 Дистанционное включение и отключение первичных коммутационных аппаратов для опробования может производить работник, проводящий техническое обслуживание, с разрешения дежурного персонала (а в электроустановках без местного оперативного персонала – без получения такого разрешения).

9.2 Технические требования

9.2.1 При работах необходимо пользоваться специальным электротехническим инструментом с изолированными ручками; в частности, металлический стержень отверток должен быть изолирован. Изоляция должна оканчиваться на расстоянии не более 10 мм от конца жала отвертки.

9.2.2 При выполнении работ по техобслуживанию устройств РЗА следует обратить особое внимание на следующие указания:

- временные схемы, собираемые для наладки оборудования (снятие характеристик, осциллографирование и т.п.), должны выполняться на специальных столах. Запрещается применять столы с металлической рабочей поверхностью или с металлическим обрамлением. Изоляция соединительных проводников не должна быть нарушенной.

- временные питающие линии должны быть выполнены изолированным проводом (кабелем), надежно закреплены, а в местах прохода людей должны быть подняты на высоту не менее 2,5 м.

- питание временных схем для проверок и испытаний должно выполняться через автоматический выключатель с обозначением включенного и отключенного положений. Последовательно с выключателем в цепь питания устанавливается коммутационное устройство с видимым разрывом цепи (штепсельный разъем). При снятии напряжения со схемы первым выключается выключатель, а затем штепсельный разъем.

- сборку временных схем для электрических испытаний, переключение проводов в схеме, перестановку приборов и аппаратов в ней запрещается производить без снятия напряжения и создания видимого разрыва питающей сети.

- при перерывах и окончании работ по техническому обслуживанию персонал, производивший работы, должен отключить линию временного питания с созданием видимого разрыва.

- металлические корпуса переносных приборов, аппаратов должны быть заземлены (заземлены и занулены).

- при использовании в работе комплектных испытательных устройств должны быть предусмотрены меры, предотвращающие доступ к выводам, находящимся под напряжением. При подключении испытательного устройства к цепям, которые могут быть заземлены (цепи тока, напряжения), необходимо убедиться в отсутствии гальванической связи между входными и выходными зажимами устройства. При наличии такой связи следует временно отключать заземления. Во всех случаях необходимо тщательно ознакомиться с правилами безопасности при пользовании испытательным устройством.

- рабочее место должно быть удобным и достаточно освещенным.

- при производстве работ следует строго следить, чтобы левая и правая руки не прикасались одновременно к элементам или точкам схемы, находящимся под напряжением 36 В и более, и заземленным предметам и аппаратам (заземленным корпусам панелей, приборов, стендов, батареям центрального отопления и др.).

- при наличии в схемах устройств РЗА конденсаторов в случае необходимости работы в этих цепях конденсаторы должны быть разряжены.

- измерения следует производить сухими руками в одежде с опущенными рукавами, кольца и металлические браслеты должны быть сняты.

- работы в цепях и устройствах РЗА должны производиться по исполнительным схемам. Работа без схем, по памяти, запрещается.

9.2.3 Перед подачей оперативного напряжения для наладки и опробования схем коммутационных аппаратов, управление которыми производится из нескольких мест, должна быть устранена возможность управления ими с других мест:

- отключены цепи;

- вывешены плакаты «Не включать, работают люди» или «Не открывать, работают люди».

При работах в цепях вторичных обмоток трансформаторов напряжения с подачей напряжения от постороннего источника отключаются автоматические

выключатели и рубильники, установленные в цепях вторичных обмоток трансформаторов напряжения, во избежание обратной трансформации на сторону высокого напряжения.

9.2.4 При работах в цепях вторичных обмоток трансформаторов тока и трансформаторов напряжения следует учитывать следующее:

- все вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения должны иметь постоянное заземление.

- запрещается снимать заземление вторичных обмоток трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, если они находятся под рабочим напряжением. Запрещается снимать заземление металлических корпусов устройств РЗА, находящихся в работе.

- при необходимости переключений в цепях вторичных обмоток трансформаторов тока при протекании тока через его первичную обмотку вторичная обмотка должна быть предварительно закорочена на специальных выводах или на контрольных штекерах испытательных блоков. Переключения должны производиться с диэлектрического коврика. Откручивание винтов, крепящих провода, следует производить медленно, одной рукой, не касаясь другой рукой ни вторичной коммутации, ни корпуса панели, при появлении малейшего искрения, треска винт следует немедленно закрутить обратно и еще раз тщательно проверить подготовительную схему. При раскорачивании токовых цепей измерительных трансформаторов тока должны быть немедленно прекращены все работы в устройствах РЗА и в аварийном порядке отключены коммутационные аппараты в цепях первичных обмоток этих трансформаторов тока.

- при проверке полярности обмоток трансформаторов тока импульсами постоянного тока измерительный прибор должен быть предварительно надежно присоединен к выводам вторичной обмотки, только после этого в первичную обмотку можно подавать импульс тока.

- вторичные токовые цепи измерений и защиты должны подсоединяться к выводам вторичных обмоток трансформаторов тока только после полного окончания монтажа всех цепей.

9.2.5 При выполнении работ в цепях статора вращающегося невозбужденного генератора (измерение значения остаточного напряжения, чередования фаз и т.п.) принять меры по блокированию включения АГП, предварительно проверить отсутствие большого значения напряжения на вторичной обмотке измерительного трансформатора напряжения. Работы следует производить в диэлектрических перчатках или диэлектрических галошах.

9.2.6 Настройка, проверка и измерение фильтров присоединения высокочастотной части дифференциально-фазных защит, устройств ВЧТО, АНКА, отборов напряжения разрешается на действующем высокочастотном канале.

При этом нижняя обкладка конденсатора связи должна быть заземлена по нормальной схеме через линейную катушку фильтра присоединения или заземляющий дроссель с разрядником, включенным между нижней обкладкой конденсатора связи и землей.

Подключать и отключать приборы в цепи между конденсатором связи и фильтром присоединения и в шкафу отбора напряжения разрешается только при наглухо заземленной с помощью заземляющего ножа обкладки конденсатора связи.

Приложение А
(обязательное)
Испытания релейной защиты и электроавтоматики

А.1 Общие положения

Настоящими приложением следует руководствоваться при вводе электрооборудования и устройств РЗА в работу и в процессе его эксплуатации. Наряду с настоящим приложением следует руководствоваться действующими нормативными документами и стандартами, а также инструкциями заводов-изготовителей электрооборудования, если они не противоречат требованиям настоящего стандарта.

Периодичность межремонтного контроля электрооборудования, если она не указана в настоящем стандарте, устанавливает технический руководитель предприятия электроэнергетики с учетом условий и опыта эксплуатации, технического состояния и срока службы электрооборудования.

В настоящем приложении приведен перечень испытаний и предельно допустимые значения контролируемых параметров. Техническое состояние электрооборудования определяется не только путем сравнения результатов конкретных испытаний с нормируемыми значениями, но и по совокупности результатов всех проведенных испытаний, осмотров и данных эксплуатации. Значения, полученные при испытаниях, во всех случаях должны быть сопоставлены с результатами измерений на других фазах электрооборудования и на однотипном оборудовании. Однако главным является сопоставление измеренных при испытаниях значений параметров электрооборудования с их исходными значениями и оценка имеющих место различий по указанным в Нормах допустимым изменениям. Выход значений параметров за установленные границы (предельные значения) следует рассматривать как признак наличия дефектов, которые могут привести к отказу оборудования.

В качестве исходных значений контролируемых параметров при вводе в эксплуатацию нового электрооборудования принимают значения, указанные в паспорте или протоколе заводских испытаний. При эксплуатационных испытаниях, включая испытания при выводе в капитальный ремонт, в качестве исходных принимаются значения параметров, определенные испытаниями при вводе в эксплуатацию нового электрооборудования. Качество проводимого на энергопредприятии ремонта оценивается сравнением результатов испытаний после ремонта с данными при вводе в эксплуатацию нового электрооборудования, принимаемыми в качестве исходных. После капитального или восстановительного ремонта, а также реконструкции, проведенных на специализированном ремонтном предприятии, в качестве исходных для контроля в процессе дальнейшей эксплуатации принимаются значения, полученные по окончании ремонта (реконструкции).

Контроль электрооборудования производства иностранных фирм при наличии заключения о подтверждении соответствия функциональных показателей

этого оборудования условиям эксплуатации и действующим отраслевым требованиям производится в соответствии с указаниями фирмы-поставщика.

Кроме испытаний, предусмотренных Нормами, все электрооборудование должно пройти осмотр, проверку работы механической части и другие испытания согласно инструкциям по его эксплуатации и ремонту.

Техническим руководителям предприятий электроэнергетики целесообразно обеспечить внедрение контроля состояния электрооборудования под рабочим напряжением, позволяющего выявлять дефекты на ранних стадиях их развития, привлекая при необходимости организации, аккредитованные на право проведения соответствующих испытаний.

По мере накопления опыта проведения контроля под рабочим напряжением решением технического руководителя предприятия электроэнергетики возможен переход к установлению очередных сроков ремонта электрооборудования по результатам диагностики его состояния и отказ от некоторых видов испытаний, выполняемых на отключенном электрооборудовании

Тепловизионный контроль состояния электрооборудования целесообразно производить для устройств (систем) в целом, если это позволяет их конструкция.

Оценку состояния резервного электрооборудования, а также его частей и деталей, производят в объеме, указанном в настоящем стандарте. Периодичность контроля резервного электрооборудования, а также находящегося на хранении устанавливает технический руководитель предприятия электроэнергетики исходя из условий хранения.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты обязательно для электрооборудования на напряжение до 35 кВ включительно.

При отсутствии необходимой испытательной аппаратуры переменного тока допускается испытывать электрооборудование распределительных устройств напряжением до 20 кВ повышенным выпрямленным напряжением, которое должно быть равно полуторакратному значению испытательного напряжения промышленной частоты.

В случаях выхода значений определяемых при испытаниях параметров за установленные пределы, для выявления причин этого, а также при необходимости более полной оценки состояния электрооборудования в целом и (или) его отдельных узлов, целесообразно проводить дополнительные испытания и измерения, приведенные в настоящем приложении. Кроме того, допускается применение испытаний и измерений, не предусмотренных настоящим приложением, при условии, что уровень испытательных воздействий не превысит указанных в настоящем приложении.

Устройства релейной защиты и электроавтоматики проверяют в объеме и по нормам, приведенным в соответствующих нормативных и технических документах.

Местные инструкции по эксплуатации должны быть приведены в соответствие с требованиями настоящего стандарта.

В обоснованных случаях, объемы и сроки испытаний РЗА могут быть изменены техническим руководителем предприятия электроэнергетики исходя из оценки риска, фактической надежности оборудования, производственной и

социальной значимости.

А.2 Общие сведения

Испытания электрооборудования производят с соблюдением правил техники безопасности.

Измерения изоляционных характеристик электрооборудования под рабочим напряжением допускается осуществлять при условии использования устройств, обеспечивающих безопасность работ и защиту нормально заземляемого низкопотенциального вывода контролируемого объекта от появления на нем опасного напряжения при нарушении связи с землей.

Электрические испытания электрооборудования необходимо проводить при температуре изоляции не ниже 5°С. В отдельных случаях (*например – При приемо-сдаточных испытаниях*) по решению технического руководителя предприятия электроэнергетики, измерения тангенса угла диэлектрических потерь, сопротивления изоляции и другие измерения на электрооборудовании классов напряжений до 35 кВ включительно могут проводиться при более низкой температуре. Измерения электрических характеристик изоляции, произведенные при отрицательных температурах, должны быть повторены в возможно более короткие сроки при температуре изоляции не ниже 5°С.

Сравнение характеристик изоляции производят при одной и той же температуре изоляции или близких ее значениях (расхождение - не более 5°С). Если это невозможно, должен применяться температурный перерасчет в соответствии с инструкциями по эксплуатации конкретных видов электрооборудования.

При измерении сопротивления изоляции отсчет показаний мегаомметра производится через 60 с после начала измерений. Если в соответствии с Нормами требуется определение коэффициента абсорбции ($R_{60"}/R_{15"}$), отсчет производится дважды: через 15 и 60 с после начала измерений.

Испытанию повышенным напряжением должны предшествовать осмотр и оценка состояния изоляции другими методами.

Перед проведением испытаний изоляции электрооборудования (за исключением вращающихся машин, находящихся в эксплуатации) наружная поверхность изоляции должна быть очищена от пыли и грязи, кроме тех случаев, когда испытания проводятся методом, не требующим отключения электрооборудования.

Испытание изоляции обмоток вращающихся машин, трансформаторов и реакторов повышенным приложенным напряжением частоты 50 Гц должно производиться поочередно для каждой электрически независимой цепи или параллельной ветви (в последнем случае при наличии полной изоляции между ветвями). При этом вывод испытательного устройства, который будет находиться под напряжением, соединяется с выводом испытуемой обмотки, а другой - с заземленным корпусом испытуемого электрооборудования, с которым на все время испытаний данной обмотки электрически соединяются все другие обмотки.

Обмотки, соединенные между собой наглухо и не имеющие выведенных обоих концов каждой фазы или ветви, должны испытываться относительно

корпуса без их разъединения.

При испытаниях электрооборудования повышенным напряжением промышленной частоты, а также при измерении тока и потерь ХХ силовых и измерительных трансформаторов целесообразно использовать линейное напряжение питающей сети.

Испытательное напряжение поднимают плавно, со скоростью, допускающей визуальный контроль по измерительным приборам, и, по достижении установленного значения поддерживают неизменным в течение всего времени испытания. После требуемой выдержки напряжение плавно снижают до значения не более одной трети испытательного и отключают.

Под продолжительностью испытания понимают время приложения установленного (полного) испытательного напряжения.

А.3 Аппараты, вторичные цепи и электропроводка на напряжение до 1000 В

А.3.1 Измеренные значения сопротивления изоляции должны быть не менее значений, приведенных в Таблице А.3.1.

Таблица А.3.1 – Допустимые значения сопротивления изоляции

Испытуемый элемент	Напряжение мегомметра, В	Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции, МОм
1. Шины постоянного тока на щитах управления и в распределительных устройствах (при отсоединенных цепях)	1000-2500	10
2. Вторичные цепи каждого присоединения и цепи питания приводов выключателей и разъединителей[1]	1000-2500	1
3. Цепи управления, защиты, автоматики и измерений, а также цепи возбуждения машин постоянного тока, присоединенные к силовым цепям	1000-2500	1
4. Вторичные цепи и элементы при питании от отдельного источника или через разделительный трансформатор, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже[2]	500	0,5
5. Электропроводки, в том числе осветительные сети[3]	1000	0,5
6. Распределительные устройства,[4] щиты и токопроводы	1000-2500	0,5

Примечания:

[1] Измерение производят со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, пускатели, автоматические выключатели, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. п.).

[2] Должны быть приняты меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности, микроэлектронных и полупроводниковых элементов.

[3] Сопротивление изоляции измеряют между каждым проводом и землей, а также между каждыми двумя проводами.

[4] Измеряют сопротивление изоляции каждой секции РУ.

А.3.2 Испытания повышенным напряжением промышленной частоты

Значение испытательного напряжения для цепей релейной защиты, автоматики и других вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, автоматы, магнитные пускатели, контакторы, реле, приборы

и т.п.) принимают равным 1000 В.

Примечание – При текущем ремонте допускается испытание выпрямленным напряжением 2500 В с использованием мегомметра или специальной установки.

Осветительные сети испытывают напряжением 1000 В в тех случаях, когда проводка имеет пониженный по сравнению с нормой уровень изоляции. В остальных случаях испытание производят мегомметром на напряжение 2500 В.

Продолжительность приложения испытательного напряжения составляет не менее 1 мин.

Вторичные цепи, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже, а также цепи, содержащие устройства с микроэлектронными элементами, напряжением 1000 В промышленной частоты не испытывают.

А.3.3 Действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматов должна соответствовать заводским данным и требованиям обеспечения защитных характеристик.

А.3.4 Работу контакторов и автоматов при пониженном напряжении оперативного тока проверяют в соответствии с нормами таблицы А.3.2

Таблица А.3.2 - Значение напряжения срабатывания и количество операций

Операция	Напряжение на шинах оперативного тока	Количество операций
Включение	$0{,}9U_{ном}$	5
Отключение	$0{,}8U_{ном}$	5

А.3.5 Проверка предохранителей, предохранителей-разъединителей

Плавкая вставка предохранителя должна быть калиброванной.

Контактное нажатие в разъемных контактах предохранителя-разъединителя должно соответствовать данным завода изготовителя и измеренному при приемке.

Проверку работы предохранителя-разъединителя производят выполнением пяти циклов включения-отключения.

Приложение Б
(обязательное)
Общие требования к измерениям, испытательной аппаратуре и ремонту устройств РЗА

Б.1 Производство измерений при техническом обслуживании устройств РЗА

Б.1.1 Точность измерений должна соответствовать требованиям технической документации на конкретные устройства РЗА (классу точности устройств РЗА, если он установлен для устройства) и быть не ниже данных, приведенных в таблицах.

Б.1.2 Точность измерения характеризуется как погрешностями самого измерительного прибора, так и метода измерения. Различают следующие погрешности измерительных приборов:

- абсолютную погрешность Δ, определяемую как разницу между показанием прибора $A_и$ и действительным значением измеряемой величины A:

$$\Delta = A_и - A; \quad (Б.1)$$

- относительную погрешность δ – абсолютную погрешность, выраженную в процентах от действительного значения измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta}{A} 100, \quad (Б.2)$$

на практике обычно принимают:

$$\delta = \frac{\Delta}{A_и} 100, \quad (Б.3)$$

поскольку значение абсолютной погрешности относительно значения измеряемой величины обычно невелико.

Б.1.3 Точность стрелочных измерительных приборов и преобразователей характеризуется классом точности прибора γ_{max}, который определяется как максимальная абсолютная погрешность измерения Δ_{max}, произведенного прибором в пределах рабочей части шкалы в нормальных условиях, отнесенная к верхнему пределу шкалы прибора $A_ш$:

$$\gamma_{max} = \frac{\Delta max}{A_ш} 100 \quad (Б.4)$$

Б.1.4 Под нормальными условиями понимают:

- температура окружающего воздуха 20°С;
- нормальная частота переменного тока 50 Гц;
- определенное (горизонтальное, вертикальное) положение прибора;
- отсутствие внешних электрических полей;
- другие условия, оговоренные в паспорте на измерительный прибор.

Исходя из понятия класса точности прибора, основная погрешность прибора (относительная погрешность прибора при измерении при нормальных условиях величины $A_и$) может быть подсчитана по формуле:

$$\delta_0 = \gamma_{max} \frac{A_ш}{A_и} \quad (Б.5)$$

Как следует из формулы (Б.5), 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 точности 1,0 (шкалой 10 А) тока 4 А относительная погрешность измерения составит:

$$\delta = 1{,}0 \cdot \frac{10}{4} = 2{,}5\ \%,$$

при измерениях этого же тока аналогичным прибором, но со шкалой 5 А относительная погрешность составит:

$$\delta = 1{,}0 \cdot \frac{5}{4} = 1{,}25\ \%,$$

т.е. значение близкое к классу точности прибора.

Для обеспечения указанных условий измерения в ряде случаев необходимо применять многопредельные приборы, трансформаторы тока, добавочные резисторы и шунты.

Точность цифровых измерительных приборов характеризуется непосредственно погрешностями измерения.

Абсолютная погрешность цифровых измерительных приборов задается в виде одной из формул:

$$\Delta = \pm\left(aA_и + b \cdot 10^{p-1}\right) \quad (Б.6)$$

где $A_и$ – показания прибора, соответствующие измеряемой величине;

a – относительная погрешность (часто выражается в единицах младшего разряда);

b – относительная величина;

p – показатель пределов, имеющих декадное отношение (например, для пределов 1:1, 10:1 и 100:1 показатель p равен 1, 2 и 3 соответственно),

или

$$\Delta = \pm\left(aA_и + b'A_k\right) \quad (Б.7)$$

где A_k – конечное значение установленного предела измерения;

b' – относительная величина (произведение $(b' \cdot A_k)$ соответствует значению абсолютной погрешности).

Дополнительные (относительные) погрешности измерительных приборов, вызываются отличием условий проведения измерений от нормальных и применением дополнительной аппаратуры:

а) δ_t – погрешность от изменения температуры окружающего воздуха от нормальных значений до любой температуры в пределах рабочих температур. Область рабочих температур и предельное значение этой погрешности для различных групп измерительных приборов на каждые 10°С изменения температуры приведены в таблице Б.1.1.

Таблица Б.1.1 – Значение влияющей величины для различных групп в долях от класса точности прибора

Влияющая величина	1	2	3	4	5	6	7
Область рабочих температур окружающего воздуха, °С Нижнее значение	10	10	5	-10	-30	-50	-30
Верхнее значение	25	35	40	40	50	60	70
Предельное значение δ_t для амперметров, вольтметров, ваттметров	-	1	1	1	0,8	0,6* 0,5**	0,5* 0,5**
То же для фазометров	-	1	1	1	0,8	0,5	0,5
То же для частотомеров							
Примечания: * Для приборов класса точности 0,2 и 0,5. ** Для приборов класса точности 1; 1,5; 2,5; 4; 5.							

б) δ_f – погрешность, вызванная отклонением частоты от нормальной. Предельное значение этой погрешности при отклонении частоты на ±10 % от нормальной частоты (нормальной области частот), как правило, равно классу точности прибора.

Таблица Б.1.2 – Предел допустимой дополнительной погрешности для классов точности в процентах

Вид прибора	Класс точности	
	0,05; 0,1; 0,2	0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4; 5
Астатический с магнитным экраном, магнитоэлектрический	±0,75	±1,50
Ферродинамический	±1,50	±3,00
Прочие приборы	±3,00	+6,00

в) δ_Φ – погрешность от влияния внешнего магнитного и электрического поля. Предельное значение этой погрешности для приборов, не имеющих символа F30, за исключением электростатических приборов, под влиянием однородного магнитного поля с индукцией 0,5 мТл равно значениям, указанным в таблице Б.1.2.

Предельное значение дополнительной погрешности приборов, имеющих символ F30, (за исключением электростатических приборов) под влиянием однородного внешнего магнитного поля с индукцией, равной указанной в символе в мТесла, равно классу прибора.

Предельное значение допустимой дополнительной погрешности для электростатических вольтметров, не имеющих символа F34, под влиянием внешнего электрического поля частоты 50 Гц напряженностью 20 кВ/м равно ±0,5 % для приборов классов точности от 0,05 до 0,5 и классу точности – для приборов классов точности от 1 до 5. Предельное значение для приборов, имеющих символ F34, под влиянием внешнего электрического поля частоты 50 Гц напряженностью, равной указанной в символе в киловольтах на метр, равна классу точности прибора.

г) δ_L – погрешность, вызванная изменением положения прибора от нормального положения в любом направлении. Предельное значение этой погрешности при отклонении на ±5° должно быть равно классу точности прибора. Допускается изготовление приборов с изменением положения от нормального более чем на 5°. При этом предельное значение дополнительной погрешности также равно классу точности прибора. Если на приборе отсутствует символ положения, предельное значение этой погрешности, вызванное изменением положения от 0 до 90° для переносных и от 90 до 0° для щитовых приборов, равно половине класса точности прибора.

д) $\delta_{пр}$ – другие виды погрешностей, вызванных различными факторами, например, работой в условиях вибрации или ударов (для вибро- и удароустойчивых приборов), действием других однотипных приборов, помещенных рядом, от изменения напряжения (для фазометров, ваттметров предельное значение дополнительной погрешности, вызванное отклонением напряжения на ±10 % номинального, равно классу точности прибора), отклонением формы кривой тока и напряжения от синусоидальной и т.п. Указанные погрешности учитывают в редких случаях, когда воздействующий фактор сильно выражен, обычно же ими пренебрегают.

е) $\delta_{ТТ}$ – погрешность, вызванная применением измерительных трансформаторов тока. Токовая $\delta_{ТТ}^{Т}$ и угловая $\delta_{ТТ}^{У}$ погрешности для трансформаторов тока класса точности от 0,1 до 0,2 при протекании первичного тока I в диапазоне от 0 до 120 % номинального значения $I_{ном}$ и нагрузке в пределах от 25 до 100 % номинального значения могут быть подсчитаны по формулам:

$$\delta_{ТТ}^{Т} = \pm\left[\gamma_{max} + 0{,}2\gamma_{max}\left(\frac{I_{ном}}{I} - 1\right)\right] \qquad (Б.8)$$

$$\delta_{ТТ}^{У} = \pm 5\left[10\gamma_{max} + 0{,}2\gamma_{max}\left(\frac{I_{ном}}{I} - 1\right)\right] \qquad (Б.9)$$

В зависимости от вида измерения учитывается одна или другая погрешность.

В общем случае результирующая относительная погрешность измерительного прибора δ_n может достигнуть суммы погрешности прибора от всех влияющих факторов. В действительных условиях маловероятно совпадение всех неблагоприятно влияющих факторов и одинакового знака всех погрешностей. Поэтому эту погрешность более правильно подсчитывать по формуле:

$$\delta_n = \sqrt{\delta_0^2 + \frac{A_ш^2}{A_и^2}\left(\delta_Т^2 + \delta_f^2 + \delta_Ф^2 + \delta_L^2 + \delta_{ПР}^2\right) + \delta_{ТТ}^2} \qquad (Б.10)$$

В случаях, когда результирующее значение регистрируемой величины получается в результате арифметических преобразований показаний отдельных приборов, полная относительная погрешность определения регистрируемой величины δ_Σ может быть определена по формулам:

а) при суммировании двух измеренных значений A_1 и A_2

$$\delta_\Sigma = \pm\left(A_1\left|\delta_{n1}\right| + A_2\left|\delta_{n2}\right|\right)\Big/\left(A_1 + A_2\right) \qquad (Б.11)$$

б) при вычитании двух измеренных значений A_1 и A_2

$$\delta_{\Sigma} = \pm\left(A_1\left|\delta_{n1}\right| + A_2\left|\delta_{n2}\right|\right)/\left(A_1 - A_2\right) \quad (Б.12)$$

в) при умножении или делении двух измеренных величин

$$\delta_{\Sigma} = \pm\left(\left|\delta_{n1}\right| + \left|\delta_{n2}\right|\right) \quad (Б.13)$$

г) в общем случае, когда измерение производится m приборами, а регистрируемая величина А получается в результате преобразования

$$A = f(A_1, A_2, \ldots, A_n) \quad (Б.14)$$

$$\delta_{\Sigma} = \frac{1}{A}\left(\frac{\partial A}{\partial A_1}\delta_{n1} + \frac{\partial A}{\partial A_2}\delta_{n2} + \ldots + \frac{\partial A}{\partial A_m}\delta_{nm}\right). \quad (Б.15)$$

В вышеперечисленных формулах:

$\delta_{n1}, \delta_{n2}, \ldots, \delta_{nm}$ – относительные погрешности приборов при измерении величин A_1, A_2, A_m, $\frac{\partial A}{\partial A_1}$ и т.д. соответствующие частные производные.

При определении погрешности измерения сначала определяются основные, дополнительные и результирующие погрешности каждого измерительного прибора, а затем – полная относительная погрешность определения регистрируемой величины.

Пример:

Определить возможную погрешность при измерении сопротивления срабатывания реле сопротивления при следующих условиях: измерение производится при токе 40 А, напряжении 50 В; используются вольтметр Э515/3 с пределом измерений от 75 до 600 В класса точности 0,5 и амперметр Э514/3 на диапазон измерения от 5 до 10 А класса точности 0,5, включенный через трансформатор тока И-54. Измерение производится при температуре окружающего воздуха плюс 10°С, угол наклона плоскости стола, на котором установлены приборы – 10°, частота сети 49,8 Гц.

Установим коэффициент трансформации трансформатора тока равным 50/5, предел амперметра – 5 А, предел вольтметра – 75 В. Такой выбор пределов обеспечивает измерение с наименьшей погрешностью.

Основная относительная погрешность амперметра δ_{0A} и вольтметра δ_{0B} составит

$$\delta_{0A} = \gamma_{max}\frac{A_ш}{A_и} = 0{,}5 \cdot \frac{5}{4} = 0{,}625\ \%;$$

$$\delta_{0B} = \gamma_{max}\frac{A_ш}{A_и} = 0{,}5 \cdot \frac{75}{50} = 0{,}75\ \%.$$

Дополнительные погрешности от отклонения температуры окружающего воздуха на 20–10 = 10°С для обоих приборов одинаковы (приборы принадлежат ко II-IV группе по климатическим условиям) и равны классу точности прибора $\delta_{IA} = \delta_{IB} = 0{,}5\ \%$.

Для определения дополнительной погрешности от магнитного поля, вызванного протеканием тока 40 А следует принять расстояние L этого провода до измерительных приборов равным 0,1 м. Индукцию внешнего магнитного поля вокруг проводника с током определяют по формуле:

$$\beta = \mu_0 H = \mu_0 \frac{I}{2\pi L} = 4\pi 10^{-7} \frac{40}{2\pi 0{,}1} = 0{,}08 \ мТл$$

Дополнительная погрешность от магнитного поля для амперметра δ_{fA} и вольтметра δ_{fB} согласно таблице 7 составит:

$$\delta_{fA} = \delta_{fB} = \frac{0{,}08}{0{,}5} \cdot 6 = 0{,}96 \ \%$$

Дополнительная погрешность от наклона прибора для амперметра δ_{LA} и вольтметра δ_{LB} одинакова и равна классу точности:

$$\delta_{LA} = \delta_{LB} = 0{,}5 \ \%$$

Погрешностью изменения частоты можно пренебречь.

Дополнительная погрешность, вызванная применением трансформатора тока, составит:

$$\delta_{TT}^{T} = 0{,}2 + 0{,}2 \cdot 0{,}2 \cdot \left(\frac{50}{40} - 1\right) = 0{,}205 \ \%.$$

Результирующая относительная погрешность амперметра δ_{nA} и вольтметра δ_{nB} составит:

$$\delta_{nA} = \sqrt{\delta_{0A}^2 + \frac{A_ш^2}{A_и^2}\left(\delta_{TA}^2 + \delta_{ФA}^2 + \delta_{LA}^2\right) + \delta_{TT}^2} =$$

$$= \sqrt{0{,}625^2 + \left(\frac{50}{40}\right)^2 \left(0{,}5^2 + 0{,}96^2 + 0{,}5^2\right) + 0{,}205^2} = 0{,}63 \ \%;$$

$$\delta_{nB} = \sqrt{\delta_{0B}^2 + \frac{A_ш^2}{A_и^2}\left(\delta_{TB}^2 + \delta_{ФB}^2 + \delta_{LB}^2\right)} =$$

$$= \sqrt{0{,}75^2 + \left(\frac{75}{50}\right)^2 \left(0{,}5^2 + 0{,}96^2 + 0{,}5^2\right)} = 1{,}94 \ \%.$$

Полная относительная погрешность определения сопротивления $\delta_{\Sigma Z}$ (как частного от деления) составит:

$$\delta_{\Sigma Z} = \delta_{nA} + \delta_{nB} = 1{,}63 + 1{,}94 = 3{,}57 \ \%.$$

Кроме факторов, влияющих на перечисленные выше погрешности (регламентированные ГОСТ 8.009), имеются также другие факторы, которые существенно влияют на точность измерения. Как и вышеперечисленные факторы, их влияние в ряде случаев можно полностью или частично устранить введением соответствующих поправок, изменением метода измерения другим или учесть количественно в виде дополнительной погрешности. К таким существенным факторам при проверках устройств РЗА относят:

а) внутреннее сопротивление приборов. Подбор приборов следует осуществлять таким образом, чтобы не было взаимного влияния измерительных приборов и их влияния на схему проверяемого устройства РЗА. Ниже для примера на рисунке Б.1.1 приведены две схемы включения амперметра и вольтметра для снятия вольтамперных характеристик. Из схемы видно, что при несоблюдении условий, указанных в подрисуночных надписях, увеличится дополнительная погрешность измерения, вызванная для схемы на рисунке Б.1.1, *а)* сравнительно малым внутренним сопротивлением вольтметра Z_{pV}, а для схемы

на рисунке Б.1.1, *б)* – сравнительно большим внутренним сопротивлением амперметра Z_{pA}. Поэтому схема рисунке Б.1.1, *а)* обычно применяется при малых $Z_н$, а рисунке Б.1.1, *б)*, – при больших.

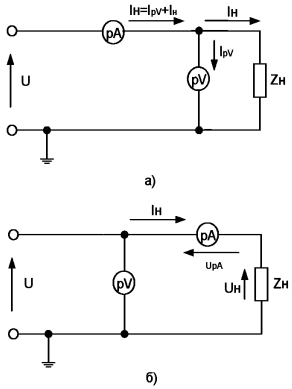


Рисунок Б.1.1 – Схемы включения амперметра и вольтметра для снятия вольтамперных характеристик

Из схемы, приведенной на рисунке Б.1.2, видно, что в случае, когда внутреннее сопротивление вольтметра соизмеримо с сопротивлениями резисторов *R1-R3*, может произойти существенное изменение режима работы схемы проверяемого устройства.

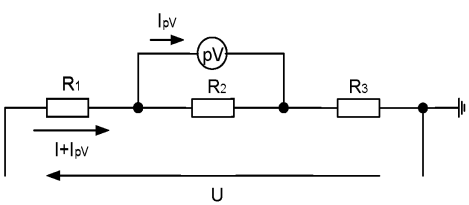


Рисунок Б.1.2 – Изменение токов при подключении в схему вольтметра с недостаточно большим внутренним сопротивлением

б) система измерительного прибора при измерении несинусоидальных токов и напряжений (*например – в цепях выпрямленного тока, токов и напряжений на выходе насыщающихся трансформаторов, стабилизаторов и т.п.)*

Измерительные приборы переменного тока и напряжения реагируют либо на действующее значение, либо на среднее по модулю (средневыпрямленное) значение, либо на амплитудное значение, наконец, на постоянную составляющую. На действующее значение реагируют электромагнитная, электродинамическая, ферродинамическая, электростатическая, термоэлектрическая системы приборов,

а также электронные вольтметры с двухполупериодным выпрямлением и квадратичной характеристикой. На среднее по модулю значение реагируют магнитоэлектрическая система приборов с выпрямителем, электронные вольтметры с однополупериодным выпрямлением и линейной или квадратичной характеристикой. На амплитудное значение реагируют электронные вольтметры с амплитудной характеристикой. На постоянную составляющую реагируют магнитоэлектрические системы приборов без выпрямителя. Градуировка этих приборов (кроме магнитоэлектрических систем приборов без выпрямителя) производится в действующих значениях тока или напряжения при правильной синусоидальной форме кривой измеряемой величины.

Соотношения между амплитудным значением A_m, действующим $A_д$ и средним значением $A_{ср}$ измеряемой величины А определяется выражениями:
при действии синусоидально изменяющейся величины:

$$\delta_д = \frac{A_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}707\ A_m; \qquad (Б.1.16)$$

$$A_{ср} = \frac{2}{\pi} A_m \approx 0{,}637\ A_m; \qquad (Б.1.17)$$

при действии несинусоидально изменяющихся величин (путем разложения в ряд Фурье на n гармонических составляющих) эти величины могут быть представлены в виде:

$$a = A_0 + A_{1m} \sin\omega t + A_{2m} \sin(2\omega t + \psi_2) + \ldots + A_{nm} \sin(n\omega t + \psi_n) \qquad (Б.1.18)$$

$$A_д = \sqrt{A_0^2 + \frac{A_{1m}^2}{2} + \frac{A_{2m}^2}{2} + \ldots + \frac{A_{nm}^2}{2}} = \sqrt{A_0^2 + A_{1д}^2 + A_{2д}^2 + \ldots + A_{nд}^2} \qquad (Б.1.19)$$

$$A_{ср} = A_0 + \frac{2}{\pi}\left(A_{1m} + \frac{1}{2}A_{2m}\cos\psi_2 + \ldots + \frac{1}{n}A_{nm}\cos\psi_n\right). \qquad (Б.1.20)$$

При измерении несинусоидальных величин приборы разных типов могут давать различные показания. Как видно из вышеприведенных формул, показания приборов, реагирующих на действующее значение, не будут зависеть от угла сдвига фаз между гармоническими составляющими, а показания приборов, реагирующих на среднее по модулю значение, будут зависеть от угла сдвига фаз отдельных гармонических составляющих относительно основной гармонической составляющей и от схемы выпрямления (в схемах с однополупериодным выпрямлением будут суммироваться основная и нечетная гармонические составляющие, а в схемах с двухполупериодным выпрямлением – все гармонические составляющие). Для получения результата в средних значениях необходимо выполнить пересчет согласно формуле:

$$A_{ср} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} A_д \approx 0{,}9\ A_д. \qquad (Б.1.21)$$

Амплитудные электронные вольтметры измеряют значение напряжения, равное 0,707 амплитудного значения напряжения любой формы, симметричного относительно оси времени, а при несимметричной кривой их показания зависят от того, к каким выводам прибора подведено измеряемое напряжение. При синусоидальном напряжении они измеряют действующее значение напряжения.

Производить каждый раз анализ формы кривой и вводить какие-либо поправки в показания приборов затруднительно. Поэтому при измерениях в цепях с несинусоидальной формой кривой и в цепях выпрямленного тока следует применять измерительные приборы такой же системы, как и работающая в этих цепях аппаратура. Так, если в цепях с несинусоидальным током работает электромагнитное реле, то измерение следует производить также электромагнитным прибором. Если в цепях выпрямленного тока работает поляризованное реле или от этих цепей заряжаются конденсаторы (БПЗ-400), то измерения следует производить магнитоэлектрическим прибором. В цепях, к которым подключены микропроцессорные защиты, измерения следует производить прибором, измеряющим то значение электрической величины, на которое реагирует защита. Обычно это указывается в руководствах по эксплуатации защит, в разделе «Измерения».

Особо следует отметить случаи работы электромагнитного реле постоянного тока на выпрямленном напряжении. Такое реле теоретически реагирует на действующее значение выпрямленного тока, и в принципе измерения следовало бы производить электромагнитным прибором. Учитывая, что индуктивное сопротивление обмотки реле велико, а для высших гармонических составляющих оно еще больше, ток через его обмотку почти не содержит высших гармонических составляющих и с достаточной для практики точностью может считаться постоянным током. Поэтому измерения в таких цепях правильнее производить магнитоэлектрическим прибором.

Для уменьшения вышеперечисленных и других погрешностей измерения следует руководствоваться следующими рекомендациями.

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 ($R_д$, в омах) которого определяется по формуле:

$$R_д \approx 10\, Z_р, \qquad \text{(Б.1.22)}$$

где $Z_р$ – сопротивление обмотки реле, Ом.

Система измерительного прибора выбирается таким образом, чтобы прибор и проверяемое реле реагировали на одни и те же значения (действующее, среднее и др.). Детекторные и электронные измерительные приборы в цепях с несинусоидальным током или напряжением можно применять лишь для измерений, не требующих высокой точности, или для определения максимальных и минимальных значений.

Пределы измерительных приборов подбираются таким образом, чтобы их показания составляли не менее двух третей шкалы прибора.

При измерении тока (мощности) через промежуточный трансформатор тока предел амперметра (ваттметра) целесообразно выбирать равным номинальному вторичному току трансформатора тока.

Класс точности этого трансформатора тока должен быть, по крайней мере, на одну ступень выше класса точности амперметра (ваттметра). Коэффициент трансформации подбирается таким образом, чтобы значение измеряемого тока

было как можно ближе к номинальному первичному току трансформатора тока. Значение сопротивления нагрузки должно быть в пределах от 25 до 100 % номинального значения трансформатора тока. При использовании трансформаторов тока температура окружающего воздуха должна быть в пределах от 10 до 35°С.

Следует применять приборы группы, соответствующей температуре окружающего воздуха. При значительных отклонениях температуры окружающего воздуха от нормальной следует выбирать приборы тех групп, которые имеют меньшую дополнительную погрешность по температуре. При этом результирующая погрешность в ряде случаев может оказаться меньшей, чем при применении приборов других групп с более высоким классом точности.

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 измерения. При измерениях напряжений в цепях маломощных источников (на выходах фильтров, в полупроводниковых схемах и др.) следует применять высокоомные вольтметры. Сопротивление вольтметров переменного тока должно быть не менее 1 кОм на 1 В. Сопротивление вольтметров для измерения в цепях постоянного тока (полупроводниковые устройства РЗА, цепи приемопередатчиков ВЧ защит) должно быть не менее 10-кОм на 1 В. Сопротивление милли- и микроамперметров для измерений токов на выходе фильтров, в дифференциальных схемах, в схемах сравнения и т.п. должно быть минимальным, около десятых долей Ома при шкалах от 25 до 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 и фазометра (так как их погрешности при измерении складываются).

При применении электронных средств измерения (электронных вольтметров, осциллографов, частотомеров и др.) следует учитывать наличие возможного заземления отдельных точек схемы (в токовых цепях и цепях напряжения, в блоках питания и др.). При неправильном подключении заземленного вывода измерительного прибора возможно возникновение КЗ (см. рисунок Б.1.2) или значительная ошибка в измерении из-за нарушения режимов работы проверяемой схемы (шунтирование резистора *R3* или *R2*, в схеме рисунка Б.1.2). Поэтому указанными приборами следует производить измерения только относительно заземленных точек схемы. При измерении напряжений в схеме по рисунку Б.1.2 ламповым вольтметром с незаземленным корпусом появится дополнительная

ошибка в измерении из-за наличия емкостных связей между корпусом прибора и землей.

Для стабилизации характеристик проверяемого устройства РЗА и измерительных приборов измерения следует производить после их предварительного прогрева током и напряжением.

Для уменьшения погрешностей, носящих случайный характер, следует производить несколько измерений и определять среднее значение, отбросив единичные результаты, значительно отличающиеся от остальных (промахи). Для уменьшения влияния вариации прибора в отдельных случаях, требующих особо точных измерений, следует производить измерение при плавном увеличении, а затем при плавном снижении измеряемой величины; такой способ не пригоден для снятия вольтамперных характеристик трансформаторов тока.

При проверках устройств РЗА следует производить измерения с необходимой степенью точности. Необходимо заранее определить, какая точность измерения нужна и необходимые классы точности измерительных приборов путем расчета или согласно рекомендациям, приведенным в табл. Б.1.3, для проверки устройств РЗА различных типов.

Таблица Б.1.3 – Класс точности приборов для проведения измерений

Наименование	Класс точности приборов
1. Дистанционное реле, реле мощности с регулированием параметров настройки срабатывания	Не менее 0,5
2. Токовые реле защит, согласующиеся друг с другом с коэффициентом запаса не менее 1,1	Не ниже 0,5-1,0
3. Второстепенные измерения: напряжения срабатывания реле, характеристики намагничивания трансформаторов тока и т.п.	До 1,5
4. Измерение небалансов, настройка фильтров, проверка схем включения трансформаторов тока и напряжения, проверка правильности чередования фаз трансформаторов напряжения, проверка исправности цепей и т.п.	До 4

Измерительные приборы проверочных устройств должны удовлетворять предъявляемым требованиям. Допускается применение устройств с приборами меньшей точности (например, У5053). При этом следует обязательно оценивать возможные последствия, к которым может привести неточность замеров.

Б.2 Общие требования к испытательной аппаратуре

Б.2.1 Требования к испытательной аппаратуре определяются составом устройств РЗА, современными техническими возможностями и условиями обслуживания. Настоящие требования обусловлены:

- появлением в электроэнергетике нового поколения устройств РЗА (микроэлектронных, микропроцессорных);
- появлением компьютерных средств, позволяющих в значительной степени автоматизировать техническое обслуживание (далее – ТО), устройств РЗА, автоматически создавать протоколы проверки требуемой формы, обеспечивать ряд дополнительных удобств для персонала;

- намечающимся изменениям подхода к ТО устройств РЗА, в частности, уменьшением времени, выделяемого на плановое ТО при сокращении численности персонала.

Б.2.2 Испытательные устройства, необходимые для ТО устройств РЗА, цифровых регистраторов, устройств для определения мест повреждения на линиях электропередачи, могут выполняться в двух основных вариантах.

Первый вариант, наиболее распространенный в настоящее время, предусматривает подачу в устройства РЗА входных величин в ручном или полуавтоматическом режиме. Это реализуют комплектные устройства У5053, ЭУ5001, установки «Уран-1», «Уран-2» и др. Второй вариант позволяет подавать в устройства РЗА требуемые значения входных величин как в ручном, так и в автоматическом режиме. Возможна также подача в устройство входных величин, физически воспроизводящих аварийные процессы либо по математическим программам, разрабатываемым для конкретных типов устройств РЗА, либо по записям реально возникавших аварийных процессов в энергосистемах. Такими возможностями обладают, например, устройства типа «РЕТОМ» (НПП «Динамика»).

В обоих вариантах устройства должны обеспечивать достоверность и достаточную точность измерений, безопасность и удобство, минимальные трудозатраты на ТО.

Б.2.3 Устройства должны обеспечивать плавное или ступенчатое с достаточной степенью дискретности регулирование в необходимых пределах значений тока, напряжения, угла между векторами переменного тока и напряжения. Вместе с тем, устройства должны поддерживать на заданном уровне значения упомянутых величин при изменениях входных сопротивлений испытуемых устройств. В частности, это относится к случаям использования устройств в качестве источника оперативного напряжения. При опробовании взаимодействия элементов устройств РЗА, особенно с использованием электромеханических реле, возникают скачкообразные изменения сопротивления устройства. Стационарные источники оперативного напряжения на объектах электроэнергетики, как правило, обеспечивают стабильность оперативного напряжения. Однако в процессе наладки вновь вводимых объектов таких источников еще может не быть.

Б.2.4 Для ТО большинства устройств РЗА достаточны следующие пределы регулирования выходных величин:

- по переменному напряжению от нуля до 400 В с длительно допустимой нагрузкой от 0,5 до1 А и кратковременной от 1,5 до 2 А;
- по постоянному напряжению от нуля до 245 В с такой же допустимой нагрузкой;
- по переменному току от нуля до 10 А без нагрузочного устройства (блока) и до 200 А с нагрузочным устройством (блоком);
- по углу между синусоидальными выходными величинами (напряжением и током для ТО направленных защит, двумя напряжениями для ТО аппаратуры проверки синхронизма) в диапазоне от нуля до 360° плавно или плавно-ступенчато;

- по частоте от 45 до 55 Гц для ТО устройств АЧР, ЧАПВ и т.п.

Б.2.5 Устройства могут выполняться для имитации как однофазных, так и трехфазных режимов. Желательна независимая регулировка токов и напряжений в каждой фазе, однако для большинства использующихся в эксплуатации устройств РЗА (направленные и дистанционные защиты, защиты от несинхронных режимов и др.) допустимо иметь трехфазную систему регулируемых выходных напряжений и однофазную систему регулируемых выходных токов.

Б.2.6 В качестве источника оперативного напряжения устройство должно поддерживать напряжения 110 и 220 В в допустимых пределах (от минус 20 до плюс 10 %) с допустимой нагрузкой до 400 Вт. Зависимость выходного напряжения от тока нагрузки должна предоставляться производителями оборудования (устройств). При использовании в таком качестве выпрямленного напряжения производитель должен предоставлять информацию о степени сглаживания в зависимости от значения комплексного сопротивления нагрузки.

Б.2.7 Устройства должны давать минимальные искажения синусоидальной кривой переменного тока или напряжения (в зависимости от проверяемого устройства РЗА). В частности, для снятия вольтамперной характеристики трансформаторов тока (ТТ) желательно иметь минимальные искажения формы кривой напряжения. А для проверки устройств РЗА с нелинейными характеристиками (электромеханические реле типов ДЗТ, РТ40/Р, схемы дешунтирования отключающих катушек выключателей и др.) желательно иметь минимальные искажения формы кривой тока. Коэффициенты нелинейных искажений во всем диапазоне подаваемых величин и в зависимости от значений нагрузки также должны предоставляться фирмами-изготовителями.

Вместе с тем устройства, выполняемые по второму варианту, должны обеспечивать имитацию режимов глубокого насыщения трансформаторов тока, питающих токовые цепи устройств РЗА с возможностью регулирования этого режима. Это, в частности, необходимо при ТО микропроцессорных защит, использующих квантование аналоговых сигналов по времени, для имитации режимов близких КЗ, так как фирмы, выпускающие микропроцессорную аппаратуру, далеко не всегда указывают принципы восстановления исходной функции по ее дискретным значениям.

Б.2.8 Устройства должны обеспечивать контроль как устройства РЗА в целом, так и его отдельных частей, если они не могут быть проверены в процессе проверки устройства в целом. Это относится, в частности, к характеристикам отдельных функциональных узлов и реле (параметры срабатывания и возврата, коэффициенты торможения и др.). Для этого устройства должны быть укомплектованы необходимым набором соединительных проводников, подобранных по условиям нагрева, с наконечниками (или разъемами), пригодными для подключения к элементам проверяемой аппаратуры.

Б.2.9 Тепловой режим работы устройства должен обеспечивать подачу выходных величин на время, необходимое для успокоения переходных процессов в проверяемых устройствах плюс время считывания показаний оператором. В устройствах, выполняемых по второму варианту тепловой режим должен

обеспечивать подачу требуемых выходных величин на весь цикл испытания. Предельно допустимые значения времени подачи выходных величин должны указываться фирмами-изготовителями.

Б.2.10 Устройства должны обеспечивать измерение значений выходных величин (или их задание – для устройств автоматической проверки) в пределах диапазона их регулирования с точностью, соответствующей требованиям настоящего Стандарта (не ниже класса 0,5). Фирма-изготовитель должна указывать, какое значение выходной величины измеряет (или задает) устройство – действующее, амплитудное или средневыпрямленное. В частности, это важно при снятии вольтамперных характеристик трансформаторов тока.

Б.2.11 Устройства должны обеспечивать измерение времени срабатывания и возврата, времени замкнутого состояния временно замыкающих контактов, как отдельных реле, так и устройств РЗА в целом с точностью, соответствующей требованиям вышеупомянутых документов. Желательно обеспечить измерение времени удержания сигнала пуска защиты (выдержки времени на возврат логики устройства РЗА после исчезновения величины, превышающей значение параметра настройки срабатывания), поскольку это значение достаточно широко используют в микропроцессорных защитах для выявления перемежающихся коротких замыканий.

Б.2.12 Для измерения временных характеристик, а также для слежения за срабатыванием и возвратом аппаратуры РЗА устройство должно иметь входы для подключения дискретных сигналов от аппаратуры РЗА.

Б.2.13 Питание устройств должно осуществляться от сети однофазного или трехфазного переменного напряжения 220-380 В. Устройства должны быть обеспечены защитой от коротких замыканий и недопустимых перегрузок.

Б.2.14 Устройства автоматической проверки (второй вариант испытательных устройств), должны содержать не менее трех источников напряжения и трех источников тока (чтобы создавать симметричные системы токов и напряжений прямой и обратной последовательностей), независимо управляемых по модулю, фазе и частоте.

Б.2.15 Источники тока и напряжения устройства автоматической проверки должны обладать следующими эксплуатационными характеристиками:

- допускать длительную работу;
- иметь защиту от перегрева;
- иметь защиту от коротких замыканий источников напряжения;
- иметь защиту от обрыва в цепях источников тока.

Б.2.16 При срабатывании защит должен выдаваться соответствующий сигнал.

Б.2.17 Комплект программ устройств автоматической проверки должен включать в себя проверку наиболее распространенных устройств РЗА, ручное управление источниками тока и напряжения, моделирование сигнала заданной формы, синтез сигнала при известном его гармоническом составе, генерирование последовательности состояний сигналов на входе устройств РЗА для проверки АПВ, АВР, АЧР и др.

Б.3 Порядок производства ремонтных работ на печатных платах

Б.3.1 При производстве ремонтных работ на печатных платах и, в частности, заменах интегральных микросхем (ИМС) и других полупроводниковых элементов следует руководствоваться указаниями, приведенными ниже. Настоящие рекомендации не распространяются на многослойные печатные платы микропроцессорных устройств РЗА, которые не ремонтнопригодны.

Б.3.2 Во избежание повреждения микросхем от статического электричества поверхность стола, на котором производятся работы, должна быть покрыта металлическим листом, который заземлен через резистор сопротивлением 1 МОм. Лист изготавливается из нержавеющей стали или латуни. Оборудование, оснастка и инструмент, необходимые для работы с ИМС, не имеющие цепей питания от сети, должны подключаться к заземляющему зажиму через резистор сопротивлением 1 МОм или находиться на металлическом листе.

Б.3.3 Лицу, производящему работы, рекомендуется надевать одежду из слабо электризующихся материалов (например, халаты из хлопчатобумажной ткани, обувь на кожаной подошве и др.); не рекомендуется одежда из шелка, капрона, нейлона и других подобных материалов.

Б.3.4 Для замены вышедшей из строя микросхемы или другого элемента необходимо удалить лак с платы со стороны пайки. Для удаления лака предварительно следует нагреть это место от 150 до 180°С. После этого осторожно подрезать лак в местах пайки и удалить его остатки тампоном, смоченным в этиловом спирте или смеси спирта с бензином (бензин растворитель БР-1 «Галоша» – 50 %, спирт этиловый ректификат крепостью не менее 96 % – 50 %). После просушки в течение от 5 до 10 мин плата будет готова к выпаиванию элемента. Перед пайкой на очищенные места нанести флюс. Для этого использовать твердую канифоль или жидкий флюс, для приготовления которого толченую канифоль заливают двойным количеством этилового спирта.

Б.3.5 Выпаивать микросхему следует с помощью обыкновенного электропаяльника напряжением 220, 36 и 12 В, мощностью до 40 Вт, обеспечивающим нагрев жала паяльника до 270°С. Электропаяльник следует включить через разделительный трансформатор или его жало подключить к заземляющей шине.

Можно также воспользоваться выпускаемым серийно паяльным набором, в котором предусмотрена двухступенчатая регулировка температуры, гальваническая развязка с напряжением сети и заземление стержня паяльника.

Перед выпаиванием необходимо откусить бокорезами выводы микросхемы или другого элемента со стороны его установки на высоте от 1,5 до 2 мм от поверхности платы. Затем поочередно расплавлением припоя в монтажном отверстии удалить оставшиеся выводы из отверстия с помощью пинцета со стороны, противоположной установке навесных элементов.

Удалить электропаяльником, вращая в отверстии заостренную деревянную палочку или спичку, излишки припоя из монтажного отверстия.

Проверить металлизацию монтажных отверстий и контактных площадок на отсутствие повреждений, прочистить их спичкой и промыть спиртом или смесью спирта с бензином.

При нарушении металлизации монтажного отверстия без повреждения контактной площадки в монтажное отверстие впаять проволоку ММ-0,9 длиной от 5 до 8 мм или специальный пистон с последующей развальцовкой и пайкой.

При нарушении контактной площадки допускается установка лепестка с развальцовкой и последующей пайкой.

Перед началом пайки необходимо произвести лужение выводов элемента. Эту операцию следует выполнять теми же флюсами и припоями, что и последующую пайку. Микросхему с подготовленными выводами установить на печатную плату и ориентировать по ключу. Ключом (первым выводом) является вывод, отмеченный специальным знаком (точкой).

Пайку осуществлять припоями ПОС-60, ПОС-61, ПОС-61М, ПОСК-50 или ПОСВ-33 кратковременным однократным прикосновением жала паяльника к контактной площадке и выступающему концу вывода со стороны, противоположной стороне установки навесных элементов и штырьковых микросхем. Продолжительность пайки не должна превышать 3 с, интервал между пайками соседних выводов – не менее 10 с. Пайку проводить с обязательным применением теплоотвода от запаиваемой ножки. В качестве теплоотвода допускается использовать пинцеты, плоскогубцы и т.п. Теплоотвод следует снимать не ранее чем через 5 с после пайки.

Процесс пайки начинать с нанесения жидкого флюса с помощью волосяной кисти или кусочков твердой канифоли. Пайку микросхем начать с крайних выводов, чтобы закрепить микросхему. При пайке диаметр проволоки или трубчатого припоя должен быть от 50 до 60 % меньше диаметра стержня паяльника. Если такой проволоки нет, то следует использовать припой в виде крошки. Расстояние по длине вывода от места пайки до корпуса должно составлять не менее 1 мм. В процессе монтажа допускается подрезка выводов при условии обеспечения выступающей части выводов над поверхностью печатной платы в местах пайки не менее 0,5 мм.

После пайки с места соединения следует удалить флюс с помощью спирта или смеси спирта с бензином, покрыть лаком УР-231, ЭП-730 или Э-4100.

Б.3.6 При отслоении или повреждении печатного проводника его следует дублировать внешним проводником. Дублирующий проводник допускается располагать с обеих сторон платы; проводник разрешается припаивать только к контактной площадке. При отслоении печатного проводника по всей длине или на длине 40 % его протяженности поврежденный проводник удалить. Сечение внешнего проводника должно быть 0,20 или 0,35 мм2. Допускается применение проволоки ММ-0,5 в изоляционной трубке.

Приложение В
(рекомендуемое)
Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатируемых устройств РЗА

В.1 Основными критериями, определяющими необходимость замены устройств РЗА, выработавших срок службы или морально устаревших являются:

- техническое перевооружение объекта электроэнергетики в части защищаемого основного оборудования, а также внедрение на объекте электроэнергетики АСУ ТП;
- несоответствие технических характеристик или функциональных возможностей устройства требованиям к нему при действующих или предусматриваемых в ближайшей перспективе режимах работы объекта электроэнергетики или прилегающей сети;
- невозможность восстановления требуемых характеристик устройства при проведении технического обслуживания;
- эксплуатация электромеханического устройства более 25 лет, микроэлектронного – более 12 лет;
- фактический износ значительной части аппаратов электромеханического устройства до состояния, требующего их замены;
- значительное превышение большей частью аппаратов количества срабатываний, нормируемых НД;
- неудовлетворительное состояние изоляции контрольных кабелей, монтажных проводов по механической или электрической прочности или по уровню сопротивления изоляции;
- рост количества случаев изменения характеристик и (или) повреждений элементов устройства, выявленных при проведении технического обслуживания и при анализе случаев неправильной работы;
- рост относительного числа отказов функционирования (процента неправильной работы устройства).
- прекращение выпуска запасных частей к устройствам.

В.2 При модернизации, реконструкции и замене устройств РЗА, выработавших установленный срок службы следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- при техническом перевооружении основного оборудования объекта или его части должна производиться замена всех выработавших срок службы устройств РЗА этого оборудования, включая кабели вторичных цепей, а также тех устройств, состояние которых соответствует хотя бы одному из критериев В.1.
- при техническом перевооружении следует, как правило, применять микропроцессорные устройства РЗА отечественного производства высокого качества. Могут быть использованы также имеющие экспертное заключение микропроцессорные устройства хорошо зарекомендовавших себя иностранных фирм;

- замена устройств РЗА на объектах, где предусматривается техническое перевооружение основного оборудования, должна быть предусмотрена проектом модернизации. При этом не следует менять аппаратуру, не выработавшую сроков эксплуатации;

- на объектах электроэнергетики, где техническое перевооружение основного оборудования не предусматривается в ближайшие годы, а состояние устройств требует замены, целесообразно рассмотреть вопрос об их замене на однотипные электромеханические или микроэлектронные устройства. В устройствах, находящихся в относительно удовлетворительном состоянии, с целью продления срока службы следует при необходимости заменить наименее надежные блоки, реле, кабели или другие элементы устройств;

- утилизация выведенного из эксплуатации устройств РЗА должна производиться в соответствии с инструкциями по эксплуатации конкретного типа оборудования предоставленными заводами-изготовителями, которые должны быть отражены в местных инструкциях по эксплуатации этого оборудования.

Приложение Г
(рекомендуемое)
Технические мероприятия по проверке устройств РЗА

Г.1 Подготовительные работы

Г.1.1 Подготовительные работы должны быть разделены на два этапа. Первый этап включает в себя работы, выполняемые заблаговременно, например, при реализации проектов на вновь вводимые устройства, при выполнении реконструктивных работ и т.п. Второй этап включает в себя объем подготовки, требуемый для проведения технического обслуживания, и выполняется непосредственно перед началом работы по заявке.

Г.1.2 При новом включении или реконструкции следует произвести проверку запроектированной аппаратуры РЗА, принципиальных и монтажных схем на предмет проектных ошибок, на выполнение заданных технических требований, предъявляемых к устройству, на соответствие аппаратуры, поставляемой фирмами-изготовителями. Следует произвести анализ правильности работы схемы по отдельным цепям (переменного тока и напряжения, по оперативным цепям управления, блокировок, защиты, автоматики и т.п.) и всего устройства в целом. Целью анализа является устранение возможностей появления ложных цепей или неправильной работы схемы при повреждении в отдельных элементах схемы. Проверяется, в частности:

- соответствие устанавливаемой аппаратуры РЗА первичному оборудованию, в частности, по коэффициентам трансформации трансформаторов тока и напряжения, по параметрам приводов коммутационных аппаратов;
- соответствие заданных параметров настройки оборудования шкалам используемых реле или пределам регулирования параметров настройки срабатывания микропроцессорных устройств;
- соответствие источника оперативного напряжения условиям работы аппаратуры, в частности, по коэффициенту пульсаций выпрямленного напряжения, по допустимой длительности перерывов питания микропроцессорных защит;
- правильность выбора помехозащищенности аппаратуры и цепей вторичной коммутации в заданной электромагнитной обстановке, определенной заранее, согласно указаниям [3].
- достаточность и надежность связей вновь вводимого или реконструируемого устройства РЗА с АСУ ТП, необходимость и достаточность объема информации, вводимой на каждое рабочее место АСУ ТП от анализируемого устройства РЗА;
- выполнение требований нормативных документов;
- правильность выполнения цепей переменного тока защит, схем соединений токовых цепей направленных и дифференциальных защит, правильность заземлений токовых цепей. В отдельных случаях (изменение проекта, реконструкция токовых цепей и т.п.) следует произвести проверку трансформаторов тока на допустимую погрешность;

- правильность выполнения цепей трансформаторов напряжения, в частности, правильность заземления вторичных обмоток, правильность выбора защиты от токов короткого замыкания, соответствие работы трансформатора напряжения заданному классу точности.

- селективность автоматических выключателей и предохранителей, установленных в оперативных цепях; правильность работы схемы управления коммутационными аппаратами, в частности, блокировки от многократного включения выключателя на короткое замыкание, блокировки от несинхронного включения генераторов;

- надежность работы контактных систем (по допустимому напряжению, по коммутационной способности). Проверка надежности контактных систем выходных реле микропроцессорных защит имеет особую важность, поскольку выход из строя контактов этих реле приводит к выходу из строя всего дорогостоящего терминала;

- правильность подключения цепей указательных реле в цепях сигнализации, особенно при стыковке вновь вводимого устройства с действующей схемой центральной сигнализации, правильность работы схемы при одновременном появлении максимально возможного количества сигналов;

- правильность функционирования устройств РЗА при подаче и снятии оперативного напряжения;

- соответствие монтажных схем принципиальным схемам.

Настоящий перечень не является исчерпывающим и может быть расширен, исходя из конкретных условий.

Г.1.3 Для устройств на электромеханической элементной базе весь указанный выше анализ удобно производить в процессе составления развернутых принципиально-монтажных схем. При использовании микропроцессорных защит анализ производится с использованием логических схем отдельных терминалов и схем внешних соединений.

Г.1.4 При необходимости следует разработать, согласовать со всеми заинтересованными сторонами и утвердить в порядке подчиненности программу работ.

Г.1.5 При плановом ТО действующего устройства требования Г.1.2 и Г.1.3 выполняются по мере необходимости.

Г.1.6 Непосредственно перед проведением работы следует подготовить следующие документы:

- исполнительные принципиальные и монтажные схемы, а также развернутые принципиально-монтажные схемы, если таковые имеются, функциональные схемы микропроцессорных терминалов. Производить какие-либо работы на устройствах РЗА без исполнительных принципиальных и монтажных схем запрещается.

- инструкции или методические указания по ТО (наладке) проверяемых устройств РЗА.

- технические описания и инструкции по эксплуатации (заводская документация) на проверяемые устройства РЗА. При отсутствии такой документации должны быть направлены запросы на заводы-изготовители.

- паспорта устройств РЗА и оборудования (данные заводских испытаний) и бланки протоколов наладки для внесения в них результатов проверки (только при новом включении).
- паспорта-протоколы (исключая новое включение).
- рабочие журналы (для текущих записей и сверки результатов с результатами предыдущего ТО). Эти журналы, хотя и не являются официальным документом, но в распоряжении производителя работ являются важным средством качественного проведения ТО.
- значения параметров настройки срабатывания защит, выданные службой РЗА.
- документы по изменению схем и значений параметров настройки срабатывания РЗА (письма СРЗА).
- рабочие программы по выводу для проверки (вводу в работу) сложных устройств РЗА.

Г.1.7 Следует подготовить испытательные устройства, измерительные приборы, инструмент, приспособления, соединительные провода и необходимые запасные части, дополнительные светильники (при недостаточной освещенности рабочего места). Для микропроцессорных устройств РЗА следует подготовить персональный компьютер с необходимым для данных устройств программным обеспечением.

Г.2 Внешний осмотр

Г.2.1 Осмотру подлежат все элементы проверяемого устройства: релейная и коммутационная аппаратура; проводка и ряды зажимов на щитах управления, в релейных залах, в распределительных устройствах, в приводах выключателей и разъединителей, в шкафах сборок зажимов; кабельные каналы и лотки, контрольные кабели, их концевые разделки и соединительные муфты, трансформаторы тока и напряжения, высокочастотное оборудование в пределах зоны ответственности технического персонала, проводящего ТО.

Г.2.2 При внешнем осмотре проверяют:

- выполнение требований, относящихся к проверяемому устройству или к отдельным его узлам, а также соответствие проекту установленной аппаратуры и контрольных кабелей в пределах доступности для внешнего осмотра;
- надежность крепления и правильность выполнения заземлений самой панели, ящиков, пультов с устройствами РЗА и установленной там аппаратуры;
- отсутствие механических и коррозионных повреждений аппаратуры, следов попадания на аппаратуру воды, изменений внешнего вида и состояния изоляции выводов реле и другой аппаратуры;
- наличие на задних шпильках реле присоединения старых типов изоляционных трубок, а в случае переднего присоединения наличие изолирующих прокладок под выводами реле (за исключением разъемов типа СУРА);
- состояние монтажа проводов на панелях, в шкафах и ящиках;
- отсутствие неизолированные проводов и жил кабелей;

- отсутствие острых углов и заусенцев в местах прохода проводов через отверстия;

- отсутствие напряжения на смежных зажимах цепей, случайное соединение которых может вызвать отключение и включение присоединения, короткое замыкание в цепях постоянного или переменного тока;

- надежность и правильность выполнения ответвлений от шинок управления и сигнализации обеспечивающая возможность отсоединения и присоединения любого отходящего провода под напряжением и без нарушения разводки основной цепи;

- соответствие марки и сечения кабелей проекту;

Примечание – Отступление от проекта должно быть в установленном порядке согласовано с проектной организацией или соответствующей службой РЗА в порядке подчиненности.

- состояние кабелей по трассе прокладки (целость брони или защитной оболочки, правильность их заземлений, состояние окраска брони, очистка кабелей от джутового покрова), соответствие раскладки кабелей по трассе проекту, состояние конструкций для крепления кабелей, правильность выполнения зашиты от механических повреждений, герметичность уплотнений труб, используемых для механической защиты кабелей наружной прокладки, герметичность уплотнений в местах прохождения кабелей через стены и междуэтажные перекрытия, выполнение мер противопожарной безопасности в пределах существующих зон обслуживания;

Примечание – Данное требование может выполняться в любое удобное время, не обязательно следует совмещать со временем планового техобслуживания, поскольку это ТО может происходить, к примеру, в зимнее время. Данное требование целесообразно выполнять при наладке или капитальном ремонте объекта электроэнергетики, с учетом разграничения зон ответственности между эксплуатационными подразделениями.

- качество монтажа и подключения кабелей с алюминиевыми жилами:

а) отсутствие изгибов алюминиевых жил кабелей менее трехкратного наружного диаметра жилы;

б) отсутствие гибов выполненных плоскогубцами;

в) отсутствие повторных гибов (перегибов);

г) отсутствие скрученных в спираль резервных алюминиевых жил;

д) наличие увязанных в жгут резервных алюминиевых жил и их фиксации на панелях (шкафа).

- достаточность длины резервных жил, позволяющей подключение с запасом к наиболее удаленному зажиму, наличие изоляции концов резервных жил и надписи на одной из жил, с указанием принадлежности к кабелю;

- отсутствие объединенных в один жгут резервных жил разных кабелей;

- наличие на подключенных рабочих жилах кабеля нестираемой маркировки с указанием схемного обозначения жилы и принадлежности к конкретному кабелю.

- правильность и качество выполнения концевых разделок кабелей, исключающих проникновение влаги, вытекание мастики и кабельной массы;

- наличие защиты резиновой изоляции жил кабеля от места разделки до места сборки зажимов, а для кабелей с бумажной изоляцией наличие замены

бумажной изоляции хлорвиниловыми трубками или лентой (хлорвиниловой или тафтяной) на лаке или эпоксидной смоле;

- надежность защиты кабельных разделок от дождя и снега;
- надежность выполнения кабельной связи и подключения газовых реле.

Примечание – Подводка к газовым реле должна быть выполнена кабелями с маслостойкой изоляцией. Подключение кабелей непосредственно к газовым реле должна бвть выполнена через специальные коробки, которые обеспечивают необходимую герметичность.

- герметичность уплотнений отверстий и крышек в шкафах;
- исправность замков, правильность и надежность крепления кабелей, уплотнений выводных отверстий для кабелей;
- наличие и соответствие проекту нагревательных элементов;
- отсутствие подтеканий масла у маслонаполненных трансформаторов тока и напряжения;
- отсутствие подтеканий мастики;
- отсутствие трещин на выводных изоляторах вторичных обмоток;
- исправность и затяжка выводов;
- наличие маркировки;
- наличие отдельного заземления в регламентированном месте в цепях каждой группы гальванически связанных вторичных обмоток трансформаторов тока (или напряжения);

Примечание – В схемах дифференциальной защиты, использующих две и более группы трансформаторов тока, заземление может быть в одной точке. После отделения одной из групп трансформаторов тока от общей схемы защиты должно быть обеспечено ее независимое заземление. Неиспользуемые вторичные обмотки трансформаторов тока должны быть закорочены и заземлены.

- отсутствие закорачивающих перемычек в испытательных блоках цепей напряжения и оперативных цепях;
- правильность сборки перемычек в испытательных блоках токовых и других цепей, если это предусмотрено схемой.

Примечание – Цепи от трансформаторов тока, напряжения и источников оперативного напряжения должны подходить к испытательным блокам снизу. При снятой крышке блоков, установленных в токовых цепях, их цепи должны закорачиваться и остаться заземленными со стороны трансформаторов тока.

Если суммирование тока от разных комплектов трансформаторов тока производится на измерительных клеммах рядов зажимов панели, то соединение этих клемм необходимо производить со стороны панели в соответствии с рисунком Г.1;

- направление перевода накладок и ключей установки режима из положений, соответствующих основному рабочему режиму, в положения, соответствующие другим режимам (всегда должно быть справа налево, против часовой стрелки);
- состояние и правильность выполнения заземлений конденсаторов связи и фильтров присоединения высокочастотных каналов защиты и автоматики;
- наличие на панелях надписей с обслуживаемых сторон, указывающих присоединение, к которому относится панель, ее назначение и порядковый номер, а на установленной в панелях аппаратуре – наличие надписей, указывающих ее

наименование и назначение в соответствии с исполнительными схемами и оперативными наименованиями элементов первичной схемы. Таблички с надписями должны устанавливаться под аппаратурой, к которой они относятся. Если конструкция или заводское исполнение панели или шкафа не позволяет выполнить указанное требование (например, на панелях каркасно-реечного типа), допускается устанавливать таблички с надписями в другом месте, но как можно ближе к правому нижнему углу аппарата, к которому табличка относится. Надписи должны быть четкими и не допускать их различного толкования.

На панелях с аппаратурой, относящейся к разным присоединениям или разным устройствам РЗА одного присоединения, должны быть четкие разграничительные линии. Эти линии наносят непосредственно на панели или на дополнительно устанавливаемые полосы из картона и подобного изоляционного материала (на панелях каркасно-реечного типа).

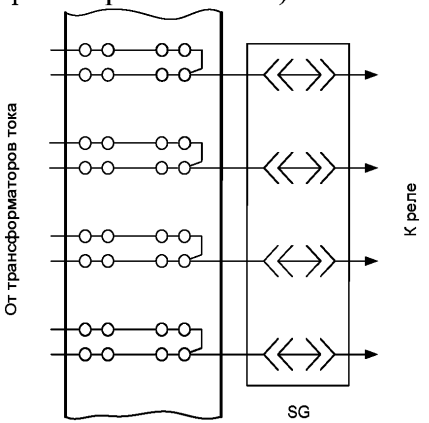


Рисунок Г.1 – Схема суммирования вторичных токов на клеммах панели

- правильность надписей на бирках и достаточность бирок, маркирующих кабели, правильность маркировки жил кабелей и проводов;
- наличие маркировок крышек испытательных блоков и разъемов (если они выполнены по специальной схеме, отличной от стандартной, например: на панелях перевода присоединений на обходной выключатель);
- соответствие условий работы изделий состоянию окружающей среды, в частности, защищенность от попадания брызг воды, масел, эмульсий, а также от прямого воздействия солнечной радиации мест установки панелей и шкафов устройств РЗА.

Г.3 Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры

Примечание – Особенности аппаратуры и проверки ее механической части должны рассматриваться в специальных инструкциях по отдельным типам реле и устройств. Внутренний осмотр терминалов микропроцессорных устройств не производят, если иное не указано в заводском руководстве по эксплуатации.

Г.3.1 При осмотре необходимо проверять:

- отсутствие повреждений кожухов и стекол реле, комплектов и надежность их уплотнений в соответствии со степенью защиты, оговоренной в технической документации.
- наличие и целость всех деталей аппаратуры.
- надежность креплений всех деталей аппаратуры, в частности:

а) все жестко закрепленные (или скрепленные) детали не должны иметь люфтов;

б) винты, гайки и контргайки креплений должны быть затянуты до отказа;

в) контактные винты и шпильки выводов не должны проворачиваться.

- правильность установки подвижных систем;
- отсутствие препятствий для перемещения подвижных систем в требуемых пределах при любых параметрах настройки срабатывания реле;
- наличие и надежность упоров, зазоров между вращающимися и неподвижными деталями;
- отсутствие искривлений осей;
- наличие необходимого продольного люфта;
- целостность, правильность установки, надежность крепления противодействующих, возвратных, ведущих и других пружин;
- равномерность зазоров между витками спиральных пружин при любой их затяжке, возможной при изменении настройки или положения подвижной системы реле;
- правильность установки безмоментных контактных подвижных соединений;
- правильность установки механических передач;
- наличие свободного хода, достаточность глубины зацепления шестеренок и червячных пар;
- четкость хода часовых механизмов (на слух, без разборки);
- надежность и равномерность вращения их подвижных частей при работе механизмов;
- целость и правильность установки подпятников и правильность заточки осей;

Примечание – Оценка состояния подпятников и концов осей производится по отсутствию затираний без разборки реле. Только при наличии затираний подпятник выкручивают и проверяют. Исправность агатовых подпятников (отсутствие трещин и отколов) проверяют, прощупывая кратер стальной иголкой. Бронзовые подпятники и концы осей осматривают через лупу. Подпятники ни в коем случае не следует смазывать.

- правильность установки тормозных постоянных магнитов, равномерность зазоров, отсутствие затираний в междуполюсном пространстве;
- целость выводов и катушек реле, резисторов, отсутствие их механических повреждений, отсутствие следов термического разрушения изоляции;
- состояние и целость изоляции соединительных проводов внутри аппаратуры;

Примечание – Не допускается применение в аппаратуре проводов в резиновой изоляции, так как резина выделяет серу, покрывающую серебряные контакты реле темным налетом.

- правильность регулировки, ход, нажим и чистоту контактов;
- надежность контактных соединений и паек, которые можно проверить без разборки элементов, а именно:

а) надежность соединения проводов к контактам выводных зажимов и других элементов реле;

б) затяжку всех винтов и гаек;

в) отсутствие касаний оконцевателей проводов, установленных под разные винты;

г) удаленность оконцевателей проводов от кожухов реле;

д) чистоту поверхностей пайки, достаточную механическую прочность и лаковое или иное покрытие, если оно предусмотрено техническими условиями на аппаратуру;

е) наличие антикоррозионного покрытия на выводах и контактных соединениях, установленных на открытом воздухе и в помещениях с агрессивной средой;

- отсутствие грязи, пыли и посторонних предметов (металлических стружек и опилок) на деталях реле и в зазорах.
- состояние и правильность регулировки блок-контактов приводов выключателей, разъединителей, автоматических выключателей и другой аппаратуры, а именно:

а) размеры люфтов;

б) правильность регулировки рычажной передачи;

в) надежность замыкания и размыкания контактов;

г) чистота;

д) соответствие их положений принципиальной схеме;

е) наличие незамерзающей смазки всех движущихся частей за исключением контактов;

Г.3.2 Для аппаратуры и панелей РЗА, выполненных с применением полупроводниковых элементов, ИМС, для микропроцессорной аппаратуры дополнительно проверяют:

- надежность крепления направляющих планок для установки модулей и блоков в кассете, надежность крепления разъемов;
- наличие свободного хода (около от 2 до 3 мм) у пружин крепящих винтов (для розеток разъема РП14-30, обеспечивающих электрическое соединение модуля с кассетой);
- качество пайки и целость печатного монтажа, при этом печатный монтаж не должен иметь:

а) видимых повреждений в виде отслаивающихся проводников и заусенцев;

б) перемычек между дорожками печатной схемы и выводами элементов;

в) касаний крепящих винтов к дорожкам печатного монтажа;

г) видимых нарушений металлизации монтажного отверстия;

д) повреждения контактных площадок;

е) нарушений лаковых покрытий;

- надежность соединительных разъемов и качество пайки проводников, подходящих к разъемам, состояние контактных поверхностей. При выявлении неудовлетворительного механического состояния контактного соединения, выполненного навиванием, перемонтаж можно осуществить повторным навиванием или пайкой. Выполнять навивание без специальных приспособлений недопустимо ввиду ненадежности контакта.

Г.3.3 Обнаруженные при осмотре дефекты следует устранить одним из следующих способов (в зависимости от дефекта):

- удаление пыли и грязи:

а) сухой – производят мягкой щеткой или пылесосом;

б) липкую грязь, лак, смазку и пр. – смывают соответствующим растворителем (спирт, смесь спирта с бензином);

в) металлические опилки или стружки из зазоров магнитов и магнитопроводов – удаляют тонкой стальной пластинкой, деревянной палочкой из лиственных пород (не смолистой) или бумагой;

г) загрязненные подпятники прочищают заостренной деревянной не смолистой палочкой;

- загрязненные или оплавленные контакты зачищают острым лезвием ножа или надфилем, промывают растворителями (спирт, смесь спирта с бензином) и полируют воронилом.

Примечание – Применение для чистки контактов резины и абразивных материалов не допускается.

- для реле прямого действия типов РТВ, РТМ и др. в приводах выключателей, короткозамыкателей и отделителей присоединений на переменном оперативном токе произвести разборку, чистку и сборку механизмов электромагнитов включения и отключения. После сборки проверить четкость работы механизмов и отсутствие затираний сердечников и ударников с деталями привода и реле;

- следует заменить поломанные или изношенные детали, детали крепежа (винты, гайки) с сорванной резьбой;

- заменить или дополнительно заизолировать провода с поврежденной изоляцией;

- произвести полную затяжку всех резьбовых соединений;

- устранить дефекты регулировки контактов;

- выполнить ремонт печатных плат аппаратуры с навесным монтажом, используя полупроводники и ИМС согласно Приложению Б (п. Б.3).

Печатные платы микропроцессорных устройств ремонту не подлежат и должны заменяться исправными.

Г.4 Проверка схемы соединений устройства РЗА

Г.4.1 Проверку правильности выполненной схемы и маркировки жил и проводов следует произвести осмотром и проверкой наличия цепи, в том числе «прозвонкой». Следует проверить фактическое выполнение кабельных связей, соединений между отдельными элементами в панелях, шкафах, ящиках и т п., а также цепи связи проверяемого устройства с другими устройствами РЗА, АСУ ТП

и коммутационными аппаратами. В схемах, где не имеет особого значения способ разводки монтажа отдельных цепей внутри панели, шкафа и т.п., а важно только их принципиальное исполнение, фактическое выполнение схемы может быть проверено путем проверки взаимодействия элементов проверяемого устройства РЗА.

Г.4.2 Осмотр можно применять в простых наглядных схемах, например, при плоском однослойном монтаже, когда все провода и места их присоединения хорошо видны. В этом случае осмотром проверяется правильность присоединения каждого провода от одного зажима к другому по монтажной и принципиальной или развернутой принципиально-монтажной схеме. Особое внимание должно быть обращено на наличие проводов, подключенных к зажимам и не учтенных в схемах. Эти провода должны быть отключены от зажимов и изолированы или демонтированы.

Г.4.3 Метод проверки наличия цепи следует применять при скрытом монтаже (перфорации, в жгутах и при многослойном монтаже), а также при проверке кабельных связей.

Г.4.4 Проверку правильности многослойного внутреннего монтажа панелей, шкафов, пультов, агрегатных шкафов выключателей и т.п. заводского исполнения производить не следует за исключением случаев видимых повреждений, вызванных нарушением условий транспортировки и хранения.

Г.4.5 При «прозвонке» схемы на проверяемый провод подается напряжение от внешнего вспомогательного источника, присоединяемого между проверяемым и вспомогательным проводами по схеме, приведенной на рисунке 2. На другом конце между проверяемым и вспомогательным проводами подключается любой указатель наличия тока или напряжения. Указатель дает показания при подключении к проверяемому проводу и не дает при подключении к другим проводам. В качестве источников питания следует применять: сухие батареи, аккумуляторы, понизительные трансформаторы со вторичным напряжением от 6 до 24 В (так называемые «трансформаторы безопасности»). Использование для «прозвонки» мегомметров напряжением до 500 В допускается в крайних случаях. Указателем может быть лампа накаливания, светодиод, вольтметр, телефонные трубки, звонок, зуммер, сигнальное реле и пр. Обычно источник питания и указатель объединяются в одном устройстве, называемом пробником. Для «прозвонки» можно применять также различные омметры, например, в комбинированных приборах, а также приборы, построенные на базе различных генераторов с выходным зуммером. Вспомогательным проводом может быть земля, металлическая оболочка или другая жила проверяемого кабеля, специально проложенный временный провод.

Вместо телефонных трубок удобно использовать микротелефонные гарнитуры, которые не нужно держать в руке.

Для «прозвонки» можно использовать пробники промышленного изготовления, если они соответствуют требованиям безопасности. Преимуществом таких пробников является то, что они обеспечивают кроме проверки целости электрических цепей также индикацию наличия напряжения на проверяемой цепи. При проверке схем соединений, содержащих

полупроводниковые элементы и ИМС, не следует применять такие пробники, выходные уровни сигналов которых опасны для полупроводниковых элементов и ИМС. Обычно для этой цели используют омметры комбинированных приборов с соответствующими пределами.

Следует иметь в виду, что при «прозвонке» кабеля по схеме, приведенной на рисунке Г.2, в), разговор при «прозвонке» может заглушаться блуждающим током, протекающим в земле, или токами, наведенными в проверяемом проводе от сильноточных устройств. В таком случае в качестве вспомогательного провода вместо земли можно использовать ранее проверенную жилу проверяемого кабеля или жилу другого кабеля, концы которого находятся вблизи проверяемого.

Г.4.6 Рекомендуется следующий порядок «прозвонки» кабелей сложных схем:

- на основании монтажных и принципиальных схем использовать проектный или составить кабельный журнал по следующей форме:

Кабель №_____

Номера зажимов панели	Марка жилы кабеля	Номера зажимов панели

- отключить заземляющие проводники, имеющиеся в схемах;
- отсоединить провода от схемы с обеих сторон путем разъединения мостиков измерительных зажимов, снятием крышек испытательных блоков, приведением в разомкнутое состояние контактов реле, отсоединением проводов на рядах зажимов и на выводах аппаратуры;
- по одной из схем, приведенных на рисунке Г2, проверить правильность монтажа, при этом желательно отмечать цветным карандашом проверенный провод в месте его маркировки, в кабельном журнале и в развернутой принципиально-монтажной схеме;
- после «прозвонки» очередной жилы целесообразно сразу подсоединить ее на место с обеих сторон.

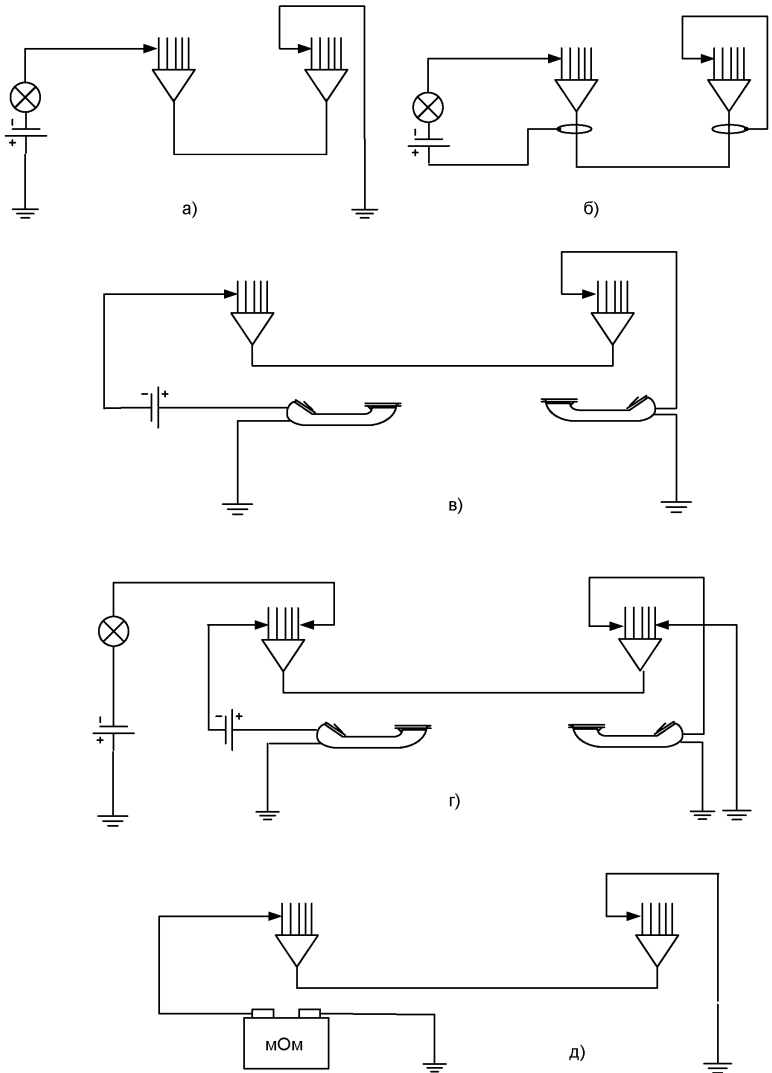


Рисунок Г.2 – Основные схемы «прозвонки» цепей

Г.4.7 При «прозвонке» следует обратить особое внимание на проверку соответствия проекту:

- положения контактов реле и кнопок диаграмме их переключений,
- полярностей обмоток реле и измерительных трансформаторов,
- подключения реле с несколькими обмотками
- правильности подключения контактов с магнитами гашения дуги к схеме оперативного тока.

Кроме того, следует контролировать место подключения перемычек на ряде зажимов (со стороны подключения кабелей или со стороны подключения внутренней коммутации панели). Это обстоятельство необходимо учитывать при сборке токовых цепей и при сборке схем, в которых различные режимы устанавливаются снятием или установкой контактных мостиков на испытательных выводах.

Г.4.8 При «прозвонке» схемы проверяется правильность маркировки проводов, кабелей, надписей под аппаратурой и соответствия этих надписей диспетчерским наименованиям первичного оборудования.

Г.5 Проверка изоляции

Г.5.1 Проверка изоляции включает в себя измерение сопротивления изоляции и испытание электрической прочности.

Г.5.2 Проверку изоляции при новом включении следует производить в два этапа:

I этап – предварительное измерение сопротивления изоляции отдельных узлов устройств РЗА (трансформаторы тока и напряжения, приводы коммутационных аппаратов, панелей, шкафов, пультов РЗА, контрольных кабелей и т.д.);

II этап – измерение и испытание электрической прочности изоляции устройств в полностью собранной схеме.

При техобслуживании действующих устройств РЗА первый этап может не выполняться, если результаты измерений в полной схеме удовлетворяют нормам. Второй этап целесообразно выполнять после предварительной проверки временных характеристик.

Измерение сопротивления изоляции следует производить:

- относительно земли (корпуса);
- между отдельными электрически не связанными между собой группами цепей, в частности, между группами цепей тока, цепей напряжения, оперативных цепей, цепей сигнализации и др.;
- между жилами контрольных кабелей тех цепей, где имеется повышенная вероятность замыкания между жилами с серьезными последствиями; к таким цепям относятся: токовые цепи отдельных фаз, где имеется реле или устройства с двумя и более первичными обмотками (реле КРС, КРБ, РТФ и др.), токовые цепи трансформаторов тока с номинальным значением тока 1 А, цепи газовой защиты, цепи конденсаторов, используемых как источник оперативного напряжения и т.п.;
- между верхними и нижними выводами испытательных блоков (при снятых крышках и отсоединенной на панели земле в этих цепях, если внутри блоков устанавливаются закорачивающие перемычки).

Г.5.3 Для проверки изоляции нужно провести следующие подготовительные работы:

а) убедиться, что проверяемые цепи полностью отсоединены от действующих цепей. Для этого необходимо:

1) отключить автоматические выключатели или предохранители в цепях оперативного напряжения, сигнализации, вторичных обмоток трансформатора напряжения (во избежание обратной трансформации напряжений на высокую сторону);

2) отсоединить от общих шинок цепи, не имеющие автоматических выключателей или предохранителей;

б) тщательно очистить всю проверяемую аппаратуру, кабельные разделки, ряды зажимов от пыли, грязи, ржавчины, влаги;

в) отключить от схемы все заземляющие проводники.

г) Исключить из проверяемой схемы все аппараты, изоляция которых проверяется более низкими уровнями напряжений. Для этого надо снять с панелей магнитоэлектрические, поляризованные реле, платы полупроводниковых нуль-индикаторов, закоротить выводы конденсаторов, диодов, стабилитронов, неоновых и электронных ламп, цепей выходных напряжений блоков питания полупроводниковых устройств РЗА, входных выводов промежуточных реле РП18, если они не закорачиваются обмотками других реле, резисторами или перемычками, установленными на выводах для проверки изоляции. От испытуемой схемы отсоединяются также терминалы микропроцессорных защит.

д) В пределах испытуемой схемы установить в рабочее положение переключатели, накладки, рабочие крышки испытательных блоков, кожухи аппаратуры.

е) Для панелей, выполненных на полупроводниковой элементной базе, установить в рабочее положение задние крышки кассет, переключатели защит и автоматические выключатели блоков питания, отсоединить от корпуса панели шинки питания, переключатели контроля изоляции блоков питания установить в отключенное положение (для устройств с блоками питания БП-180).

ж) Цепи, входящие в состав проверяемой схемы и отделенные от нее контактами реле или другой коммутационной аппаратурой, соединить с ней установкой в соответствующее положение ключей, накладок, контактов реле и т.п. или присоединить их к проверяемой схеме временными перемычками.

з) На рядах зажимов устройства РЗА целесообразно собрать все цепи, электрически связанные между собой в отдельные группы, объединив выводы с помощью гибкого неизолированного провода или иным способом, например, специально изготовленными перемычками с учетом конструктивных особенностей зажимов. Такими группами являются, например, токовые цепи проверяемой защиты, цепи напряжения, оперативные цепи и т.д. Оперативные цепи и цепи сигнализации, подключаемые к разным автоматическим выключателям или предохранителям, относят к разным группам.

При наличии на устройстве цепей, питающихся от двух аккумуляторных батарей, эти цепи должны быть объединены в разные группы. В случаях, когда в схемах имеются реле или измерительные приборы с обмотками, расположенными

на общем каркасе (ваттметры, счетчики и т.п.), следует эти обмотки выделить из схемы, соединить одну с другой и подключить к одной из испытуемых групп цепей.

Г.5.4 Процесс измерения сопротивления изоляции регламентируется нормативными документами (Объем и нормы испытания электрооборудования). При этом нормируются напряжения, используемые для измерения сопротивления изоляции, и минимально допустимые значения сопротивления изоляции. Методика измерения и выявления мест с ослабленной изоляцией рассматривается в настоящем пункте.

а) Напряжение, используемое для измерения сопротивления изоляции, зависит от рабочего напряжения испытуемых цепей. Измерение сопротивления изоляции цепей с рабочим напряжением выше 60 В следует производить мегаомметром с номинальным напряжением, указанным в таблице Г.1.

При проверке изоляции между фазами в токовых цепях, где имеются двухобмоточные реле с обмотками, включенными в разные фазы, необходимо учитывать, что они имеют пониженную электрическую прочность изоляции между обмотками (особенно, если они выполнены одновременной намоткой на общий каркас, и, следовательно, их провода касаются один другого). Эту проверку следует производить с помощью мегомметра с номинальным напряжением 500 В.

Измерение сопротивления изоляции цепей с рабочим напряжением 25÷60 В следует производить мегомметром с номинальным напряжением 500 В.

Измерение сопротивления изоляции цепей устройств РЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе с рабочим напряжением 24 В и ниже следует производить в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

б) Значение сопротивления изоляции относительно земли и между электрически не связанными цепями должно быть не менее значений, приведенных в таблице Г.1.

в) Для оценки состояния изоляции отдельных элементов схемы можно ориентироваться на средние опытные значения сопротивления изоляции, приведенные в таблице Г. 2

г) Измерение сопротивления изоляции следует производить в следующем порядке:

- Соединить все группы цепей, проверяемые мегаомметрами с одним и тем же номинальным напряжением, между собой с помощью вспомогательной шинки (удобно выполнить из гибкого оголенного проводника), измерить сопротивление изоляции относительно земли (рисунок.Г.3, а);

- Заземлить вспомогательную шинку и, поочередно отключая от нее каждую группу, измерить сопротивление изоляции этой группы относительно всех остальных групп, объединенных между собой и заземленных (рисунок Г.3, б).

Таблица Г.1 – Допустимое сопротивление изоляции относительно земли и между электрически несвязанными цепями

Испытуемый элемент	Напряжение мегаомметра, В	Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции, МОм
1. Шины постоянного тока на щитах управления и в распределительных устройствах (при отсоединенных цепях)	1000-2500	10
2. Вторичные цепи каждого присоединения и цепи питания приводов выключателей и разъединителей[1)]	1000	1
3. Цепи управления, защиты, автоматики и измерений, а также цепи возбуждения машин постоянного тока, присоединенные к силовым цепям	1000	1
4. Токовые цепи с многообмоточными реле, включенными в разные фазы токовых цепей	500	1
5. Вторичные цепи и элементы при питании от отдельного источника или через разделительный трансформатор, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже[2)]	500	0,5
6. Вторичные цепи микропроцессорных и микроэлектронных устройств на рабочее напряжение 24 В и ниже	По рекомендациям завода-изготовителя	
Примечания: [1)] Измерение производится со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, пускатели, автоматические выключатели, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т.п.). [2)] Должны быть приняты меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности, микроэлектронных и полупроводниковых элементов		

- При этом группа (группы) цепей, для которой предусмотрена проверка мегаомметром с меньшим номинальным напряжением (группа n + 1 на рисунке Г.3, б), должна быть заземлена и отключена от вспомогательной шинки.

Таблица Г.2 – Состояние изоляции отдельных элементов схемы

Наименование	Ориентировочное значение сопротивления исправной изоляции относительно «земли», МОм
1. Отдельные панели устройства РЗА с отключенными контрольными кабелями	50-100
2. Вторичные обмотки встроенных трансформаторов тока	10-20
3. Вторичные обмотки трансформаторов напряжения и выносных трансформаторов тока	50-100
4. Обмотки электромагнитов управления	15-25
5. Контрольный кабель длиной до 300 м	20-25

д) Для панелей, выполненных на базе полупроводниковых элементов и ИМС, измерение сопротивления изоляции следует производить сначала при вынутых из кассет модулях или блоках, а затем при вставленных. Вращение ручки мегаомметра с ручным приводом следует начинать медленно, постепенно доводя до номинальных оборотов. При бросках стрелки мегаомметра в направлении нулевого значения шкалы вращение ручки мегаомметра прекратить во избежание

повреждения полупроводниковых элементов. При использовании электронного мегаомметра измерение сопротивления изоляции необходимо производить, переходя с помощью переключателя выходных напряжений мегаомметра от меньших значений испытательного напряжения к большим значениям.

е) В случае пониженного значения сопротивления изоляции необходимо:

- Выяснить место и причину ухудшения изоляции (дефекты конструкции, неправильный монтаж или случайные местные дефекты, грязь, сырость, порча изоляции и пр.). Для этого следует разделить схему на участки и выделить те из них, которые имеют пониженное значение сопротивления изоляции. Затем, разделяя эти участки на более мелкие: отдельные обмотки, провода и детали и, проверяя сопротивление изоляции каждого из них, определить дефектный элемент;

- Устранить причины, вызвавшие ухудшение изоляции, затем повторить измерение.

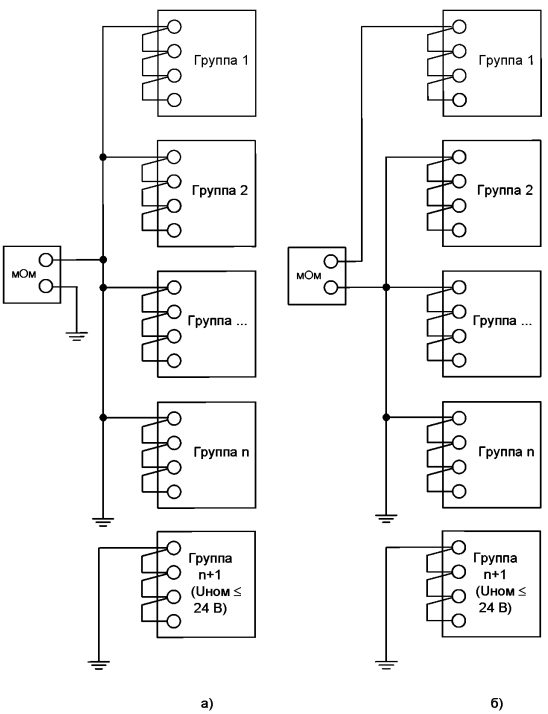


Рисунок Г.3 – Схемы измерения сопротивления изоляции

Г.5.5 После определения сопротивления изоляции следует произвести испытание электрической прочности изоляции всех объединенных в группы цепей (за исключением цепей с номинальным напряжением до 60 В) устройств РЗА, подвергшихся реконструкции, ремонту или вновь смонтированных, напряжением 1000 В синусоидального переменного тока частоты 50 Гц в течение 1 мин относительно земли. Такое же испытание следует произвести при первом профилактическом контроле.

Испытание электрической прочности изоляции производят с помощью специальных испытательных установок, изготавливаемых различными фирмами. При отсутствии испытательных установок испытания могут проводиться по схеме, приведенной на рисунке Г.4. В схеме в качестве повышающего трансформатора Т может быть использован трансформатор НОМ-3, НОМ-6 или любой другой трансформатор мощностью от 200 до 300 ВА с коэффициентом трансформации от 100/6000 до 200/1000. Для плавного регулирования напряжения используется автотрансформатор АТ типа ЛАТР или комплектное устройство достаточной мощности.

Резистор R служит для ограничения тока при пробое изоляции. В схеме на рисунке Г.4, а устанавливается резистор сопротивлением 1000 Ом, а в схеме на рисунке Г.4, б) сопротивление резистора R (Ом) подсчитывается по формуле:

$$R = \frac{100}{n_{TH}^2} \qquad (Г.1)$$

где n_{TH} – коэффициент трансформации повышающего трансформатора Т.

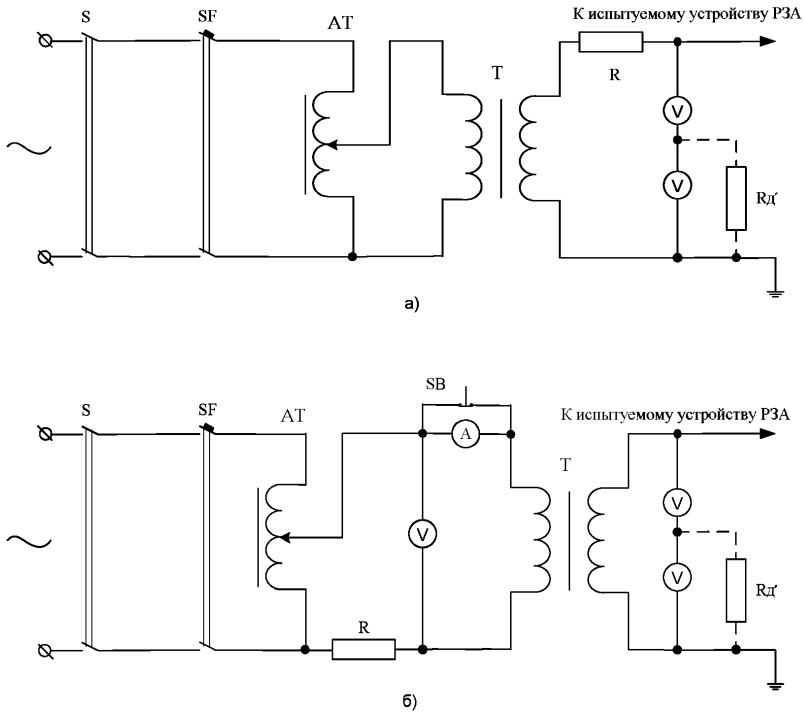


Рисунок Г.4 – Схема испытания электрической прочности изоляции

Измерение напряжения следует производить на стороне высшего напряжения повышающего трансформатора Т с помощью киловольтметра, двух одинаковых последовательно включенных вольтметров V или вольтметра с добавочным сопротивлением $R_д$. Допускается производить измерение на стороне низкого напряжения повышающего трансформатора при условии, что при испытании ток в обмотке низкого напряжения, измеряемый ампер метром А, не превышает тока холостого хода повышающего трансформатора

Перед производством испытаний следует:

а) выполнить все мероприятия, предусмотренные при производстве высоковольтных испытаний, а именно, убедиться в отсутствии напряжения в испытуемой схеме, оградить схему от возможного прикосновения, вывесить необходимые плакаты, удалить людей из зоны проведения испытаний, тщательно проверить схему для исключения попадания испытательного напряжения в другие схемы и др.;

б) соединить группы цепей для испытаний. Разветвленные цепи допускается испытывать по отдельным участкам для исключения перегрузок испытательной установки. Например, сложные цепи, связывающие несколько присоединений – схемы дифференциальной защиты шин, синхронизации, АВР, цепи напряжения и

сложных блокировок, – испытывать отдельными участками для каждого присоединения;

в) произвести непосредственно перед испытаниями измерение сопротивления изоляции относительно земли мегомметром. После присоединения к испытуемым цепям испытательной установки подать напряжение питания и произвести плавный подъем напряжения до 500 В.

Осмотреть с соблюдением правил техники безопасности всю испытываемую схему. В случае, если не замечено искрения или пробоя, и испытательное напряжение не изменяется, увеличить напряжение до 1000 В, которое подавать в течение 1 мин, после чего напряжение плавно снизить до нуля и отключить питание от испытательной установки. Испытательную схему замкнуть на землю для снятия остаточного заряда.

г) После окончания испытаний повторно измерить сопротивление изоляции мегомметром.

д) Изоляция устройства РЗА считается выдержавшей испытание на электрическую прочность, если во время испытания не произошло пробоя изоляции, перекрытия поверхности изоляции или резкого снижения показаний вольтметра испытательной установки, и значение сопротивления изоляции, измеренное до и после испытаний, существенно не изменилось.

е) Если устройства РЗА и вспомогательные цепи не выдержали испытания напряжением 1000 В, то после обнаружения места повреждения и устранения неисправности испытание следует повторить.

ж) При профилактическом восстановлении допускается проводить испытание электрической прочности изоляции относительно земли мегаомметром с номинальным напряжением 2500 В вместо испытания напряжением 1000 В переменного тока. Такая замена недопустима для устройств РЗА, содержащих полупроводниковые элементы и ИМС. Испытание мегаомметром проводится при тех же условиях, что и испытание напряжением 1000 В переменного тока.

з) После проведения испытания изоляции необходимо восстановить схему электрических соединений устройств РЗА и вспомогательных цепей.

Г.6 Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА

Г.6.1 При техническом обслуживании (ТО) производится проверка электрических и временных характеристик устройств РЗА. При плановом ТО действующего устройства РЗА до выполнения внутреннего осмотра, механической ревизии и проверки изоляции следует выполнить предварительную проверку временных характеристик устройства в полной схеме. Этим проверяется работоспособность устройства, выявляются дефекты, возникшие за время, прошедшее с момента предшествовавшего ТО, и элементы устройства, на которые проверяющему персоналу следует обратить первоочередное внимание. В противном случае, обнаружение дефектов при проверке временных характеристик только в конце ТО не дает ответа на вопрос, возникли ли эти дефекты ранее, или они внесены при данном ТО. Удобнее всего выполнять такую предварительную проверку с помощью испытательных устройств, обеспечивающих

автоматическую проверку устройств РЗА по специальным программам, например, типа РЕТОМ-51.

Конкретные перечни параметров и характеристик отдельных типов реле и устройств РЗА, а также условия их проверки определены инструкциями и методическими указаниями по техническому обслуживанию, разработанными для соответствующих типов реле и устройств РЗА. Устройства РЗА, в частности, микропроцессорные, для которых отсутствуют соответствующие методические материалы, проверяются в соответствии с указаниями фирм-изготовителей.

Программы, инструкции и методические указания по техническому обслуживанию должны в установленном порядке периодически пересматриваться с учетом опыта эксплуатации в целях повышения эффективности проверок устройств РЗА, с одной стороны, и облегчения труда обслуживающего персонала, сокращения времени на обслуживание и снижения вероятного количества ошибок, с другой стороны.

Методика проверки сложных устройств РЗА должна допускать возможность автоматической проверки соответствия параметров устройства заданным параметрам настройки срабатывания в пределах заданных допустимых отклонений. При этом оценка точности производится автоматически по факту фиксации попадания контролируемого параметра (значения параметра настройки срабатывания) в заданную область допустимого отклонения (погрешности).

Приведенные ниже общие указания по проверке электрических и временных характеристик реле и устройств РЗА являются основой, определяющей подход к этим проверкам, и предназначены для руководства при составлении или пересмотре методических указаний и инструкций на отдельные виды и типы реле и устройств РЗА.

Указания по проверке электрических и временных характеристик элементов приводов коммутационных аппаратов приведены в п. Г.7

Г.6.2 Проверку устройства РЗА или отдельных элементов можно производить на месте установки или в другом приспособленном для этой цели помещении. При проверке и настройке в другом помещении после возвращения устройства РЗА или отдельных элементов на место установки необходимо проверить контрольные точки их характеристик и работу этих устройств РЗА в полной схеме.

Г.6.3 При проверках устройств РЗА питание проверочных и испытательных устройств должно производиться, как правило, не от рабочих, а от посторонних источников постоянного и переменного напряжения через специальные щитки, обеспеченные защитой, чувствительной к коротким замыканиям в схеме испытаний.

Г.6.4 Для экономии времени и сокращения возможных ошибок проверку устройств РЗА следует производить с помощью комплектных испытательных устройств (переносных, передвижных или стационарных, а также встроенных в устройства РЗА).

Испытательные устройства должны обеспечивать возможность регулирования и измерения тока, напряжения и угла сдвига между ними в нужных пределах и быстрый переход (с помощью специальных переключателей)

от одних испытательных схем к другим и от проверки реле на одних фазах к проверке их на других, а также измерение временных характеристик устройств РЗА.

В качестве испытательного устройства целесообразно применять ранее выпускавшиеся устройства У5053, ЭУ 5001, или другие устройства, удовлетворяющие вышеуказанным требованиям, например, РЕТОМ-51, РЕТОМ-11 НПП «Динамика», Уран 1, 2 НПФ «Радиус». Рекомендации по выбору и использованию измерительных приборов для проверки устройств РЗА приведены в разделе Г.14.

Методические указания по автоматической проверке сложных устройств РЗА с помощью устройств типа РЕТОМ-51 и аналогичных ему должны допускать возможность проверки измерительных органов и логической схемы (алгоритма) устройства со стороны входных зажимов во всех, предусмотренных схемой, режимах его функционирования. Проверка должна производится путем подачи/снятия определенных последовательностей сигналов переменного тока и напряжения, а также внешних логических сигналов, на ряды зажимов устройства при значениях оперативного напряжения, равных:

- номинальному,
- 0,8 номинального,
- 1,1 номинального.

При проверке устройств РЗА с большим входным сопротивлением токовых цепей (например, электромеханических устройств) и недостаточным значением выходного напряжения в канале тока устройства автоматической проверки допускается подключение канала тока этого устройства непосредственно к проверяемому аппарату.

Для быстрой и качественной регулировки отдельных электромеханических реле и всего устройства РЗА в целом рекомендуется применять специальные наборы инструментов. Аналогично, для быстрого и качественного задания функций микропроцессорных устройств РЗА рекомендуется применять переносные компьютеры и программы задания параметров настройки срабатывания, поставляемые фирмами комплектно с устройствами РЗА.

Все испытательные устройства должны быть укомплектованы набором соединительных проводов для их подключения к источнику питания, проверяемому устройству РЗА и измерительным приборам. Все провода должны иметь маркировку с обоих концов и подобранные по размерам и форме наконечники к выходным зажимам испытательного и проверяемого устройства. Провода должны иметь хорошую изоляцию и защиту от механических повреждений. Для уменьшения влияния магнитных полей, создаваемых током соединительных проводов, облегчения сборки схемы и уменьшения загромождения рабочего места рекомендуется свивать соединительные провода в шнуры. В частности, для питания цепей тока и напряжения проверяемого устройства рекомендуются четырехжильные шнуры, для включения секундомера – двух и трехжильные и т.д. Для питания цепей переменного и постоянного напряжения достаточно применять сечения проводов от 1 до 1,5 мм^2 в основном по условиям механической прочности. По условиям нагрева для токовых цепей

рекомендуется применять провода сечением от 2,5 до 4 мм^2, а для соединения устройства с источником питания – от 4 до 6 мм^2. Для всех соединительных проводов рекомендуются гибкие многожильные провода с резиновой или хлорвиниловой изоляцией, а для цепей питания – шланговые провода с резиновой изоляцией. Должна иметься возможность подключения соединительных проводов к устройству РЗА под винт, чтобы избегать соскакивания проводов в процессе испытаний с возможностью повреждения аппаратуры, неправильных действий РЗА и т.п.

Г.6.5 При проверке и настройке электрических характеристик аппаратуры в схеме устройства РЗА ток и напряжение от испытательных устройств должны, как правило, подводиться к входным зажимам панели, по крайней мере, при новом включении. В этом случае учитывается наличие в цепях устройства различных вспомогательных аппаратов, влияющих на его характеристики, и обеспечивается одновременно проверка правильности монтажа устройства РЗА и взаимодействие реле в схеме.

Поскольку при плановом ТО возможна подача тока и напряжения от испытательных устройств через контрольные штекеры испытательных блоков, при новом включении должна быть проверена правильность монтажа цепей от ряда зажимов панели до испытательных блоков.

После присоединения устройства РЗА к действующим цепям подключение проверочной аппаратуры при проведении планового ТО может осуществляться с помощью контрольных штекеров испытательных блоков. Это целесообразно во избежание случайного попадания напряжения от проверочной аппаратуры в цепи трансформаторов тока, напряжения, оперативного напряжения и т.п. При этом все контактные шпильки контрольных штекеров, находящихся под рабочим напряжением, должны быть изолированы, а необходимые перемычки на штекерах выполняться изолированным проводом.

Г.6.6 Проверку электрических характеристик аппаратов, параметры которых зависят от формы кривой тока, например, некоторых индукционных реле с зависимой характеристикой, реле с насыщающимися трансформаторами, быстродействующих полупроводниковых реле и др., следует производить по схемам, обеспечивающим синусоидальность тока, подаваемого на реле защиты. Синусоидальность тока может быть обеспечена разными средствами, например, питанием проверочных устройств от линейных напряжений через понижающие трансформаторы достаточной мощности и с включением активных или индуктивных резисторов в цепь регулируемого тока и другими, более сложными путями.

При настройке или проверке электрических характеристик аппаратов, реагирующих на угол между векторами напряжения и тока или между векторами двух токов (напряжений), необходимо учитывать возможность появления вносимых испытательными установками дополнительных углов сдвига между измеряемыми и подаваемыми в проверяемый аппарат величинами. Следует, по возможности, исключить эти углы сдвига или учесть их при проверке.

Г.6.7 Параметры срабатывания реле или измерительного органа зависят от способа подачи сигнала на его вход: плавно или толчком, так как в состав реле и

датчиков сигнала входят реактивные элементы. При коротких замыканиях в энергосистеме все электрические величины на входе защиты меняются именно толчком, в отличие от режима перегрузки, где они изменяются плавно. При разработке устройств РЗА обычно в числе технических требований указывается допустимая динамическая погрешность определения значения параметра настройки срабатывания реле, то есть допустимый процент отклонения параметра настройки срабатывания, измеренной при плавном изменении входной величины и при ступенчатом изменении (подаче ее толчком). При подаче переменного напряжения или тока толчком возникают разнообразные переходные процессы, по разному влияющие на работу устройств РЗА.

Для быстродействующих реле такую погрешность учитывают при расчете параметров настройки срабатывания защит, при отсутствии возможности во время проверки точно воспроизвести в устройстве РЗА форму тока при повреждении и значение параметра настройки срабатывания при проверке определяют плавным изменением входной величины.

При плавном нарастании тока или напряжения легче обнаружить различные неисправности деталей электромеханических реле и ошибки в регулировке. Поэтому определение электрических параметров срабатывания и возврата всех реле следует производить, как правило, при плавном изменении электрических величин, на которые реагируют реле, если в инструкции или в указаниях завода-изготовителя по проверке данного реле нет других указаний. Испытательные устройства, обеспечивающие автоматическую проверку характеристик устройств РЗА, должны использовать в основном физически правильный динамический метод проверки параметров настройки срабатывания реле – при подаче входного воздействия толчком и с правильной формой переходного тока. Однако испытательные устройства автоматической проверки должны позволять также в необходимых случаях определять электрические параметры срабатывания и возврата реле при плавном изменении входной электрической величины или при ступенчатом изменении с достаточной степенью дискретности.

Г.6.8 При проверке необходимо учитывать термическую стойкость устройств РЗА, проявляя особую осторожность при подведении к проверяемому устройству токов или напряжений, превышающих длительно допустимые значения. В этом случае необходимо подавать ток (напряжение) кратковременно или исключать из схемы термически неустойчивые элементы.

Г.6.9 Времена срабатывания и возврата устройств РЗА, в том числе, промежуточных реле и реле времени в электромеханических устройствах определяются при номинальном значении оперативного напряжения на выводах панели. Если временные параметры промежуточных реле определяют селективность работы устройств РЗА, то они должны также проверяться и при изменении оперативного напряжения в диапазоне от 80 до 110 % номинального значения.

Временные параметры аппаратов, используемых в измерительных органах устройств РЗА, часто тарируются при определенных кратностях по отношению к параметру срабатывания (возврата). Кратности указываются в технических данных на это устройство.

Г.6.10 На устройствах РЗА должны быть выставлены параметры настройки срабатывания, заданные соответствующей службой РЗА в письменном виде. Параметры настройки срабатывания, если специально не оговорено, задают в первичных величинах. Эти параметры настройки срабатывания должны быть пересчитаны во вторичные величины с учетом коэффициентов трансформации трансформаторов тока, напряжения и схемы включения реле по следующим формулам:

$$Z_2 = \frac{I_1}{K_{TT}} K_{cxI}, \qquad (Г.2)$$

$$U_2 = \frac{U_1}{K_{TH}} K_{cxU}, \qquad (Г.3)$$

$$Z_2 = \frac{Z_1 K_{TT}}{K_{TH}}, \qquad (Г.4)$$

$$S_2 = \frac{S_1}{K_{TT} K_{TH}} K_{cxS}, \qquad (Г.5)$$

где I_1, U_1, Z_1, S_1 – первичные значения тока (А), напряжения (В), сопротивления (Ом) и мощности (В·А);

I_2, U_2, Z_2, S_2 – вторичные значения тока (А), напряжения (В), сопротивления (Ом) и мощности (В·А);

K_{cxI} – коэффициент схемы, учитывающий схему соединений вторичных обмоток трансформаторов тока, равный отношению значения тока, протекающего в устройстве в симметричном режиме, к значению тока во вторичной обмотке трансформатора тока;

K_{cxU} – коэффициент схемы, учитывающий соответствие между фазными и линейными значениями напряжения, задаваемых параметров настройки срабатывания и схемой включения реле во вторичных цепях;

K_{cxS} – коэффициент схемы, учитывающий соответствие между мощностью (однофазной или трехфазной), заданной в первичных параметрах настройки срабатывания и в схеме подключения устройства ко вторичным цепям;

K_{TT}, K_{TH} – коэффициенты трансформации трансформатора тока и трансформатора напряжения.

Желательно в целях уменьшения вероятности ошибок при настройке устройства указывать в параметрах настройки срабатывания, задаваемых службой РЗА, также их вторичные (пересчитанные) значения. Это особенно важно, например, в случаях, когда коэффициенты схемы не равны единице, или когда дистанционная защита трансформатора подключена к трансформаторам тока со стороны обмотки высокого напряжения, а трансформаторы напряжения, питающие дистанционную защиту, подключаются к обмотке низкого напряжения силового трансформатора.

Г.6.11 Промежуточные реле и реле времени электромеханических устройств РЗА допускается проверять отдельно от общей схемы, отключая от нее обмотки реле или снимая сами реле с панели, если при этом в реле обеспечивается ток, как в реальной схеме. Если же в схеме предусмотрены токоограничивающие резисторы, конденсаторы, диоды, резисторы, шунтирующие обмотки реле и

другие элементы, влияющие на работу реле в схеме, то проверка должна производиться вместе с этими элементами. При этом следует учитывать такие факторы, как длительность подачи напряжения в схему до начала измерения (для того, чтобы успели полностью зарядиться конденсаторы, участвующие в работе схемы), как возможные изменения в цепях, шунтирующих обмотку испытуемого реле, в процессе измерения, как возможные колебания оперативного напряжения от испытательных устройств.

В случае если проверка аппаратуры производилась со снятием с панели (шкафа, ящика, пульта и т.п.) и отключением проводов внешней коммутации, после окончания проверки и подсоединения аппарата должна быть проверена его схема соединений одним из способов, указанных в п. Г.4.

Г.6.12 Регулировку и настройку параметров настройки срабатывания аппаратуры необходимо выполнять с учетом следующих дополнительных условий:

- для выходных быстродействующих реле постоянного тока (или реле, воздействующих на выходные), ложное кратковременное срабатывание которых может привести к действию коммутационных аппаратов или устройств противоаварийной автоматики, необходимо устанавливать напряжение срабатывания реле равным от 60 до 65 % номинального значения оперативного напряжения. Это необходимо для того, чтобы предупредить импульсное срабатывание реле при пробоях изоляции в цепях оперативного постоянного тока;

- проверка шкалы параметров настройки срабатывания электромеханических реле должна производиться с учетом имеющихся разбросов параметров реле в связи с зависимостью времени срабатывания от фазы включения тока или напряжения. Поэтому значение параметра настройки срабатывания определяют как среднее арифметическое значение из трех измерений на одной точке шкалы для электромеханических реле и среднего из десяти измерений для быстродействующих полупроводниковых реле. В последнем случае может быть использовано устройство включения в заданную фазу. При этом можно также ограничиться тремя измерениями;

- электромеханические токовые реле, реле напряжения, времени, сопротивления, мощности, а также пусковые и блокирующие устройства следует проверять только при рабочем значении параметра настройки срабатывания, а также на тех делениях шкалы, где параметры настройки срабатывания изменяет оперативный персонал;

- электромеханические промежуточные реле, реле тока и напряжения, имеющие несколько обмоток, включенных в разные цепи, должны проверяться при подаче тока или напряжения поочередно в каждую из обмоток. Кроме того, должна быть проверена полярность включения обмоток;

- настройку значений параметров настройки срабатывания реле сопротивления производят при заданных углах и токах настройки в соответствии с инструкцией по техническому обслуживанию дистанционных защит;

Настройку параметров срабатывания микропроцессорных защит выполняют путем задания их через дисплей устройства или по специальной программе задания параметров настройки срабатывания через подключенный компьютер.

После ввода требуемых значений производят их проверку подачей соответствующих величин от испытательного устройства. При отсутствии промежуточных контрольных точек и наличии только выходных и сигнальных реле, например, у микропроцессорных устройств следует использовать выделение одного из этих реле (которое можно перепрограммировать) для проверки различных внутренних функций устройств.

Г.6.13 При выполнении работ в устройствах с микроэлектронной элементной базой модульной или блочной конструкции следует дополнительно соблюдать следующие меры предосторожности:

- при необходимости работы с модулем вне панели заземлить шасси модуля;
- запрещается при протекании через устройство РЗА рабочего тока вынимать модули, содержащие токовые элементы и цепи, при вставленных рабочих крышках испытательных блоков в токовых цепях, поскольку самостоятельно закорачивающие цепи токовые штекерные разъемы не всегда обеспечивают надежный контакт при вынутом модуле (блоке);
- во избежание повреждений микросхем модули и блоки вынимать из кассет и вставлять их в кассеты следует только при отключенном блоке питания.

Г.6.14 В параметрах настройки срабатывания на устройства РЗА следует, как правило, указывать полное время работы устройства РЗА или его отдельных ступеней. В случае, когда указанное в параметрах настройки срабатывания время действия ступени или устройства РЗА должно быть выставлено непосредственно на элементе задержки, это должно быть специально оговорено. В полное время работы устройства РЗА входит время от момента приложения воздействующей величины на вход устройства РЗА до момента замыкания контактов выходных реле, воздействующих на отключение (включение) коммутационных аппаратов или на другие устройства РЗА.

Поэтому запускать секундомер следует одновременно с подачей аварийных параметров тока, напряжения или дискретного сигнала на вход устройства РЗА, а останавливать от контакта выходного реле схемы. Регулируя при этом время действия элементов задержки, реле времени или промежуточных реле (имеющих такую регулировку), добиваются, чтобы полное время работы устройства РЗА было равно заданному.

Учитывая изложенное выше, целесообразно проверку времени действия устройств РЗА совмещать с проверкой временных характеристик устройств РЗА.

Время срабатывания или возврата отдельных элементов в сложных защитах, в том числе на ИМС, измеряется с помощью выносных или встроенных приспособлений и выносного или встроенного в испытательное устройство секундомера.

Для таких схем измерение времени действия отдельных элементов устройств РЗА можно производить с помощью дополнительного быстродействующего (герконового) реле, включаемого на выход схемы. При этом следует проверять допустимость дополнительной нагрузки на бесконтактном выходе схемы и при недопустимости этой нагрузки включать герконовые реле через полупроводниковый повторитель.

Время срабатывания этого реле при измерении небольших выдержек времени следует вычитать из измеренного времени.

Г.6.15 Параметры срабатывания устройств РЗА следует настраивать при текущем техническом обслуживании в случаях, если отклонения параметров настройки срабатывания устройств РЗА отличаются от ранее выставленных на значения более, чем указанные в таблице Г3. Допустимое отклонение выражено в единицах измерения параметра или в процентах от заданного значения параметра настройки срабатывания.

Таблица Г.3 – Отклонения параметров настройки срабатывания устройств РЗА

Наименование параметра	Допустимое отклонение
1. Выдержка времени быстродействующих защит без элемента задержки	См. примечание
2. Выдержка времени устройств РЗА с элементами задержки на базе электромеханических реле, с: реле времени с максимальным значением параметра срабатывания более 3,5 с реле времени с максимальным значением параметра срабатывания менее 3,5 с устройства БАПВ, УРОВ, противоаварийной автоматики, выполненной с реле времени повышенной точности (с максимальным значением параметра срабатывания по времени 1,3 с)	 ±0,1 ±0,06 ±0,03
3. Выдержка времени устройств РЗА с зависимой характеристикой, с: в зависимой части (контрольные точки) в независимой части	 ±0,15 ±0,1
4. Выдержка времени встроенных в привод реле в независимой части (с учетом времени отключения выключателя), с	±0,15
5. Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных в привод, %	±5
6. Сопротивление срабатывания дистанционных органов устройств РЗА, %	±3
7. Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения, %	±3
8. Ток и напряжение срабатывания для отключающих и включающих катушек приводов коммутационных аппаратов, %	±5
9. Мощность срабатывания реле мощности, %: Устройств РЗА (кроме измерительных органов противоаварийной автоматики) Измерительных органов противоаварийной автоматики	 ±5 ±3
10. Напряжение и ток срабатывания реле постоянного тока, %	±(3-5)
11. Коэффициент возврата реле: не встроенного в привод встроенного в привод	 ±0,03 ±0,05
12. Напряжение и ток прямой, обратной и нулевой последовательности пусковых органов устройств РЗА, %	±5
13. Выходные напряжения блоков питания полупроводниковых защит, %: стабилизированные нестабилизированные	 ±(1-3) ±(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 устройств РЗА, %	±(5-10)
17. Напряжение срабатывания устройства блокировки неисправности цепей напряжения, %	±(10-15)
18. Сопротивление компенсации сопротивления обратной	от 5 до 10

Наименование параметра	Допустимое отклонение
последовательности, %	
19. Ток компенсации емкостного тока ВЛ, %	±15
20. Проводимость компенсации емкостной проводимости ВЛ, %	±15
21. Координаты особых точек характеристик реле сопротивления, %	15-20
22. Время срабатывания и возврата промежуточных реле, для которых оно задано в параметрах настройки срабатывания, в инструкциях или методических указаниях, %	±10
Примечание – В соответствии с указаниями завода-изготовителя. Если допустимое значение не указано, то оно определяется как сумма максимальных значений времени срабатывания последовательно работающих элементов.	

Г.7 Проверка электрических и временных характеристик управления коммутационных аппаратов

Под коммутационными аппаратами, рассматриваемыми в настоящем параграфе, понимаются выключатели, предназначенные для коммутации токов нагрузки и отключения токов КЗ, а на подстанциях упрощенного типа – короткозамыкатели и отделители, также предназначенные для отключения токов КЗ путем создания искусственного короткого замыкания, которое чувствует защита на питающем конце линии электропередачи.

В электроэнергетике России используется несколько типов выключателей как отечественного, так и зарубежного производства. Наибольшее распространение имеют масляные и воздушные выключатели. Для относительно низких напряжений используются также электромагнитные выключатели. Все более широкое распространение приобретают элегазовые и вакуумные выключатели.

Для управления коммутационными аппаратами используются привода электромагнитные, пневматические, пружинные, грузовые и другие. Привод и управляемый им коммутационный аппарат следует рассматривать как единое целое. Правильность работы коммутационного аппарата зависит от правильности регулировки привода и наоборот. Поэтому регулировать механизм привода необходимо совместно с регулировкой аппарата.

Обязательным условием правильной работы привода является полная исправность всех деталей его механизма, чистота, отсутствие ржавчины, надлежащая смазка, выполнение всех требований в части зазоров, люфтов и др. требований, излагаемых в нормативных материалах и инструкциях фирм-изготовителей. Только после выполнения всех требований к механике привода имеет смысл производить проверку его электрических характеристик.

Проверку электрических и временных характеристик следует производить в объемах, указанных в Приложении А на механически исправных приводах после их ревизии и проверки правильности регулировки их блок-контактов. Вследствие большого разнообразия коммутационных аппаратов и приводов перед проверкой их электрических характеристик следует изучить материалы фирм-изготовителей, поскольку в ряде случаев указанные объемы не совпадают с требованиями изготовителя. Например, проверка блока управления вакуумного выключателя

ВВ-TEL, имеющего единственный электромагнит, управляющий, как включением, так и отключением, должна выполняться по особым требованиям.

При техническом обслуживании следует измерить сопротивления постоянному току электромагнитов управления и контактора электромагнитов включения. Измерение можно производить с помощью моста постоянного тока или методом амперметра и вольтметра с ближайшего к приводу ряда зажимов.

Для электромагнитов с форсировкой при включении это измерение следует произвести как в режиме форсировки, так и в режиме ввода дополнительной части обмотки или сопротивления путем дешунтирования блок-контакта электромагнита от руки. Измеренное значение должно соответствовать данным завода-изготовителя.

При новом включении или реконструкции следует измерить также сопротивление постоянному току всей цепи включения и всей цепи отключения (или всех упомянутых цепей для выключателей с пофазным приводом или для выключателей с двумя электромагнитами отключения) от шин постоянного тока, как в нормальной схеме, так и при закороченных электромагнитах управления. По измеренным значениям расчетным путем следует убедиться в том, что падение напряжения в кабелях управления в момент включения и отключения не превышает 10 % номинального значения. Для воздушных выключателей с электромагнитами, имеющими форсировку, падение напряжения в кабелях необходимо определять при расчетном токе, составляющем 50 % от установившегося значения при не сработавших электромагнитах (блок-контакты форсировки замкнуты).

Для электромагнитов с внешним токоограничивающим резистором (выключатели ВВД-330, ВВБ-500 и ВВБ-750) при новом включении следует отрегулировать в соответствии с требованиями завода-изготовителя, а при последующих проверках измерить от шинок управления сопротивление постоянному току петли включения и отключения каждой фазы в режиме форсировки и после ввода дополнительной части сопротивления. В состав петли входят жила включения (отключения), токоограничивающий резистор данной фазы, обмотка электромагнита и обратный провод до отрицательной шинки управления. Цепи электромагнитов других двух фаз должны быть разомкнуты. При проверках при новом включении для этих выключателей следует убедиться в том, что в наиболее тяжелом случае (при одновременном отключении наибольшего реально возможного числа выключателей) напряжение на шинках управления не будет ниже 80 % номинального значения.

Необходимо проверить параметры срабатывания и возврата электромагнитов управления и контакторов электромагнитов включения.

Для всех электромагнитов отключения и включения электромагнитных, ручных, пружинных и грузовых приводов, электромагнитов управления воздушными выключателями и контакторов включения электромагнитных приводов постоянного и переменного тока различают напряжение (ток) надежной работы и напряжение (ток) срабатывания.

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, гарантированными заводом-изготовителем для данной конструкции. При проверках определяется не абсолютное значение этого напряжения (тока), а только то, что оно не превышает нормативного значения.

Напряжением (током) срабатывания считается минимальное напряжение (ток), при котором электромагнит отключает или включает коммутационный аппарат с возможным отклонением временных и скоростных характеристик от гарантированных заводом-изготовителем. При проверках определяется либо абсолютное значение этого напряжения, либо то, что оно не превышает нормативного значения.

Для всех электромагнитов определение параметра срабатывания производится при плавном увеличении напряжения или тока, т.е. определяется напряжение или ток срабатывания. 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. Невелика и кинетическая энергия, накопленная сердечником в момент соприкосновения с отключающей планкой, так как 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;
- в некоторых конструкциях электромагнитных приводов начальное расстояние между головкой бойка и защелкой равно нулю, поэтому электромагнит начинает сразу, без свободного хода, поднимать защелку.

Напряжение надежной работы также подбирается при плавном увеличении напряжения. Затем значение напряжения надежной работы уточняется при подаче напряжения толчком.

Напряжение или ток срабатывания (возврата) является одним из основных показателей правильности сборки, регулировки и исправности привода. Если напряжение или ток срабатывания электромагнита чрезмерно велики (малы), то необходимо выяснить причину неисправности электромагнита или привода.

Основные причины, вызывающие отказ электромагнитов, следующие:

- обрыв одной из секций двухсекционной обмотки;
- межвитковое замыкание в обмотке;
- неправильно выбранные номинальные параметры (напряжение и ток электромагнита);
- неисправность механизма: грязь, заусенцы, перекосы, малое начальное расстояние между бойком и защелкой, неправильно установленный магнитный зазор сердечника.

Неисправности обмоток постоянного тока определяют измерением их сопротивления. Неисправности обмоток переменного тока определяются при снятии их вольтамперных характеристик или при определении их сопротивления на переменном токе. Эти значения определяют при номинальном напряжении и

втянутом якоре, чтобы можно было сравнить результаты измерений с данными заводов-изготовителей. Неисправности механизма определяют осмотром или измерением статического усилия на отключающей планке. Повышенное напряжение или ток срабатывания исправного электромагнита указывает на неисправность привода, обычно на чрезмерно глубокое зацепление.

Электромагниты включения и отключения и контакторы включения постоянного тока можно проверять по простейшим схемам, приведенным на рисунке Г.5, *а), в)*. Схема на рисунке Г.5, *а)* применяется для проверки электромагнитов малой мощности, а на рисунке Г.5, *в)* – большой.

Для проверки шунтовых электромагнитов переменного тока рекомендуется схема, приведенная на рисунке Г.5 *б)*, а для сериесных (токовых) электромагнитов, работающих в схемах дешунтирования, схема на рисунке Г.5, *в)*.

При подборе реостатов, потенциометров и автотрансформаторов необходимо учитывать следующее:

- значение тока в обмотках токовых электромагнитов должно изменяться при втягивании сердечника в пределах от 5 до 10 %, поэтому реостат в схеме на рисунке Г.5, в) должен иметь достаточно большое значение сопротивления. Ориентировочное значение сопротивления реостата (R) может быть определено по приближенной формуле:

$$R = (2 – 3)\, X_э – R_э \qquad (Г.6)$$

где $X_э$ – индуктивное сопротивление обмотки электромагнита при втянутом положении сердечника, Ом;

$R_э$ – активное сопротивление обмотки электромагнита, Ом.

Проверять токовые электромагниты по схемам рисунке Г.5, *а), б)* недопустимо, так как они не обеспечивают соблюдения вышеуказанного условия.

Значение напряжения на обмотке электромагнита переменного напряжения не должно изменяться при втягивании сердечника. Для выполнения этого условия сопротивление потенциометра в схеме на рисунке Г.5, *а)* должно быть очень мало. Поэтому рекомендуется проверку этих электромагнитов производить с помощью автотрансформатора по схеме на рисунке Г.5, *б)*.

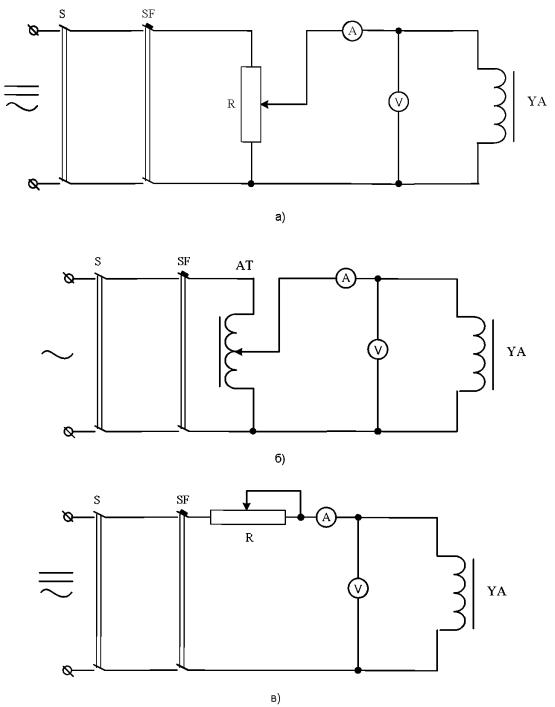


Рисунок Г.5 - Схемы для проверки электрических характеристик электромагнитов приводов коммутационных аппаратов

Во всех случаях при проверке электромагнитов постоянного тока сопротивление реостатов и части потенциометра, 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 за счет уменьшения результирующего отношения индуктивности к активному сопротивлению цепи. Напряжение надежной работы при этом снижается, что может вызвать ошибки в регулировке.

Поскольку проверка электромагнитов управления осуществляется, как правило, с помощью комплектных испытательных устройств, следует учитывать особенности испытательного устройства. В частности, для проверки электромагнитов постоянного тока в установках, например, У5053 используется пульсирующий выпрямленный ток. При недостаточном сглаживании значение напряжения или тока срабатывания может несколько искажаться. При проверке электромагнитов управления переменного тока внутреннее сопротивление устройства должно быть значительно меньше, чем сопротивление

электромагнита, чтобы, как говорилось выше, ток при втягивании сердечника изменялся в пределах от 5 до 10 %.

Для электромагнитов включения и отключения воздушных выключателей следует проверить работоспособность при наибольшем рабочем давлении воздуха и снижении напряжения на зажимах электромагнитов до 70 % номинального значения при питании привода от источника постоянного тока и 65 % номинального значения при питании привода от источника переменного тока. Этим проверяется, что напряжение срабатывания ниже нормируемого значения. Проверку следует производить со щита управления (релейного щита) подачей напряжения толчком. Напряжение, равное 70 (65) % номинального значения, подается либо от мощного источника пониженного напряжения (например, от зарядного агрегата, отпайки от аккумуляторной батареи и т.п.), либо создается искусственно путем ввода дополнительных электромагнитов в цепь питания электромагнитов выключателя от источника оперативного напряжения.

Для выключателей с последовательным включением электромагнитов трех фаз необходимо включить дополнительно два последовательно включенных электромагнита. Для выключателей с параллельным включением электромагнитов проверка производится пофазно (цепь электромагнитов двух других фаз разрывается) с включением дополнительно двух электромагнитов, собранных параллельно. В данном случае в качестве дополнительных электромагнитов могут быть использованы электромагниты двух других фаз. При отсутствии вспомогательных электромагнитов снижение напряжения на зажимах электромагнитов до 70 (65) % номинального значения можно произвести путем ввода активного добавочного сопротивления в цепь питания электромагнитов выключателя от источника оперативного напряжения по схеме рисунка Г.5, *в)*.

В такой схеме за счет последовательно включенного активного сопротивления увеличивается скорость нарастания тока в обмотках электромагнитов. Поэтому при испытании они работают при более легких условиях, чем в действительности. Чтобы компенсировать это различие, рекомендуется проверку производить при понижении напряжения в диапазоне от 0,5 до 0,6 $U_{ном}$ в зависимости от схемы соединений электромагнитов вместо нормируемого значения $0{,}65 \cdot U_{ном}$. Для выключателей с последовательным включением электромагнитов трех фаз значение этого сопротивления (R), в Ом, должно быть:

$$R = 0{,}75\ R_{эм} \qquad (Г.7)$$

где $R_{эм}$ – суммарное активное сопротивление обмоток трех электромагнитов.

Для выключателей с параллельным включением электромагнитов с форсированием, проверки производят по фазам (цепь двух других фаз разрывается), а значение добавочного сопротивления ($R_{доб}$) должно быть равным активному сопротивлению обмотки проверяемого электромагнита в режиме форсирования ($R_{эм}$):

$$R_{доб} = R_{эм} \qquad (Г.8)$$

Сопротивление всех участков кабеля от источника питания до электромагнитов не учитывается и идет в запас. Подачей напряжения на

электромагниты ключом управления или от выходного реле устройства защиты (АПВ) следует убедиться в отключении и включении всех фаз выключателя.

Для электромагнитов управления воздушных выключателей с внешними токоограничивающими резисторами (ВВД-330, ВВБ-500, ВВБ-750) работоспособность проверяется при снижении до 80 % номинального значения напряжения на шинках управления. Способы снижения напряжения такие же, как и указано выше. В случае снижения напряжения путем подключения добавочного резистора значение его сопротивления подбирается экспериментально.

Для электромагнитов отключения масляных выключателей следует проверить напряжение срабатывания, т.е. минимальное значение оперативного напряжения, при котором отключается выключатель.

Проверка производится непосредственно возле привода выключателя с использованием схемы рисунка Г.5, в следующем порядке:

- быстро, чтобы нагрев обмотки электромагнита был минимальным, увеличить напряжение до 35 % номинального значения. 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 значения. Зафиксировать напряжение на электромагните, которое было перед отключением выключателя, как напряжение срабатывания;

- если при плавном увеличении напряжения до 65 % номинального значения выключатель не отключится, то опробовать действие электромагнита при подаче этого же значения напряжения толчком. Если и при этом он не отключится, то отрегулировать привод.

При проверке напряжения срабатывания после каждой неудавшейся попытки отключить выключатель (при подаче напряжения толчком) возвратить отключающую защелку в исходное положение. При предварительной проверке возврат допускается производить вручную, перед окончательной проверкой следует отключить и включить выключатель от схемы управления.

Для контактора включения масляного выключателя с электромагнитным приводом необходимо проверить напряжение срабатывания и возврата с использованием схемы рисунка Г.5, *в)*.

При снятом питании электромагнита включения и установленных на контакторе гасительных камерах плавно увеличить напряжение на обмотке контактора включения и зафиксировать напряжение полного втягивания магнитной системы, которое должно быть не выше 65 % номинального значения. Плавно снижая напряжение, проверить напряжение возврата, которое не нормируется, но не должно существенно отличаться от данных предыдущих измерений (снижение напряжения возврата свидетельствует о нарушении механической регулировки, затираниях и т.п.).

Проверку напряжения срабатывания электромагнитов включения короткозамыкателей, электромагнитов отключения отделителей, электромагнитов включения и отключения выключателей с пружинными и грузовыми приводами осуществляют аналогично описанным в Г.7.3, г).

Напряжение срабатывания электромагнитов отключения отделителей и масляных выключателей с грузовым и пружинным приводами (а также электромагнитов включения короткозамыкателей) на постоянном и переменном оперативном напряжении не должно превышать 65 % номинального значения.

Напряжение срабатывания электромагнитов включения выключателей с грузовым и пружинным приводами на постоянном и переменном оперативном напряжении должно быть не выше 80 % номинального значения.

У электромагнитов, питающихся переменным током по схеме дешунтирования, проверяется ток срабатывания. На основании опыта эксплуатации рекомендуется обеспечивать ток срабатывания токовых электромагнитов не более 80 % тока срабатывания наиболее чувствительной защиты, действующей на этот электромагнит. Так как коэффициент чувствительности токовых защит в зоне основного действия должен быть не менее 1,5, то минимальное значение тока, проходящего по обмотке электромагнита при КЗ, должно быть в 1,5/0,8 = 1,9 раза больше значения его тока срабатывания. Соответственно, при КЗ в зоне резервного действия минимальное значение тока, проходящего по обмотке электромагнита при КЗ, должно быть в 1,2/0,8 = 1,5 раза больше значения его тока срабатывания. За счет этого обычно обеспечивается и необходимое время его работы.

Одновременно с токов срабатывания необходимо проверить падение напряжения на обмотке токового электромагнита для проверки пригодности трансформаторов тока, от которого работает электромагнит, и для проверки контактов реле, дешунтирующих обмотки электромагнита.

Для электромагнитов, работающих от предварительно заряженных конденсаторов, рекомендуется выполнить следующие условия:

- действительная емкость конденсатора, от которого работает электромагнит, должна быть от полутора до двух раз больше емкости срабатывания электромагнита;

- напряжение срабатывания – минимальное напряжение на конденсаторе, обеспечивающее работу электромагнита при отключенном источнике зарядного напряжения, должно быть равно примерно 50 % нормального.

- Такие значительные запасы объясняются следующими причинами:

- напряжение срабатывания электромагнитов отключения устанавливается обычно равным от 65 до 70 % напряжения питания. Следовательно, после длительного понижения напряжения питания конденсатор может быть заряжен от 65 до 70 % нормального напряжения. При таком напряжении и выясняется минимальная емкость, необходимая для срабатывания – емкость срабатывания.

- при новом включении привод и электромагниты находятся в хорошем состоянии: смазка не загустела, детали не загрязнены и не заржавели. Сопротивление изоляции между конденсатором и электромагнитом высокое. За несколько лет эксплуатации до очередного ремонта состояние привода ухудшается, вследствие чего усилие, требующееся от сердечника электромагнита, значительно увеличивается. Кроме того, ухудшается сопротивление изоляции цепей, и увеличивается утечка. Конденсаторы стареют, и емкость их уменьшается;

- разряд конденсатора на электромагнит продолжается сотые доли секунды. За это время электромагнит должен успеть сработать и освободить запирающий механизм привода. Ухудшение условий работы, несущественное для электромагнитов, питающихся, например, от аккумуляторной батареи, может вызвать отказ электромагнита при питании от конденсатора.
- для надежной работы и обеспечения необходимого времени работы выключателя электромагнит должен успеть сработать за время нарастания тока разряда конденсатора. При этом для обеспечения быстрого отключения выключателя необходимо, чтобы максимальное значение тока разряда значительно превышало ток срабатывания электромагнита.

Исходя из вышеизложенного, необходимо определить минимальное напряжение заряда блока конденсаторов для четкого срабатывания электромагнита, работающего от предварительно заряженных конденсаторов.

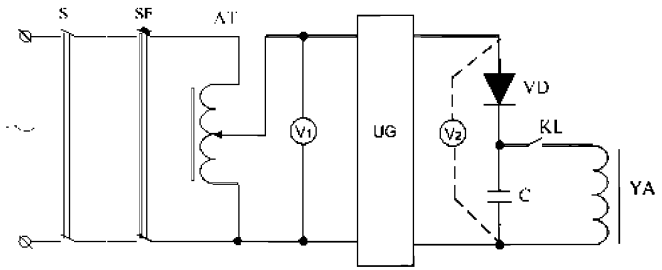


Рисунок Г.6 – Схема измерения минимального напряжения заряда конденсатора, необходимого для четкой работы электромагнита

Проверку следует произвести при совместной работе блоков конденсаторов и зарядных устройств с действием на электромагнит включения (отключения) по схеме рисунка Г.6 в следующем порядке:

- отключить от 30 до 50 % емкости конденсаторной батареи;
- зашунтировать контакты реле минимального напряжения зарядного устройства;
- подать пониженное напряжение на зарядное устройство для заряда конденсаторных батарей и после заряда измерить напряжение на конденсаторной батарее кратковременным подключением вольтметра с внутренним сопротивлением не менее чем 2 кОм/В;
- отключить зарядное устройство;
- подключить к заряженному конденсатору обмотку электромагнита;
- разрядить конденсаторы и увеличить напряжение на входе зарядного устройства, если электромагнит не работает или работает нечетко;
- повторить операцию заряда конденсаторов и подключение к ним обмотки электромагнита. Подобные операции произвести несколько раз до четкого срабатывания электромагнита.

Значение напряжения на выходе зарядного устройства, при котором

электромагнит четко срабатывает, должно быть не более 260 В (65 % номинального значения выпрямленного напряжения).

После этого следует подключить отключенную часть конденсаторной батареи, расшунтировать реле минимального напряжения зарядного устройства и при номинальном напряжении на батарее опробовать работу электромагнита с целью убедиться в отсутствии ошибок при восстановлении цепей.

Проверка электромагнитов приводов большинства элегазовых и вакуумных выключателей принципиально не отличается от проверки их в приводах масляных выключателей. Особенности проверки должны быть изложены в заводских инструкциях.

Особое место занимают вакуумные выключатели с так называемой магнитной защелкой (BB-TEL). Длительное включенное состояние этих выключателей обеспечивается за счет остаточной магнитной индукции в магнитной системе привода. Привод снабжен единственным электромагнитом управления, обеспечивающим включение выключателя при подаче на него напряжения от блока управления, поставляемого комплектно с выключателем. Отключение выключателя происходит при подаче на электромагнит напряжения обратной полярности от предварительно заряженного конденсатора в блоке управления. Техническое обслуживание такого привода осуществляется в соответствии с инструкциями фирмы-изготовителя. В настоящее время не накоплен достаточный опыт эксплуатации таких приводов, в частности, влияние старения и загрязнения конденсаторов, участвующих в процессе включения, повторного включения и отключения, влияние износа контактных систем промежуточных реле в блоке управления на надежную работу выключателя.

Проверяется надежность работы приводов коммутационных аппаратов в полной схеме при значениях оперативного напряжения 0,9Uном на включение и $0{,}8U_{ном}$ на отключение. При этих же значениях напряжения проверяется надежность работы контакторов и автоматов многократными включениями и отключениями. Способы получения пониженного напряжения аналогичны указанным в Г.7.4.3. При плановом техобслуживании надежность работы привода проверяется при номинальном оперативном напряжении.

Проверяется время включения (отключения) выключателя, время включения короткозамыкателя и отключения отделителя, время готовности привода для приводов с механизмом или электрической схемой для повторного включения в цикле АПВ.

Вышеперечисленные работы выполняются персоналом, которому это вменено в обязанность положениями по разграничению зон обслуживания, по методикам, принятым для данного типа коммутационного аппарата.

Г.8 Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА.

Г.8.1 Проверку взаимодействия элементов устройств РЗА следует производить в целях определения правильности выполнения монтажа, его соответствия принципиальной схеме устройства РЗА (особенно важно при проверках тех типовых панелей устройств РЗА, для которых проверка

правильности монтажа согласно п. Г.4.4 методом «прозвонки» не производится) и исправности отдельных элементов устройств РЗА.

Г.8.2 Проверку взаимодействия следует производить при оперативном напряжении, равном 80 % номинального значения.

Во время проверки взаимодействия по мере срабатывания реле изменяется потребление проверяемого устройства. При недостаточно мощном источнике питания это может привести к изменению оперативного напряжения на панели, особенно при простейшей схеме питания через потенциометр. Например, потребление по оперативным цепям широко распространенной панели ЭПЗ-1636 колеблется от 110 Вт в режиме дежурства до 370 Вт в режиме срабатывания. Поэтому в процессе проверки необходимо по возможности использовать низкоомные потенциометры, установки с малым внутренним сопротивлением, контролировать значение оперативного напряжения и, при необходимости его корректировать. Фирмы-изготовители в своей документации должны давать внешние характеристики испытательных устройств.

Г.8.3 В объем проверки взаимодействия элементов устройств входит проверка взаимодействия всех элементов, изображенных на принципиальной проектной схеме, включая оперативные цепи, выходные цепи, цепи сигнализации, резервные выходные цепи. Проверяется надежность отсоединения элементов типовой схемы, отключенных в соответствии с проектной схемой.

Г.8.4 Проверку взаимодействия реле в схемах устройств РЗА, выполненных на базе электромеханических реле, следует производить, как правило, вызывая замыкание и размыкание контактов реле путем непосредственного воздействия от руки на якорь реле. При необходимости проверки монтажа схемы или в процессе проверки ее отдельных элементов допускается замыкание или размыкание отдельных контактов реле методами, не нарушающими механическую регулировку контактной системы реле. Запрещается в процессе проверки подкладывать под контакты реле материалы и предметы, которые могут загрязнить контакты реле или нарушить их механическую регулировку. Вызывая необходимые комбинации срабатываний и возвратов реле, сопоставляют реакции схемы устройства с принципиальной схемой и имитируемыми условиями. Поочередно проверяется действие каждого из контактов схемы на срабатывание или блокировку элементов схемы.

Проверку взаимодействия сложных устройств РЗА, выполненных на базе ИМС, следует производить путем подачи входных воздействий с помощью блоков тестового контроля, имеющихся в таких устройствах. В отдельных случаях, когда объем операций, выполняемых блоком тестового контроля, недостаточен для проведения имитируемых режимов, проверку взаимодействия можно производить путем подачи тока, напряжения от посторонних источников на ряды зажимов устройства, путем замыкания или размыкания контактов устройства. Также допускается вызывать требуемые воздействия путем подачи сигналов логического нуля (он часто оказывается связанным с корпусом панели) в контрольные точки схемы за исключением той точки, на которую подан положительный потенциал блока питания. Эту проверку нужно производить с особой осторожностью с тем, чтобы ошибочно не подать сигнал логической

единицы, что может привести к повреждению микросхемы. Реакцию устройства следует определять по светодиодной сигнализации, срабатыванию указательных реле, действию промежуточных реле и с помощью омметра или вольтметра, подключенного на выводах устройства к выходным цепям. Для некоторых устройств целесообразно на время проверки устанавливать временную перемычку для подключения выходной группы реле, отключаемой во время тестового опробования.

Взаимодействие микропроцессорных терминалов и функций внутри терминалов проверяется как с помощью тестового контроля, так и подачей входных токов и напряжений, имитирующих аварийные режимы.

Г.8.5 При проверке взаимодействия устройств РЗА определяют:

- правильность последовательности работы элементов схемы устройства от пусковых до выходных элементов. В устройствах РЗА, имеющих разделение цепей по отдельным фазам, – правильность работы и соответствие фаз входного и выходного воздействий, отсутствие связи между цепями отдельных фаз или наличие предусмотренной схемой взаимосвязи;
- отсутствие обходных связей, приводящих к ложному срабатыванию элементов схемы, которые не должны реагировать на подаваемые входные воздействия;
- правильность работы схемы в зависимости от состояния реле направления мощности в устройствах РЗА, имеющих такие реле;
- наличие замедления при срабатывании в устройствах РЗА, действующих с выдержкой времени;
- правильность взаимодействия элементов устройства, относящихся к цепям каждой из ступеней в устройствах РЗА, имеющих несколько ступеней.
- правильность действия блокировок (*например: блокировки при качаниях, при неисправностях цепей напряжения*);
- правильность переключений в цепях тока и напряжения, достоверность маркирования фаз тока и напряжения;
- правильность работы устройства РЗА во всех положениях переключающих устройств: ключей, переключателей, накладок, испытательных блоков, штекерных разъемов, автоматических выключателей, контактных мостиков измерительных зажимов в случаях, когда с их помощью выставляется режим работы схемы. В последнем случае следует обратить внимание на надежность фиксации отключенного положения контактных мостиков. Учитывая ненадежность контактных мостиков измерительных зажимов, не рекомендуется использовать измерительные зажимы для изменения режима работы схемы;
- правильность подключения выводов обмоток (соблюдение полярности) на промежуточных реле с несколькими обмотками, правильность работы реле по цепям основной и удерживающих обмоток;
- правильность и полнота содержания надписей под переключающими устройствами, реле, блоками, комплектами в соответствии с обозначениями проектной схемы и диспетчерскими наименованиями первичного оборудования;

- соответствие положения переключателя параметров настройки срабатывания выставленной метке (*например: для защит обходных выключателей*);

- надежность отстройки промежуточных реле, обмотки которых включены через добавочные резисторы, от срабатываний, не предусмотренных схемой (по цепям удерживания), надежность удерживания реле через добавочные резисторы;

- четкость и стабильность срабатывания промежуточных реле, отсутствие «зависаний» якоря реле;

- эффективность работы и правильность включения контуров гашения искры, если это возможно оценить по поведению контактов;

- правильность работы устройств сигнализации: табло, светодиодов, указательных реле;

- правильность включения цепей, содержащих разделительные диоды в оперативных цепях, в цепях сигнализации и выходных цепях. Следует измерить с помощью омметра сопротивления резисторов (если они предусмотрены схемой) в цепях выходных контактов и в цепях сигнализации устройства. С помощью вольтметра следует проверить значение напряжений в цепях аналоговых выходных сигналов, например, при использовании бесконтактных схем управления коммутационными аппаратами;

- правильность работы схемы сигнализации при действии максимального количества сигналов, цепи которых включаются параллельно одна другой;

- обеспечение однократности действий устройства, например, АПВ, а также выполняется ориентировочная оценка времени повторной готовности устройства к работе;

- отсутствие ложных срабатываний устройства при подаче и снятии оперативного напряжения, при возникновении помех, вызванных коммутациями отдельных элементов с большой индуктивностью проверяемого и других (расположенных вблизи проверяемого) устройств РЗА, а также из-за наводок на жилах контрольных кабелей при операциях с выключателями и разъединителями. Следует обратить внимание, что при проверке взаимодействия микропроцессорных устройств и устройств на ИМС неправильные действия, вызываемые помехами, не всегда выявляются. Поэтому вопросы электромагнитной совместимости таких устройств должны решаться тщательной проверкой принятых проектных решений и проверкой электромагнитной обстановки на объекте, особенно важно при замене электромеханических устройств на микропроцессорные в действующих объектах;

- обеспечение полноты имитируемых режимов для проверки всех элементов устройства, изображенных на принципиальной схеме;

- снятие напряжения с группы выходных реле при переводе устройства РЗА в режимы «ВЫВОД» и «ПРОВЕРКА».

Перечисленные выше основные пункты проверки взаимодействия устройств РЗА могут быть дополнены при предварительном анализе проверяемых схем.

Г.8.6 Проверку взаимодействия элементов схем управления коммутационными аппаратами следует осуществлять в следующей последовательности:

- предварительно опробовать взаимодействие элементов схемы без воздействия на коммутационный аппарат. Для этого необходимо временно разомкнуть цепи электромагнитов управления (размыканием разъемов электромагнитов, отключением автоматического выключателя в цепи электромагнита включения масляного выключателя и т.п.). Допускается ограничивать токи, протекающие по обмоткам, путем ввода добавочного резистора в цепь, соединяющую общую точку обмоток электромагнитов с отрицательным полюсом источника оперативного напряжения. Для схем управления воздушным выключателем целесообразно выполнить путем размыкания контакта манометра, разрешающего управление выключателем;

- при опробовании цепей управления коммутационными аппаратами следует обратить особое внимание на:

а) действие защиты от непереключения фаз выключателя (для выключателей с пофазными приводами) на отключение выключателя и на размыкание цепи обмоток электромагнитов при имитации неполнофазного включения (отключения) выключателя;

б) правильность взаимного включения основной и удерживающих обмоток реле блокировки по давлению;

в) наличие подхвата импульса, подаваемого на электромагниты, необходимого для предотвращения повреждения контактов реле и ключей;

г) обеспечение завершения операции при снижении давления ниже параметра настройки блокировки в процессе операции.

- восстановить цепи обмоток электромагнитов управления и проверить:

а) отключение и включение аппарата от устройств дистанционного управления (ключей, кнопок), а также от всех предусмотренных схемой реле защиты и автоматики;

б) действие блокировки по давлению воздуха при фактическом снижении давления на выключателе ниже параметров настройки срабатывания;

в) действие блокировки от многократных включений;

г) работу выключателей во всех режимах автоматического повторного включения (ТАПВ, УТАПВ, ОАПВ). Имитацию режимов ОАПВ удобно производить с помощью схемы, приведенной на рисунке Г.7, если отсутствует установка ЭУ 5001. В этой схеме к токовым цепям избирателей проверяемой фазы выключателя через размыкающий контакт реле KL (серии РП 251) подводится ток, достаточный для срабатывания избирателя, затем нажатием кнопки SB на время, превышающее время цикла ОАПВ, производится кратковременный пуск схемы ОАПВ.

- при недостаточной мощности регулировочного устройства, понижающего оперативное напряжение до значения, равного $0{,}8U_{\text{ном}}$, проверки взаимодействия при подключенных электромагнитах управления производятся при номинальном значении оперативного напряжения.

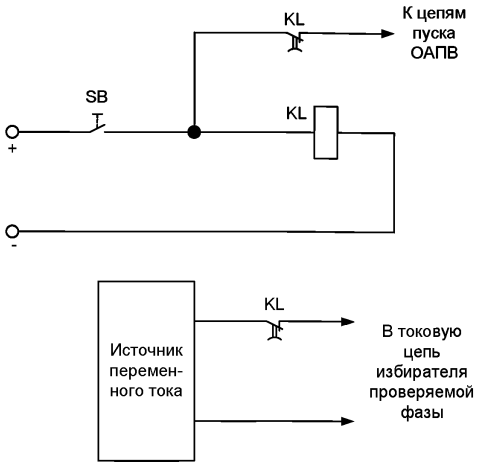


Рисунок Г.7 – Схема для опробования ОАПВ

Г.8.7 Отыскание неисправностей, выявленных при опробовании взаимодействия устройства, удобно производить, измеряя напряжения в различных точках проверяемой цепи высокоомным вольтметром. Измерения могут производиться по отношению к земле (рисунок Г.8), если устройство подключено к сети с включенным устройством контроля изоляции, или по отношению к одному из полюсов источника оперативного напряжения, определяя при этом место обрыва или ложную цепь. В обоих случаях по полярности измеренного напряжения определяют, со стороны какого полюса источника оперативного напряжения, имеет место разрыв или ложная цепь.

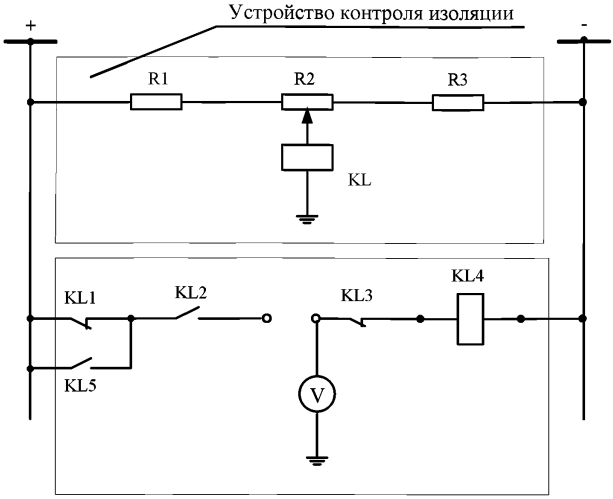


Рисунок Г.8 – Схема отыскания неисправности с помощью вольтметра

На практике вместо вольтметра используют иногда бытовые индикаторы напряжения, в которых установлена неоновая лампа с удлиненным газоразрядным промежутком, например ВМН-2. В этом случае знак измеряемого напряжения определяется по свечению одного из электродов. Предварительно индикатор маркируют, подключая его к источнику с известной полярностью. Способ неприменим при переменном оперативном напряжении.

Отыскание неисправностей в схеме может быть также выполнено при отключенном оперативном напряжении с помощью «прозвонки», подключаемой по схеме, приведенной на рисунке Г.9.

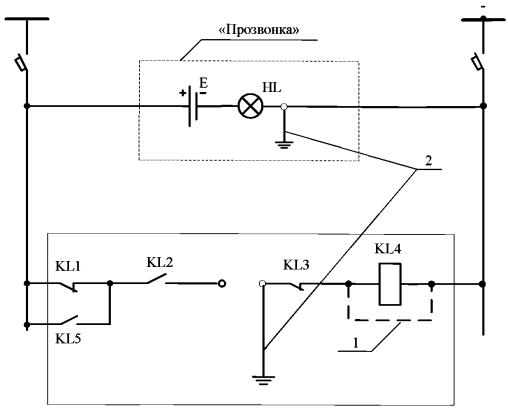


Рисунок Г.9 – Отыскание неисправности в схеме с помощью «прозвонки»

В этом случае, временно устанавливая перемычки 1, шунтирующие обмотки аппаратуры или заземляющие перемычки 2 в различных местах устройства, например, начиная с середины цепи, и в необходимых случаях размыкая или замыкая контакты реле, включенных в проверяемую цепь, можно быстро определить место разрыва или ложную цепь. Этот способ менее надежен и удобен, поэтому рекомендуется к использованию лишь в случае, когда отыскание неисправности с помощью вольтметра не приводит к желаемым результатам.

После выявления неисправности следует повторить проверку взаимодействия, поскольку в процессе отыскания неисправности могут быть оставлены излишние перемычки или разрывы цепей.

Г.9 Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме

Г.9.1 Временные характеристики устройства РЗА определяются путем измерения времени действия устройства по каналам срабатывания отдельных функциональных узлов (отдельных видов и ступеней защит, устройств, блокировок и др.), входящих в состав устройства. Характеристики снимаются с учетом взаимодействия устройств между собой при подаче на вход устройства аварийных или пусковых параметров режима (тока, напряжения, замыкания или размыкания контактов других устройств, воздействующих на вход проверяемого устройства РЗА и др.).

Г.9.2 Полное время действия устройств следует измерять согласно Г.6.14

Г.9.3 Проверку временных характеристик следует производить от постороннего источника тока и напряжения при полностью собранных цепях устройств, закрытых кожухах реле, установленных и зафиксированных модулях, при номинальном оперативном напряжении.

Для проверки удобно использовать комплектные устройства, например, У5053 (ЭУ5001) или современные устройства РЕТОМ-51, «Уран 1, 2» и другие, обеспечивающие необходимые режимы проверки. Устройства, предполагающие физическое воспроизведение аварийных процессов по математическим программам, разрабатываемым для конкретных типов устройств РЗА, предпочтительнее. Для измерения интервалов времени следует пользоваться встроенным или выносным электросекундомером (миллисекундомером).

Г.9.4 При проверке временных характеристик сложных устройств РЗА на проверяемое устройство РЗА, как правило, должно быть предварительно подано переменное симметричное напряжение, соответствующее нормальному режиму (ток, соответствующий току нагрузки, на устройство обычно предварительно не подается). Затем одновременно с запуском секундомера на устройство подаются сочетания токов и напряжений, имитирующие различные режимы КЗ (однофазные, двухфазные, трехфазные) различной удаленности в зоне действия устройства или его отдельных ступеней, вне зоны, в начале защищаемого участка, «за спиной» (для защит линий – на шинах подстанции), а также другие режимы, при которых может проявляться правильное или неправильное поведение устройства РЗА, например, при сбросе обратной мощности, снижении переменного напряжения до нуля при отсутствии тока и т.п. Объем имитаций определяется соответствующими инструкциями и методическими указаниями для конкретных видов защит.

Г.9.5 При проверках времени срабатывания (или возврата) устройств РЗА с характеристиками времени действия, зависящими от кратности подводимых параметров, должно быть проверено несколько точек этих характеристик в соответствии с заданными при расчете параметров настройки срабатывания требованиями. Если от устройств такая зависимость не требуется, проверки должны проводиться при подведении таких кратностей, которые соответствовали бы расчетным значениям параметров при КЗ.

Эти кратности должны соответствовать:

- для защит максимального действия должны подаваться кратности, соответствующие 0,9 и 1,1 значений настройки параметров срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия – ток или напряжение, равные 1,3 значений настройки параметров срабатывания;

- для дифференциальных защит ток подают поочередно в каждое из плеч защиты;

- для токовых направленных защит подают номинальное переменное напряжение с фазой, обеспечивающей срабатывание органа направления мощности. При этом поданная мощность должна превышать мощность срабатывания органа не менее чем в два раза;

- для защит минимального действия должны подаваться кратности, соответствующие 1,1 и 0,9 значений настройки параметров срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия – ток или напряжение, равные 0,8 значений настройки параметров срабатывания. Для токовых защит с пуском минимального

напряжения должны подаваться кратности, соответствующие комбинациям по первому и второму дефису перечисления;

- для многоступенчатых дистанционных защит временную характеристику следует снимать для сопротивлений, равных $0,5Z_1$; $0,9Z_1$; $1,1Z_1$; $0,9Z_2$; $1,1Z_2$; $0,9Z_3$; $1,1Z_3$ и т.д. Регулировку выдержки времени второй, третьей и следующих ступеней следует производить при сопротивлениях, равных соответственно $1,1Z_1$ и т.д. Регулировку выдержки времени в первой ступени (при необходимости) следует производить при сопротивлении, равном $0,5Z_1$. Кроме времени срабатывания следует измерить длительность сработанного состояния защиты в случае работы по «памяти» при имитации близких КЗ в «мертвой зоне»;

При проверках временных характеристик необходимо измерять время действия отдельных ступеней защиты по цепи ускорения. Эти измерения производятся при подведении к защите тех же кратностей тока и напряжения что и при контроле (регулировке) времени действия.

Если выполняется пуск УРОВ от проверяемой защиты, необходимо измерить время замкнутого состояния выходных реле защиты, которое должно быть меньше времени срабатывания УРОВ во избежание его неправильного действия.

Г.9.6 Следует измерить время повторной готовности всех элементов схемы, задержка возврата которых может привести к отказу или излишней работе устройств РЗА.

Г.9.7 Проверку и регулировку временных характеристик следует производить с учетом имеющего место разброса временных параметров указанного во втором дефисе перечисления Г.6.12.

Г.9.8 После проверки временных характеристик не следует производить работы, в результате которых может нарушиться целостность проверенных цепей и работоспособность устройства, например, изменять положение переключателей параметров настройки срабатывания, вынимать блоки из разъемов, отсоединять проводники и т.п.

Г.10 Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с остальной вторичной схемой

Г.10.1 Перед вводом устройства РЗА в работу (или перед проверкой под нагрузкой, если она будет производиться) следует произвести проверку взаимодействия устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами для проверки работоспособности устройств РЗА, коммутационных аппаратов и правильности функционирования оперативных цепей, связывающих их между собой в единый комплекс. Проверка производится при новом включении или после технического обслуживания, связанного с работой в оперативных цепях, при котором эти цепи могли оказаться нарушенными. В последнем случае проверяют те цепи, которые могли бы оказаться нарушенными в процессе работы.

Г.10.2 Проверку взаимодействия устройств РЗА следует производить, как правило, на выведенных из работы устройствах РЗА и разобранных разъединителями схемах первичных соединений коммутационных аппаратов. Проверку взаимодействия в этом случае следует:

- при снятом с устройств и коммутационных аппаратов оперативном напряжении подсоединить кабельные связи между устройствами РЗА и коммутационными аппаратами. Предварительно проверить их изоляцию (или изоляцию устройства РЗА в полностью собранной схеме) согласно Г.5;

- подать на устройства РЗА номинальное оперативное напряжение;

- проверять взаимодействия непосредственным воздействием одного устройства на другое для каждой цепи с учетом требований Г.8.4-Г.8.7. При следует учитывать положение коммутационных аппаратов и реле, блок-контактов, фиксирующих такое положение. В обоснованных случаях проверку производят при включенном и отключенном положении коммутационных аппаратов, а если такой возможности нет, размыканием или замыканием блок-контактов коммутационных аппаратов. Кроме этого, для сложных устройств РЗА, выполненных на базе ИМС, или микропроцессорных устройств РЗА и в случаях, когда имитация проверяемых режимов затруднена, допускается проводить проверку взаимодействия, устанавливая перемычки во выходных цепях на рядах выводов устройств РЗА при условии, что предварительно на этих выводах были проверены выходные воздействия устройства.

- подать оперативное напряжение на коммутационные аппараты и опробовать действие устройства РЗА на отключение, включение, в том числе АПВ. Действие газовой защиты должно быть опробовано на отключение выключателей (или другие коммутационные аппараты) путем непосредственного воздействия на газовые реле.

При невозможности опробования действия устройства РЗА непосредственно на другие устройства РЗА и коммутационные аппараты следует такое опробование производить косвенным способом (*например – на вольтметр при соответствующем положении коммутационного аппарата*).

Г.10.3 Подключение кабельных связей проверяемого устройства и проверку его взаимодействия с включенными в работу устройствами РЗА следует производить при номинальном оперативном напряжении в следующей последовательности:

- проверить отсутствие подсоединения на рядах зажимов устройств РЗА цепей связи с проверяемым устройством;

- проверить отсутствие (наличие) сигналов на соответствующих зажимах проверяемого устройства;

- подсоединить цепи связи с другими устройствами на рядах зажимов проверяемого устройства, предварительно проверив «прозвонкой» правильность маркировки жил и их изоляцию;

- проверить запуск проверяемого устройства от воздействия других устройств по цепям связи с ними подачей сигналов на жилы кабелей со стороны других устройств;

- д) проверить исправность цепей воздействия проверяемого устройства на другие устройства путем измерения сопротивления (напряжения) между жилами кабелей со стороны других устройств;

- подготовить цепи управления коммутационными аппаратами, проверить отсутствие сигналов от проверяемого устройства на цепи отключения

(включения) коммутационных аппаратов, подсоединить цепи связи проверяемого устройства с коммутационными аппаратами;

- проверить отсутствие (наличие) сигналов от проверяемого устройства на жилах остальных кабелей со стороны других устройств;

- подсоединить цепи связи проверяемого устройства к выводам других устройств;

- произвести с разрешения оперативного персонала опробование действия цепей отключения (включения) каждого вводимого в работу устройства РЗА на коммутационные аппараты и на другие устройства РЗА, посредством которых производится отключение (включение) коммутационных аппаратов, например, УРОВ, дифференциальной защиты шин, устройства АПВ.

При наличии разделения цепей отключения по фазам должны быть опробованы цепи отключения каждой фазы коммутационного аппарата. Если выключатель имеет два отключающих электромагнита, также должны быть опробованы цепи отключения на каждый электромагнит отдельно.

Г.10.4 Проверка взаимодействия устройств, реализация действия которых происходит на других объектах электроэнергетики, например, с использованием ВЧ каналов устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, должна выполняться по программам. Проверка производится под контролем служб РЗА, в управлении которых находятся устройства, взаимодействие которых проверяется.

Г.10.5 Проверка взаимодействия устройств РЗА с АСУ ТП выполняется по программам с участием всех заинтересованных служб: РЗА, АСУ, диспетчерской службы и службы связи. Это взаимодействие частично может проверяться в процессе наладки устройства РЗА. В частности, отображение на мониторах оперативного персонала положения коммутационных аппаратов, отключения их от защиты, срабатывания аварийной сигнализации, срабатывания указательных реле и т.п. может проверяться в процессе вышеописанной проверки взаимодействия элементов устройства РЗА и проверки характеристик устройства РЗА в полной схеме.

Г.10.6 После проверки действия проверяемого устройства на коммутационные аппараты работы в оперативных цепях не должны производиться.

Г.11 Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением

Г.11.1 Перед проверкой устройств РЗА первичным током и напряжением в ряде случаев целесообразно проверять правильность прохождения токов через все устройства РЗА и правильность подаваемых на устройства РЗА напряжений путем подключения посторонних источников к проверяемым вторичным цепям тока и напряжения. Это целесообразно в случаях, когда имеется сомнение в правильности сборки схемы токовых цепей или цепей напряжения, или есть необходимость в их предварительной проверке для ускорения последующих этапов работы.

Г.11.2 Правильность сборки токовых цепей следует проверять, подключая поочередно однофазный источник тока к выводам сборки трансформаторов тока

или к выводам ближайшего к трансформаторам тока устройства РЗА между каждым фазным и нулевым проводами (рисунок Г.10) или между фазными проводами, в случае сборки вторичных обмоток трансформаторов тока в треугольник. Вполне можно использовать и трехфазный источник, если это позволяет испытательное устройство. При проверке первичная обмотка трансформаторов тока не должна быть замкнута.

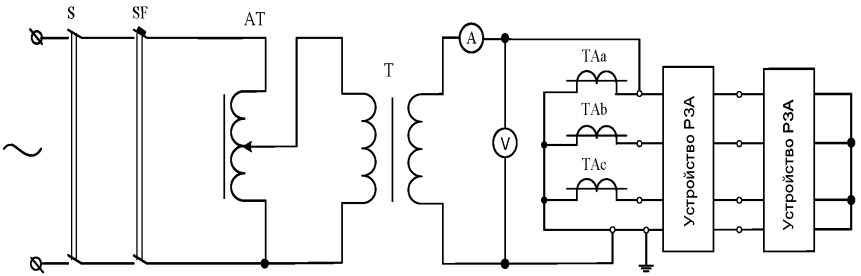


Рисунок Г.10 – Схема проверки правильности сборки токовых цепей однофазным вторичным током

В процессе проверки следует контролировать протекание токов через каждое из устройств РЗА (на входных зажимах устройств) по тем фазным и нулевым проводам, к которым подключен источник тока, и отсутствие тока (точнее, весьма малое его значение) в остальных проводах и обмотках. Могут контролироваться также токи намагничивания, протекающие по вторичным обмоткам трансформаторов тока. Измерение токов производится токоизмерительными клещами вольтамперфазометра, например, прибора ВАФ-85, «Парма ВАФ-А», или «РЕТОМЕТР» производства «НПП Динамика» или любого другого, имеющегося в наличии (далее для краткости – ВАФ). Если используются нагрузочные устройства без разделительного (нагрузочного) трансформатора Т, следует отключить проводник, заземляющий токовые цепи.

Если в наличии имеется однофазный источник тока, поочередно проверяются цепи, подключенные к каждой из обмоток трансформаторов тока. Если используется трехфазный источник симметричных токов, можно проверить одновременно токи во всех фазах токовых цепей подключенных устройств защиты и даже снять векторную диаграмму токов.

Подключив амперметр А и вольтметр V (см. рисунок Г.10) при этой проверке, можно определить также сопротивление нагрузки токовых цепей. Если источник подключен в непосредственной близости к трансформаторам тока, измеренное сопротивление нагрузки позволяет рассчитать токовую погрешность трансформаторов тока при расчетных видах коротких замыканий.

Г.11.3 Правильность сборки цепей напряжения следует проверять путем подачи напряжения от источника симметричного трехфазного напряжения со значением подводимого линейного напряжения 100 В к одному из устройств РЗА в релейном зале (или в другом месте) с тем порядком чередования фаз, который

предусмотрен схемой цепей напряжения и проверки. При этом проверяется сохранение этого порядка чередования фаз во всей схеме цепей напряжения. Источник напряжения не должен иметь гальванической связи с землей. Автоматические выключатели и рубильники в цепях трансформатора напряжения должны быть отключены. Временно устанавливается дополнительное заземление цепей напряжения после коммутационных аппаратов за исключением случаев, когда заземление установлено на щите управления. Заземляется фаза В цепей напряжения или нуль, если на объекте старого типа нормально предусмотрено заземление нуля. Поочередно или одновременно в обе схемы, если позволяет схема источника, подаются напряжения в цепи «звезды» и «разомкнутого треугольника». При этом прибором ВАФ измеряются значения напряжений на всех устройствах РЗА и на выводах автоматических выключателей трансформаторов напряжения, определяется чередование фаз. Чередование фаз напряжения на устройствах РЗА должно быть такое же, как и на источнике. При определении порядка чередования фаз напряжения в цепях «звезды» вывод В прибора ВАФ присоединяется к земле, если в проектной схеме объекта заземлена фаза В, а выводы А и С – к цепям напряжения с одноименной маркировкой. При проверке схемы цепей «разомкнутого треугольника» от источника напряжения, собранного в схему «звезды» с нулевым проводом, следует установить соответствие между выводами источника напряжения, например, А, В, С, 0 и цепями «разомкнутого треугольника», например, Н, К, И, Ф. При заземлении вывода В прибора ВАФ и подключении его выводов А и С к цепям с маркировкой «Н» и «И» прибор должен показать то же чередование, что и на источнике (А, В, С). Следует иметь в виду, что при наличии в цепях напряжения «разомкнутого треугольника» аппаратуры с термически неустойчивыми обмотками напряжения, например, реле мощности типов РБМ-78, РБМ-278, они должны быть на время проверки в вышеуказанном случае исключены из схемы цепей напряжения на испытательных блоках или рядах зажимов устройства РЗА.

Г.11.4 При проверках, указанных в Г.11.2 - Г.11.3, следует фиксировать работу измерительных щитовых приборов и избегать их зашкаливания.

Г.12 Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением

Г.12.1 Проверку устройств РЗА первичным током и напряжением следует производить для окончательной проверки исправности и правильности подключения устройств РЗА к цепям тока и напряжения и самих трансформаторов тока и напряжения. В ряде руководств по вводу в работу микропроцессорных устройств РЗА такая проверка зачастую не рассматривается. Это не должно служить основанием для отказа от такой проверки, поскольку в данном случае фактически проверяется не само устройство, а цепи подключения устройства к измерительным трансформаторам тока и напряжения.

Г.12.2 Проверку следует производить при подаче тока и напряжения непосредственно в первичные обмотки трансформаторов тока и напряжения. Проверка токовых защит может осуществляться либо подачей токов от постороннего источника, либо током нагрузки. Проверка более сложных защит осуществляется, как правило, током нагрузки и рабочим напряжением.

Г.12.3 Для простых дифференциальных и ненаправленных максимальных токовых защит проверка от постороннего источника тока может быть окончательной, и после нее эти защиты могут вводиться в работу.

Для других устройств РЗА эта проверка может быть выполнена с целью предварительной проверки исправности цепей тока, устройств РЗА и измерительных трансформаторов тока.

Г.12.4 Проверку устройств РЗА током нагрузки и рабочим напряжением следует производить в случаях если:

- в защитах есть органы, питающиеся одновременно от трансформаторов тока и напряжения;
- проверка устройства РЗА производят без отключения силового оборудования, на котором оно установлено;
- проверка первичным током нагрузки и рабочим напряжением выполняется более просто и с меньшей затратой времени, чем проверка от постороннего источника;
- необходима двусторонняя проверка устройств РЗА линий.

Г.12.4 Для того, чтобы во время проверки не нарушить токовые цепи, измерения токов следует производить с помощью специальных токоизмерительных клещей, имеющихся в вольтамперфазометрах, например, в приборах ВАФ-85, РЕТОМЕТРАХ производства НПП «Динамика», приборах «Парма ВАФ-А» производства ООО «Парма» и др. Малые токи, например, токи небаланса, токи, протекающие в нулевом проводе вторичных цепей трансформаторов тока при симметричной нагрузке, и прочие измеряются с помощью миллиамперметров, подключаемых к измерительным зажимам панелей защиты с соблюдением правил безопасности при работе в токовых цепях или к выводам испытательных блоков. Векторные диаграммы токов при малых токах нагрузки и недостаточной чувствительности имеющихся в наличии приборов снимаются способами, указанными в Г.12.13.

Г.12.5 Во избежание коротких замыканий все переключения в цепях напряжения проверяемого устройства РЗА при проверке рабочим напряжением должны, как правило, производиться с помощью контрольных штекеров испытательных блоков либо при снятом напряжении с устройства РЗА.

Г.12.6 Непосредственно перед проверкой устройств РЗА первичным током и напряжением следует произвести:

- осмотр аппаратуры устройств РЗА и рядов зажимов;
- проверку целостности токовых цепей путем измерения их активного сопротивления;
- проверку изоляции цепей тока и напряжения в соответствии с п. Г.5;
- проверку наличия заземления в цепях тока, напряжения и т.п.;
- установку накладок, переключателей, крышек испытательных блоков и других переключающих устройств в положения, при которых исключается воздействие проверяемого устройства на другие устройства и коммутационные аппараты.

В отдельных случаях цепи воздействия на коммутационные аппараты могут не отключаться, если схема первичных соединений допускает одновременное

опробование отключения коммутационных аппаратов и это предусмотрено программой.

Г.12.7 При проверке устройств РЗА от постороннего источника, питание к первичным обмоткам трансформаторов тока может быть подано способами, указанными ниже.

Первый способ – от однофазных нагрузочных устройств (*например – РЕТ-3000 производства НПП «Динамика»*). Схемы проверки для разных соединений трансформаторов тока приведены на рисунке Г.11. Первичный ток от любого достаточно мощного нагрузочного устройства подают поочередно на каждый трансформатор тока или на два, или на три последовательно включенных трансформатора тока в зависимости от схемы соединений трансформаторов тока и увеличивают до тех пор, пока ток во вторичных цепях трансформаторов тока не достигнет величины от 10 до 20 % номинального значения тока трансформаторов тока. Измеряя токи во вторичных цепях, проверяют исправность токовых цепей, правильность их соединения и правильность установленного коэффициента трансформации трансформаторов тока. При этом. в схеме «полной звезды» приведенной на рисунке Г.11, а) значения токов в фазном проводе проверяемого трансформатора тока и нулевом проводе должны быть практически равны между собой. В схеме «на разность токов» приведенной на рисунке Г.11, б) значение тока, поступающего в защиту, должно быть в два раза больше токов, протекающих во вторичных обмотках трансформаторов тока. В схемах «неполной звезды» приведенной на рисунке Г.11, в) и «полной звезды» приведенной на рисунке Г.11, г) значения токов в фазных проводах должны быть одинаковыми, а значение тока в нулевом проводе должно быть равно сумме токов, протекающих в фазных проводах.

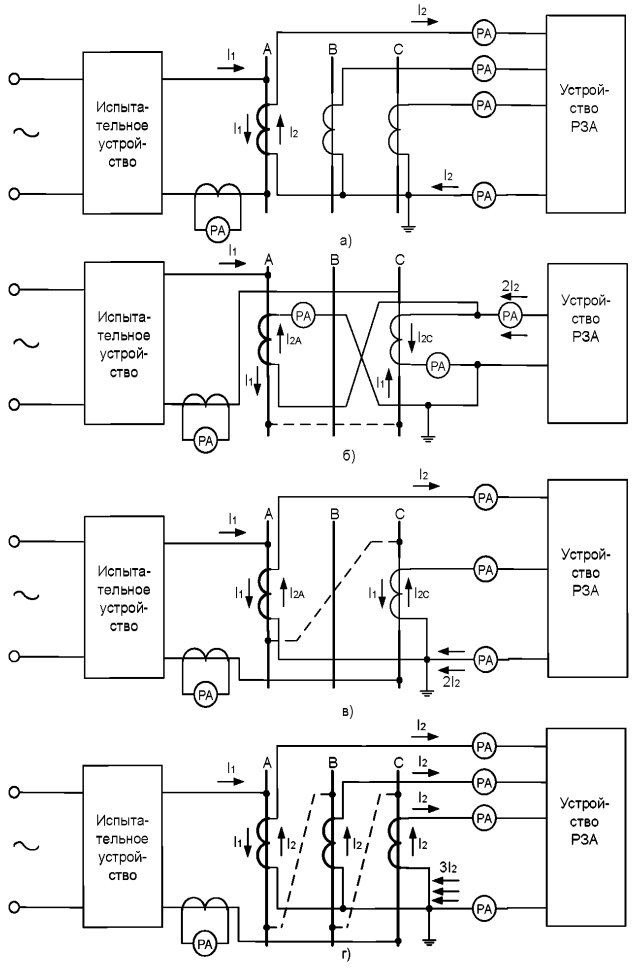


Рисунок Г.11 – Схема проверки максимальных токовых защит первичным током от однофазного источника тока

После проверки исправности токовых цепей, если позволяет мощность источника, значение тока следует увеличивать до момента срабатывания защиты. Именно такой способ используется для проверки защит прямого действия.

От однофазного источника могут быть проверены также схемы дифференциальных защит крупных двигателей (рисунок Г.12).

Проверку следует производить поочередно для каждой фазы двигателя. При проверке обмотка проверяемой фазы двигателя должна быть закорочена, а испытательное устройство подключено таким образом, чтобы обтекались током оба трансформатора тока проверяемой фазы (имитация КЗ вне зоны действия защиты). Значения токов, измеренных в фазном и нулевом проводах, должны быть одинаковы (при равных коэффициентах трансформации трансформаторов тока), а в дифференциальном проводе – равны нулю. Целостность проводов

дифференциальной цепи следует проверять при подсоединении одного из проводов источника тока к точке К, расположенной в зоне действия защиты, или, если в токовых цепях установлены испытательные блоки, – снятием рабочей крышки блока в одном из плеч дифференциальной защиты (в режиме имитации КЗ вне зоны).

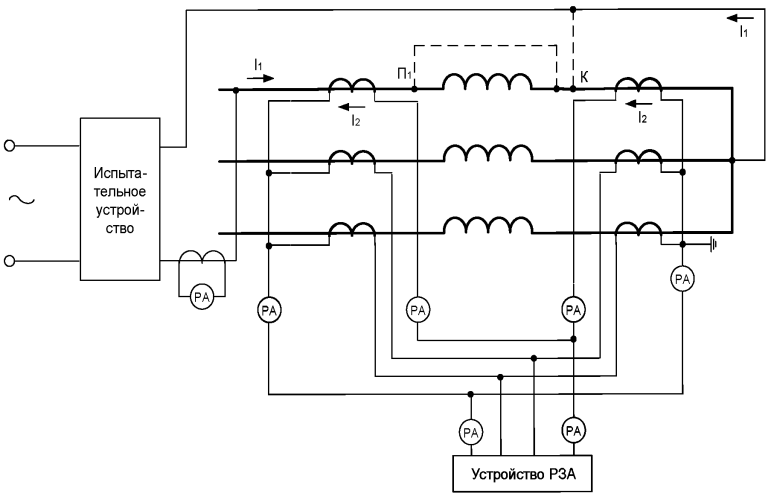


Рисунок Г.12 – Схема проверки дифференциальной защиты первичным током от однофазного источника тока

Второй способ – от трехфазного источника питания. Этот способ применяется для проверки продольных дифференциальных, максимальных токовых защит и других устройств РЗА трансформаторов, автотрансформаторов, двигателей, генераторов и блоков генератор-трансформатор. Этот метод следует применять для проверки мощных сетевых трехобмоточных трансформаторов (автотрансформаторов), когда от обмотки низкого напряжения питаются только собственные нужды подстанции, и в этом плече при включении под рабочее напряжение не будет достаточного значения тока для проверки дифференциальной защиты.

Схема проверки защит трансформатора приведена на рисунке Г.13.

Со стороны низкого напряжения трансформатора следует установить испытательную трехфазную перемычку, а со стороны высокого напряжения подать трехфазное напряжение от сети 0,4, 3, 6 или 10 кВ или от другого трансформатора. Источник питания подключают обычно со стороны высокого напряжения трансформатора для того, чтобы можно было использовать источник меньшей мощности, чем при включении источника со стороны низкого напряжения трансформатора.

Значение испытательного тока ($I_{исп}$), в амперах, проходящего через трансформатор от источника пониженного напряжения, следует определить по формуле:

$$I_{исп} = I_{ном} \cdot \frac{U_{исп} \cdot 100}{U_{ном} \cdot U_к} \quad (Г.9)$$

где $I_{ном}$ – номинальный ток проверяемого трансформатора, А;

$U_{исп}$ – напряжение источника пониженного напряжения, кВ;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение проверяемого трансформатора со стороны подключения источника пониженного напряжения, кВ;

$U_к$ – напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора (той пары обмоток, которая участвует в проверке), %.

При использовании в качестве источника питания другого трансформатора его необходимая мощность $S_{исп}$, кВ·А, может быть определена по формуле:

$$S_{исп} \geq S_{ном} \left(\frac{U_{исп}}{U_{ном}}\right)^2 \cdot \frac{100}{U_к}; \quad (Г.10)$$

где $U_{исп}$ – номинальное напряжение испытательного трансформатора со стороны обмотки, подключаемой к проверяемому трансформатору, кВ;

$S_{ном}$, $U_к$ – номинальные мощность и напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора соответственно, кВА и %;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение проверяемого трансформатора со стороны обмотки, к которой подключается испытательный трансформатор, кВ.

Проверку целесообразно производить в следующем порядке:

1) Необходимо подобрать источник питания (по мощности и напряжению), место его подключения (с какой стороны испытуемого трансформатора) и рассчитать значения первичных и вторичных токов. По значению первичного тока выбрать сечение подводящего кабеля и перемычки, а также оценить, допустим ли режим испытания для источника питания. Рекомендуется в качестве источника питания применять трансформаторы, отключение которых не может вызвать нарушения электроснабжения.

2) При подключении к источнику питания необходимо обеспечить защиту от короткого замыкания в подводящем кабеле.

3) По значениям вторичных токов следует оценить возможность получения достоверных результатов проверки. При достаточных значениях вторичных токов следует измерить токи и напряжения небалансов дифференциальных защит, фильтров тока прямой, обратной и нулевой последовательностей, снять векторную диаграмму вторичных токов. При снятии векторной диаграммы опорное напряжение, подаваемое на прибор ВАФ, должно быть синхронным с напряжением сети пониженного напряжения. Это напряжение может быть взято от вторичных цепей трансформаторов напряжения или непосредственно от трехфазной сети с линейным напряжением 220-380 В.

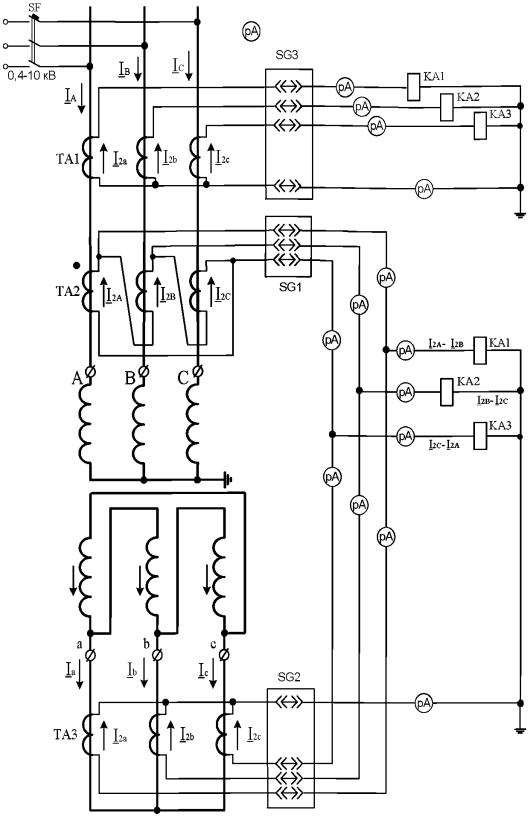


Рисунок Г.13 – Схема проверки защит трансформатора первичным током от трехфазного источника

Измерение углов между векторами токов в измеряемых цепях можно произвести также с помощью двулучевого осциллографа и двух токоизмерительных клещей прибора ВАФ. В этом случае осциллографом измеряются углы между напряжением на выходах токоизмерительных клещей. Двое клещей первоначально подключают в цепь одного и того же провода одинаковой полярностью и соответствующим образом к входам осциллографа, чтобы на экране две синусоиды совпадали по фазе, затем одни клещи поочередно переносятся в цепь двух других фаз токовых цепей, а другие клещи остаются на прежнем месте. При этом определяются углы сдвига фаз между векторами токов по отношению к вектору тока в цепях первой фазы.

При правильно собранных токовых цепях значения токов в фазных проводах должны быть равны:

$$I_{2зв} = \frac{I_{1зв}}{K_{тт}} \quad (Г.11)$$

$$I_{2зв} = \sqrt{3} \cdot \frac{I_{1зв}}{K_{тт}} \quad (Г.12)$$

где $I_{2зв}$, $I_{2\Delta}$ – токи, протекающие в фазных проводах вторичных цепей трансформаторов тока, соединенных соответственно в «звезду» и «треугольник», А;

$I_{1зв}$, $I_{1\Delta}$ – токи, протекающие в первичных обмотках трансформатора тока, А.

$K_{тт}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Токи небаланса, измеряемые миллиамперметром в дифференциальных и нулевом проводах, должны быть близки к нулю и не превышать пределов от 20 до 30 % расчетных токов небаланса. При поочередном снятии крышек испытательных блоков измеряются токи в дифференциальных проводах. Они должны быть равны токам в фазных проводах того плеча защиты, вторичные цепи которого остаются в работе. Равенство токов выполняется при отсутствии токовых отсоединений и закорачиваний в сторону трансформаторов тока соответствующих цепей на рядах зажимов устройства РЗА.

Защиты двигателей высокого напряжения могут быть проверены от трехфазного нагрузочного устройства при закороченных обмотках статора или при подключении обмотки статора к сети пониженного напряжения, например, 380 В при закороченных и заземленных обмотках ротора (для двигателей с фазным ротором).

От трехфазного источника может быть проверена также правильность сборки цепей напряжения. В этом случае закоротки не устанавливаются, к первичным обмоткам трансформаторов напряжения подводится пониженное трехфазное напряжение, а во вторичных цепях трансформаторов напряжение вольтметром (милливольтметром) снимается потенциальная диаграмма и затем методом засечек строится векторная диаграмма, по которой определяется правильность сборки схемы (Г.12.11).

Г.12.8 Проверку защит генераторов и блоков генератор-трансформатор удобно выполнять в процессе пусковых испытаний, во время которых производится снятие характеристик КЗ и ХХ.

Трехфазное закорачивающее устройство (должно быть на номинальный ток генератора) устанавливается на выводах генератора, если он работает на сборные шины, или на стороне высокого напряжения повышающего трансформатора, если генератор работает в блоке с трансформатором. При этом если в цепи протекания первичного тока КЗ от генератора находятся выключатели, необходимо принять меры, предотвращающие их отключения во время проверки, а в цепях возбуждения генератора принять меры, предотвращающие повышение напряжения в статоре генератора при обрыве цепи протекания тока КЗ.

Постепенно повышая ток возбуждения генератора, увеличивают ток КЗ до значения, достаточного для проверки устройств РЗА. Проверку правильности сборки токовых цепей защит можно начинать уже с момента достижения генератором более или менее устойчивых частот вращения, если устанавливаются вторичные токи, достаточные для проверки защит. Окончательную проверку токовых защит можно проводить непосредственно во время опыта КЗ, когда

генератор работает при номинальной частоте вращения и с номинальным током. Можно также предварительно снять векторные диаграммы токов, если имеется прибор ВАФ, который может измерять углы сдвига фаз относительно опорного тока.

Цепи напряжения возбужденного генератора проверяются также при пусковых испытаниях во время снятия характеристики ХХ.

Таким же способом можно проверять устройства РЗА трансформаторов и линий электропередачи, когда имеется возможность выделить генератор для проверки из защит.

Устройства РЗА генератора могут быть также проверены при вращении невозбужденного генератора валоповоротным устройством при установленной трехфазной перемычке в цепях статора (или за блочным трансформатором).

Г.12.9 В случаях, когда проверка устройств РЗА от постороннего источника проводилась малыми токами, недостаточными для достоверной оценки правильности включения устройства РЗА, следует после включения оборудования под нагрузку произвести проверку устройств РЗА в полном объеме согласно п. Г.12.10. Если же токи были достаточны и проверка производилась от трехфазного источника питания, допустимо ограничиться проверкой векторной диаграммы только одной из групп трансформаторов тока и измерить токи небалансов в нулевых проводах, дифференциальных цепях, фильтрах.

Г.12.10 Проверку устройств РЗА током нагрузки и рабочим напряжением следует производить при включении в работу первичного оборудования за счет токов нагрузки. Эту проверку можно производить также при предварительном включении первичного оборудования под напряжение за счет уравнительных токов параллельно включенных трансформаторов, токов шунтирующих реакторов, подключенных к ВЛ 500-1150 кВ, емкостных токов участков ВЛ напряжением 500-750 кВ.

При отсутствии нагрузки или источника питания на стороне низкого напряжения автотрансформатора с выносными регулировочными устройствами можно использовать ток регулировочного трансформатора при установке переключателя в крайние положения. При правильно собранных токовых цепях защиты при установке переключателя в положение 1, что соответствует минимальному коэффициенту трансформации между сторонами высокого и среднего напряжения автотрансформатора, вектор тока стороны низкого напряжения должен примерно совпадать с вектором тока стороны среднего напряжения. При установке же переключателя в другое крайнее положение, соответствующее максимальному коэффициенту трансформации, вектор тока стороны низкого напряжения должен примерно совпадать с вектором тока стороны высокого напряжения.

При новом включении проверку следует производить в полном объеме, указанном в п. Г.12.11.

Г.12.11 Перед включением под нагрузку должны быть фазированы первичные цепи вновь вводимого оборудования с действующим оборудованием. Для этого вновь вводимое оборудование опробуется действующим рабочим

напряжением. При этом напряжение должно быть подано и на первичные обмотки вновь вводимых трансформаторов напряжения.

Следует убедиться в исправности вновь вводимых трансформаторов напряжения путем измерения значений напряжений (фазных, линейных, $3U_0$, между выводами обмоток, собранных в «звезду» и «разомкнутый треугольник») во вторичных цепях проверяемого трансформатора напряжения и проверкой чередования фаз или снятием векторной диаграммы напряжений прибором ВАФ. Измерения производятся в шкафу трансформатора напряжения и на панели щита управления, куда приходят кабели из шкафа трансформатора напряжения. Удобно сначала измерить все напряжения относительно земли. По результатам этих измерений оценивается правильность соединений вторичных обмоток трансформаторов. Если фазные и линейные напряжения симметричны, а в цепи разомкнутого треугольника напряжение небаланса не превышает 3 В, то в схеме нет неправильно включенных (перевернутых по полярностям) обмоток. Правильность наименования фаз определяется при определении чередования фаз либо по фазным отключением трансформатора напряжения со стороны высокого напряжения, если там установлены однофазные разъединители или предохранители. При пользовании фазоуказателем или прибором ВАФ вывод В прибора соединяется с землей (если в схеме трансформатора напряжения заземлен нуль, а не фаза В, то на время проверки заземление нужно перенести на фазу В).

Для трехобмоточных трансформаторов напряжения с номинальным первичным напряжением 35 кВ и выше с выведенными вершинами «разомкнутого треугольника» проверку правильности сборки цепей «разомкнутого треугольника» нужно произвести также построением потенциальной диаграммы напряжений. Если вершины «разомкнутого треугольника» не выведены на панель управления, потенциальная диаграмма строится только по результатам измерений в шкафу ТН. Диаграмма строится методом «засечек» по результатам измерений напряжения между каждым из выводов разомкнутого треугольника и всеми фазами и нулем «звезды». Для стандартной схемы вторичных цепей трансформатора напряжения с заземленными выводами фаз В и К построение потенциальной диаграммы приведено на рисунке Г.14, а значение измеренных напряжений – в таблице Г.4.

Следует обращать особое внимание на проверку правильности маркировки выводов Н и К цепей «разомкнутого треугольника», имеющих приблизительно одинаковые потенциалы по отношению ко всем другим выводам вторичных обмоток трансформатора напряжения. Необходимо проверить на сборке выводов, от какой фазы трансформатора напряжения приходит заземленный конец цепи $3U_0$. Следует иметь в виду, что ошибочная маркировка и установка заземления в цепи $3U_0$ приводят к неправильному включению направленных защит и к их неправильным действиям при КЗ в защищаемой сети.

Напряжение вывода К относительно «земли» должно быть равно нулю, а вывода Н – напряжению не должно превышать 3 В.

В некоторых случаях измеренные значения напряжения выводов Н и К по отношению к корпусу панели, установленной на щите управления, имеют

незначительные отличия из-за наведенных напряжений между точкой заземления вторичных обмоток в шкафу трансформатора напряжения и корпусом панели, относительно которого производится измерение на щите управления. В этом случае проверку можно произвести указанным ниже способом.

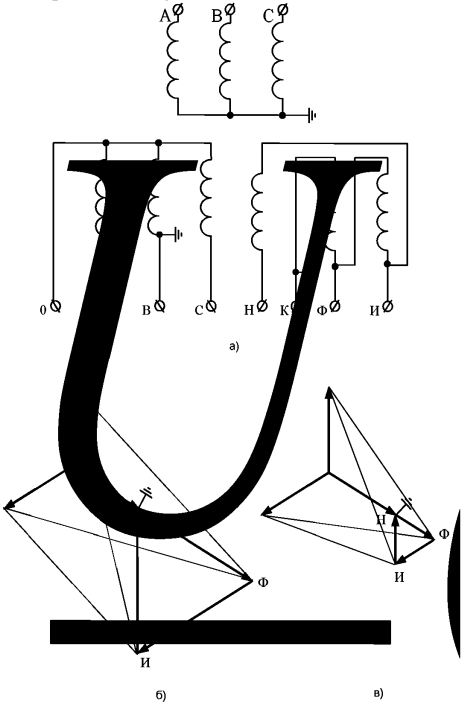


Рисунок Г.14 – Проверка цепей напряжения

На ряде зажимов панели, на которую подведены кабели от трансформатора напряжения, временно отсоединяют жилу кабеля с маркой Н в сторону трансформатора напряжения (рисунок Г.15). Между выводами И и К включают резистор R сопротивлением от 50 до 100 Ом, при этом в цепях между выводами Н и И протекает ток от 1 до 2 А. С помощью клещей прибором ВАФ измеряют токи в цепях с маркировкой Н, К и И на ряде выводов панели и в шкафу трансформатора напряжения, где можно визуально определить заземленную жилу. При правильно выполненных обозначениях на жилах кабеля на панели и в шкафу трансформатора напряжения в цепях с маркировкой К и И должен протекать ток от 1 до 2 А, а в цепях с маркировкой Н ток должен отсутствовать.

После этого следует произвести фазирование вторичных цепей проверяемого трансформатора напряжения с цепями другого, заведомо исправного трансформатора напряжения, измеряя вольтметром напряжения между всеми вторичными цепями проверяемого и заведомо исправного трансформаторов

выводами. При этом напряжение на первичные обмотки проверяемого и заведомо исправного трансформатора напряжения должно непосредственно подаваться от одного и того же источника напряжения. Фазировку следует считать правильной, если напряжения между цепями с одноименной маркировкой равны нулю (или близки к нулю для цепей с маркировкой В и К), а между другими цепями соответствуют значениям, приведенным в табл.Г.4.

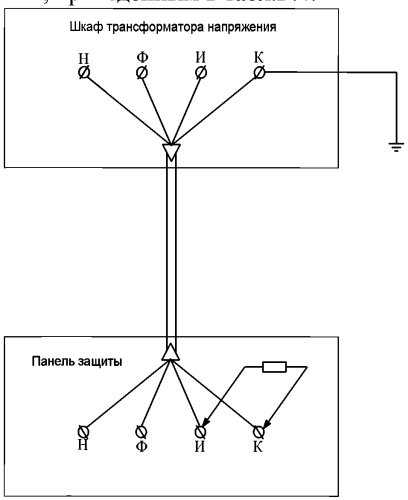


Рисунок Г.15. Схема определения выводов Н и К разомкнутого треугольника

Аналогично указанным выше способом следует проверить правильность подвода напряжений от проверяемого ТН к колонке синхронизации и к другим устройствам РЗА.

После этого первичные цепи проверяемого и действующего оборудования разделяются отключением коммутационных аппаратов, и на проверяемое оборудование подается рабочее напряжение от вновь вводимого источника.

Проверяется фазировка цепей между вторичными цепями вновь вводимого трансформатора напряжения и цепями одного из заведомо исправных трансформаторов напряжения. Этим проверяется фазировка первичных напряжений между проверяемым и действующим оборудованием.

Таблица Г.4 – Значения напряжений между фазами вторичных цепей напряжения

Вид цепи	Напряжение в сети, В	
	С заземленной нейтралью	С изолированной нейтралью
АО	58	58
ВО	58	58
СО	58	58
АВ	100	100
ВС	100	100

Вид цепи	Напряжение в сети, В	
	С заземленной нейтралью	С изолированной нейтралью
СА	100	100
НИ	100	33
ИФ	100	33
ФК	100	33
НК	1-3	1-3
АН	100	100
АИ	195	130
АФ	195	129
АК	100	100
ВН	1-3	1-3
ВИ	100	33
ВФ	100	33
ВК	0	0
СН	100	100
СИ	142	105
СФ	195	130
СК	100	100

Если на вводимом в работу первичном оборудовании отсутствуют трансформаторы напряжения, оно подключается к специально выделенной системе шин, и фазировка производится аналогично при поданном на оборудование напряжении от противоположного источника между цепями трансформатора напряжения выделенной системы шин и исправными цепями другого трансформатора, питающегося от другого источника.

Фазирование цепей считается правильным, если одноименные векторы напряжений совпадают или сдвинуты один относительно другого на небольшой угол, соответствующий углу нагрузки на шунтирующих связях. При правильном фазировании поступающих напряжений первичное оборудование может ставиться под нагрузку (замыкаться в транзит линии электропередачи, подключаться нагрузка к трансформаторам и т.д.).

Г.12.12 Проверку исправности всех токовых цепей производить путем измерения токов в фазных и нулевом проводах (проверкой «обтекания» токовых цепей). Ток в нулевом проводе следует измерять с помощью миллиамперметра, включаемого в цепь нулевого провода через измерительный зажим или контрольный штекер испытательного блока, если не хватает чувствительности современных приборов ВАФ. Измерения производятся для проверки целостности токовых цепей, поэтому измеряются только значения токов. Токи измеряются во всех вторичных обмотках, в том числе и в неиспользуемых (измерения в этом случае должны быть проведены в месте их закорачивания в ящике выводов трансформаторов тока).

Г.12.13 Проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения

Примечание – Работы, выполняемые при фазировании первичных источников, можно не повторять.

Г.12.13.1 Проверяют исправность цепей напряжений на выходе панели автоматики трансформатора напряжения во всех положениях ключей,

переводящих нагрузку с рабочего на резервный трансформатор напряжения, путем снятия потенциальной диаграммы и проверки чередования фаз или снятием векторной диаграммы прибором ВАФ. При определении чередования фаз и снятии векторных диаграмм вывод В фазоуказателя (прибора ВАФ) должен быть подсоединен к земле. При этом также измеряются напряжения цепей всех фаз относительно земли. Измеренные значения должны соответствовать приведенным в табл. Г.4, напряжение небаланса на выходе «разомкнутого треугольника» не должно превышать 3 В.

Г.12.13.2 Измеряют значения напряжений цепей «звезды» и «разомкнутого треугольника» на рядах зажимов всех вводимых устройств РЗА, после чего фазируют цепи этих напряжений с цепями напряжений на панели автоматики трансформатора напряжения или с другими панелями РЗА, на которых цепи напряжения заведомо исправны.

В отдельных случаях следует производить фазирование напряжений на выводах отдельных реле и аппаратов и на рядах зажимов устройств РЗА, если имеется сомнение в достаточности предыдущих проверок для определения правильности выполнения монтажа панели.

Г.12.13.3 Проверяют правильность подключения устройств РЗА к цепям тока в следующей последовательности:

1) С помощью прибора ВАФ снимаются векторные диаграммы токов на входе каждого устройства РЗА. Измерения следует производить на рядах зажимов устройств. В отдельных случаях в соответствии с инструкциями на отдельные устройства следует снять векторные диаграммы токов на выводах реле, комплектов, например, при съеме этих реле, комплектов, когда схема переменного тока этих реле, комплектов проверялась при подаче токов не на ряд зажимов устройства, а на выводы реле, комплектов и т.п.

Для обеспечения возможности снятия векторных диаграмм при малых значениях токов нагрузки (в интервале от 50 до 100 мА во вторичных цепях трансформаторов тока) применяются современные приборы ВАФ или при их отсутствии следующие методы. В рассечку токовых цепей на контрольных штеккерах испытательных блоков или на контактных мостиках измерительных зажимов ряда зажимов включаются катушки из нескольких витков изолированного провода. Токоизмерительными клещами при измерении охватываются все витки катушки, и значения токов, измеренных ВАФ в этом случае, следует разделить на число витков катушки, охватываемых токоизмерительными клещами. Другой метод: между токоизмерительными клещами и прибором ВАФ включаются приставки – усилители тока (схемы таких приставок разработаны в ряде энергосистем) для увеличения тока, поступающего к прибору. Однако следует обратить внимание, что при малых токах нагрузки погрешности трансформаторов тока, к которым подключена защита, могут возрастать, и это может вносить погрешности в векторные диаграммы. Причиной тому пологая начальная часть характеристики намагничивания трансформаторов тока, приводящая к относительному возрастанию погрешности.

Перед снятием векторных диаграмм в токовых цепях следует проверить соблюдение полярности подключаемых к прибору токоизмерительных клещей и

установку нуля по току. (Одним из методов проверки исправности прибора ВАФ-85 является подключение клещей обратной полярностью на провод, подходящий к выводу фазы С опорного напряжения. ВАФ-85 должен показать угол 0°).

При снятии векторных диаграмм токов токоизмерительными клещами следует охватывать провод, в котором измеряется ток, таким образом, чтобы полярная сторона токоизмерительных клещей (отмеченная звездочкой) была обращена в сторону фазных выводов трансформаторов тока.

При измерениях должно быть обеспечено плотное прилегание плоскостей магнитопроводов токоизмерительных клещей без зазоров и перекосов, при измерении прибором ВАФ-85 фазы тока относительно опорного напряжения направление вращения лимба и направление движения стрелки к нулю должны обязательно совпадать.

2) Выясняют точное направление и значения активной, реактивной мощностей и первичного тока, протекающего по данному присоединению. В некоторых режимах направления мощностей заранее известны (*например – при прогрузке защит током реактора или емкостным током ВЛ, при работе нагруженного двигателя и т.п.*), и по этому целесообразно создать тупиковый режим нагрузки по присоединению с проверяемой защитой. В остальных случаях определение направления и значений мощностей и тока следует производить по соответствующим ваттметрам и амперметрам и уточнять у диспетчера, в ведениии которого находится данное присоединение.

Примечание – Стабильность направления и значений активной и реактивной мощностей при проверке токовых цепей под нагрузкой следует периодически контролировать.

Для повышения достоверности при определении направления перетоков мощности следует, по возможности, снимать также векторные диаграммы на противоположных концах присоединения.

При симметричной нагрузке положение вектора какой-либо фазы первичного тока, протекающего по присоединению, например, I_A, относительно вектора соответствующего фазного напряжения, например, U_{A0}, может быть определено с помощью диаграммы мощностей на плоскости P, Q (рисунок Г.16). На осях P и Q следует нанести (с учетом направления) значения активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению. Поскольку эти значения являются проекциями полной мощности S, ($P = U\,I\,cos\varphi$, $Q = U\,I\,sin\varphi$) по имеющимся двум проекциям строится изображение полной мощности S. Угол φ между направлением положительной оси P и направлением изображения полной мощности S является также углом между фазным напряжением (U_{A0}) и соответствующим фазным током (I_A), поскольку $P_A = U_{A0}\,I_A\,cos\varphi$. Располагая вектор U_{A0} по положительной оси P, получаем, что интересующее нас направление вектора тока (I_A) совпадает с направлением изображения полной мощности S. Если рассчитанное таким образом направление тока совпадает с направлением, полученным при снятии векторной диаграммы, значит, токовые цепи защиты собраны правильно, и векторная диаграмма снята правильно.

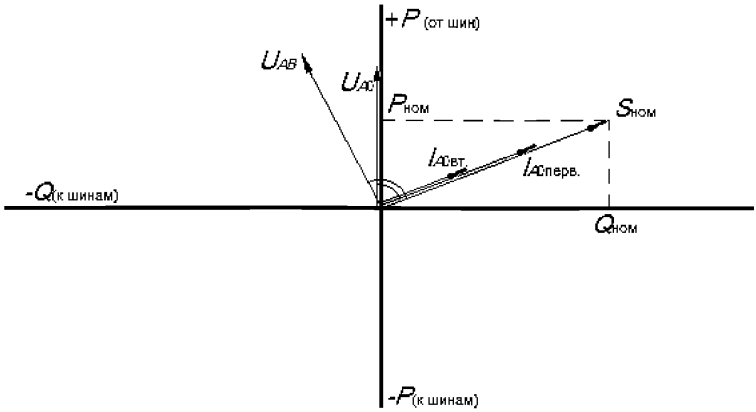


Рисунок Г.16 – Вектор первичного тока по значениям и направлению активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению

Точные значения активной и реактивной мощностей могут быть вычислены и в обратном порядке. При снятии векторной диаграммы выяснилось, что ток каждой фазы, например, I_A, отстает от своего фазного напряжения, например, U_{A0}, на угол φ. Активная мощность по фазе А присоединения вычисляется по выражению $P_A = U_{A0} I_A \cos\varphi$, а реактивная – по выражению $Q_A = U_{A0} I_A \sin\varphi$, или для трехфазной системы $P=\sqrt{3}UI\cos\varphi$ и $Q=\sqrt{3}UI\sin\varphi$, где все напряжения и токи заданы в первичных значениях, и в двух последних формулах использованы линейные напряжения. Результаты расчета сравниваются с показаниями достоверных щитовых приборов, с данными диспетчера и данными противоположного конца линии.

Г.12.14 Проверка соответствия коэффициентов трансформации трансформаторов тока

Проверку соответствия коэффициентов трансформации трансформаторов тока осуществляют по значениям первичных и вторичных токов и направления векторов одноименных фаз первичного и вторичного токов. Направления этих векторов должны совпадать. Исключения допускают для дифференциальных защит шин, трансформаторов, генераторов и т.п., в которых токи отдельных плечей защиты могут быть сдвинуты относительно первичного тока на 180° При соединении вторичных обмоток трансформаторов тока в «треугольник», сравнивать направления первичных и вторичных токов следует с учетом группы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока.

Правильность сборки токовых цепей дифференциальных защит следует определять по минимальному значению тока небаланса в дифференциальных проводах при протекании по всем плечам защиты тока нагрузки и по увеличению небаланса при поочередном исключении вторичных токов, протекающих в плечах защиты. Исключение вторичных токов производится снятием крышек испытательных блоков. Как правило, нагрузка должна быть не менее 10 % от

значения номинального тока трансформаторов тока, используемых в защите. Порядок производства этой работы аналогичен описанному в п. Г.12.8. Во многих реле, в том числе микропроцессорных, дифференциальная цепь существует лишь виртуально, внутри устройства. Значит, небаланс надо измерять иными способами, для реле серий РНТ, ДЗТ по току в реагирующем органе, для МП терминалов по показаниям дифференциального тока на дисплее или иными способами, изложенными в инструкциях фирм-изготовителей.

Не следует делать заключения о правильности подключения токовых цепей только на основе проверки направления вторичных токов без учета соответствия направлению первичных токов.

Г.12.15 Проверка поведения устройств блокировок при неисправностях цепей напряжения.

Поведение устройства при поочередном отключении на ряде выводов устройства всех проводов цепей напряжения «звезды» и «разомкнутого треугольника», следует проверять при поочередном снятии крышек испытательных блоков цепей. В этих режимах следует измерять токи в цепях выходного реле устройства. Значения этих токов должны превышать значения токов срабатывания реагирующего органа, и устройство должно срабатывать при отсоединении любого из проводников цепей напряжения за исключением цепей с маркировкой К и 0. При восстановленных цепях напряжения следует измерить значения тока небаланса. Если устройства блокировки выполнены с компенсирующими обмотками, подключенными к напряжениям разомкнутого треугольника ($3U_0$ и Н-И), следует произвести измерение небаланса при имитации однофазного короткого замыкания в сети (рисунок Г.17). На представленном рисунке изображен модернизированный вариант блокировки с общей компенсирующей обмоткой, подключенной через резисторы R38, 39 к напряжению $3U_0$ и через резисторы R36, 37 к напряжению Н-И. Тем не менее, схема имитации однофазного КЗ остается такой же и для варианта блокировки с двумя разными обмотками, подключенными к напряжениям $3U_0$ и Н-И. В типовом исполнении цепей «разомкнутого треугольника» и блокировки имитируется КЗ на фазе А. Однако при других вариантах сборки цепей «разомкнутого треугольника» необходима реконструкция блокировки. В этом случае имитируется однофазное КЗ на другой фазе. Значение тока небаланса должно быть меньше тока возврата реле. Конкретные значения кратности токов, протекающих в выходном реле блокировки, при обрывах отдельных цепей напряжения, а также небалансов при подводе исправных цепей напряжения должны соответствовать нормам, приведенным в заводской документации.

Г.12.16 Проверяется правильность работы и небалансы на выходах фильтров симметричных составляющих тока и напряжения прямой и обратной последовательностей. Должна быть проверены правильность подключения к цепям тока или напряжения и правильность настройки фильтров симметричных составляющих тока и напряжения, содержащихся в измерительных и пусковых органах устройств РЗА. Проверка производится путем измерения значений тока или напряжения на выходах фильтров при поочередной подаче на вход устройств симметричной трехфазной системы тока или напряжения прямого и обратного

чередований фаз. Проверку настройки фильтров тока желательно производить при токах нагрузки во вторичных токовых цепях не менее 20 % номинального значения вторичного тока трансформаторов тока, к которым подключены устройства. В некоторых случаях оценку правильности подключения к токовым цепям можно производить и при меньших значениях тока.

Для фильтров обратной последовательности измеряется значение небаланса при подаче прямого чередования фаз воздействующих величин и значение выходного параметра при подаче обратного чередования фаз перекрещиванием любых двух фазных проводов. Значение выходного параметра в этом случае должно быть пропорционально подведенным токам или напряжениям обратной последовательности. При этом фиксируется поведение выходного реле. Оно должно сработать при превышении входным током или напряжением выполненной настройки параметра срабатывания. Для фильтров прямой последовательности – наоборот, значение выходного параметра должно быть пропорционально подведенным токам или напряжениям, а при подаче обратного чередования фаз на выходе фильтра должно быть лишь напряжение небаланса.

Значение небаланса измеряется амперметром с малым потреблением или вольтметром с большим внутренним сопротивлением. Для фильтра напряжения значение небаланса должно быть меньше параметра возврата выходного реле. Для фильтра тока значение небаланса должно быть меньше параметра возврата выходного реле при заданном максимальном токе нагрузки. Значение этого тока небаланса определяется по току, измеренному в обмотке выходного реле и умноженному на отношение тока максимальной нагрузки к току, протекающему по линии в момент измерения. Повышенные значения небалансов в выходных цепях фильтров могут быть вызваны следующими причинами:

- наличием в кривых подводимых напряжений и токов гармонических составляющих (третьей – в токах и напряжениях и пятой – в напряжениях);
- наличием несимметрии подводимых напряжений и токов,

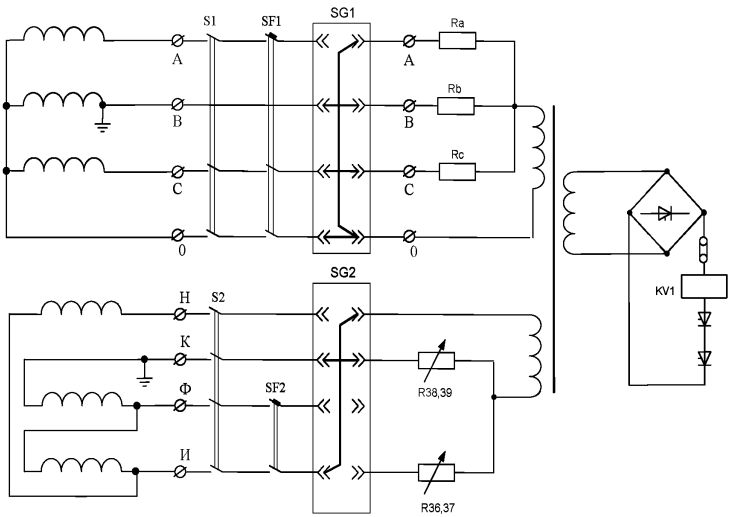


Рисунок Г.17 – Схема проверки модернизированного варианта блокировки при неисправностях в цепях напряжения

- разницей в частотах сети при проверке рабочим напряжением и током нагрузки и при настройке фильтра от испытательного устройства.

Учет влияния этих факторов достаточно сложен, поэтому проверки желательно производить при таком режиме, когда влияние этих факторов на значение небаланса незначительно.

При проверке комбинированных фильтров тока $I_1 + K\ I_2$ следует измерить напряжение на выходе фильтра (органа манипуляции) при подаче обратного и прямого чередований фаз тока. Отношение выходного напряжения при подаче обратного чередования к выходному напряжению при подаче прямого чередования фаз должно быть примерно равно коэффициенту К комбинированного фильтра. Аналогично, но при подаче соответствующей системы напряжений проверяются и комбинированные фильтры напряжений $U_1 + K\ U_2$, применяемые в некоторых схемах для компенсации емкостного тока в органе манипуляции ВЧ передатчиком.

После окончания проверок и восстановления цепей тока и напряжения в исходное состояние следует проконтролировать правильность восстановления цепей напряжения и тока измерением значения выходного параметра фильтра. Это значение должно соответствовать выходному параметру при токе (напряжении) прямой последовательности при данной нагрузке (напряжении).

Г.12.17 Правильность работы устройств компенсации в защитах ВЛ 330-500 кВ следует проверять исходя из правильности подключения вторичных обмоток устройств компенсации сопротивлений обратной последовательности I_2 Z_{2k} в пусковых органах релейной защиты, $K \cdot 3I_0$ – нулевой последовательности в

дистанционных реле, включенных на фазные напряжения и токи, и компенсации емкостных токов – в измерительных органах устройств РЗА, включенных на ВЛ напряжением 330 кВ и выше.

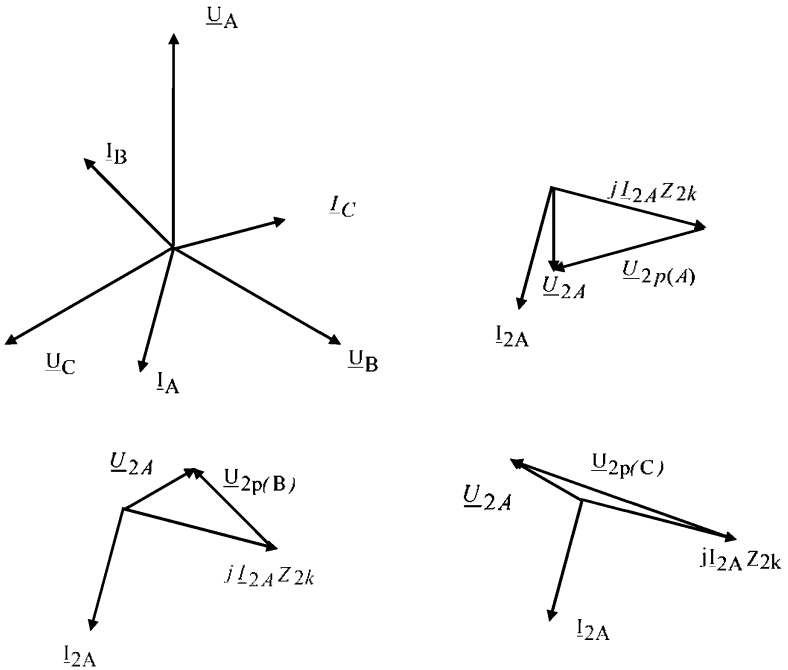


Рисунок Г.18 – Построение диаграмм для определения правильности включения компенсирующего устройства сопротивления обратной последовательности при подаче обратного чередования тока и имитации однофазных КЗ в цепях напряжения

Г.12.17.1 Устройство компенсации сопротивления обратной последовательности в пусковом устройстве защиты, проверяют включенным на напряжение обратной последовательности в соответствии с выражением

$$\left|\underline{U}_{\text{p}}\right| = \left|\underline{U}_{2} - \underline{I}_{2}\underline{Z}_{2k}\right| \qquad (Г.13)$$

где $\underline{U}_2$, и $\underline{I}_2$ – напряжение и ток обратной последовательности, подаваемые на устройство, а $\underline{Z}_{2k}$ – сопротивление компенсирующего устройства. Для проверки этого устройства на устройство защиты подается обратное чередование фаз тока (перекрещиваются фазы *B* и *C*), поочередно отсоединяются фазы *A, B,* С проверяемого устройства от цепей напряжения с подключением их к нулевому проводу (имитируются однофазные КЗ в цепях напряжения), и измеряются значения токов $\underline{I}_{2p}$ на выходе измерительного или пускового органа. Соотношения

значений измеренных токов должны быть пропорциональны значениям $\underline{U}_{2p}$, определенным графически из векторной диаграммы рисунка Г.18:

$$\underline{I}_{2p(A)} : \underline{I}_{2p(B)} : \underline{I}_{2p(C)} = \underline{U}_{2p(A)} : \underline{U}_{2p(B)} : \underline{U}_{2p(C)}. \qquad (Г.14)$$

При построении векторной диаграммы следует учесть, что вектор тока $\underline{I}_{2(A)}$ равен и совпадает с вектором тока $\underline{I}_A$, поскольку в устройстве поменяли местами фазы В и С (см. рисунок Г.18, а). Модуль вектора $j\underline{I}_{2A}\ Z_{2K}$ подсчитывается по заданной уставке Z_{2K} и измеренному значению тока $\underline{I}_A$, а по направлению вектор $j\underline{I}_{2A}\ Z_{2K}$ опережает вектор этого тока на угол 90°.

Значение вектора напряжения $\underline{U}_{2A}$ равно одной трети фазного напряжения, а его направление для каждой имитации, определенное по формуле:

$$\underline{U}_{2A} = \frac{1}{3}\left(\underline{U}_A + a^2\underline{U}_B + a\underline{U}_C\right) \qquad (Г.15)$$

совпадает с вектором минус $\underline{U}_A$ при отключении фазы А, минус $\underline{U}_C$ при отключении фазы В и минус $\underline{U}_B$ при отключении фазы С.

Четкость проверки правильности настройки устройств компенсации обеспечивается при соблюдении условий $I_\phi Z_{2K} \geq 0{,}05\ U_\phi$. При малых значениях токов нагрузки следует на время проверки установить максимальное значение Z_{2k}.

Г.12.17.2 Устройства компенсации сопротивления нулевой последовательности в реле сопротивления, проверяют включенными на фазные токи и напряжения по схеме с токовой компенсацией. При проверке направленности характеристики реле сопротивления путем уменьшения рабочего напряжения, подаваемого на устройство РЗА с помощью потенциометра (рисунок Г6), определяют по два значения сопротивления срабатывания. Первое – при подаче в устройство только фазного тока и второе при подаче только тока $3I_0$. В обоих случаях эти сопротивления, определяемые по соотношениям $\frac{U_\phi}{I_\phi}$ и $\frac{U_\phi}{k \cdot 3I_\phi}$ должны соответствовать углу между рабочим напряжением и током нагрузки, а также угловой характеристике срабатывания реле. Затем фазный ток и ток $3I_0$ подаются одновременно. По уменьшению сопротивления срабатывания до значения, рассчитанного по соотношению $\frac{U_\phi}{I_\phi + k \cdot 3I_0}$, определяется правильность включения фазной и компенсационной обмоток между собой. Этим подтверждается правильность суммирования токов $I_\phi + K \cdot 3I_0$.

Г.12.17.3 Устройства компенсации емкостного тока ВЛ напряжением 330 кВ и выше.

В случае, если проверку производят на ВЛ, включенной на холостой ход (реакторы на противоположном конце ВЛ должны быть отключены), условием правильного включения будет уменьшение напряжения на выходе устройства компенсации наполовину или до нуля (при компенсации соответственно половины значения емкостного тока ВЛ или полного его значения) при подаче одновременно тока и напряжения по сравнению с выходным напряжением только от поданного тока. Для устройств, где компенсируются другие части значения емкостного тока ВЛ, эти соотношения, характеризующие правильность включений компенсирующего устройства, могут быть иные. Например, в защите ПДЭ-2003 компенсируется 0,5 и от 1,2 до 1,4 емкостного тока ВЛ. Изменением

положения переключателя настройки параметров срабатывания следует (при необходимости) произвести корректировку значения параметра настройки емкостного тока. В зависимости от вида устройства следует подавать соответствующие системы токов и напряжений (симметричные и несимметричные, прямое и обратное чередования фаз).

Например – При проверке емкостной компенсации в комбинированных фильтрах органа манипуляции дифференциально-фазных защит ВЛ сначала подают три комбинации симметричных токов и напряжений прямой, а затем обратной последовательности, а при проверке емкостной компенсации в токовых реле УРОВ (в устройстве ПДЭ-2005) подают фазные напряжения и токи.

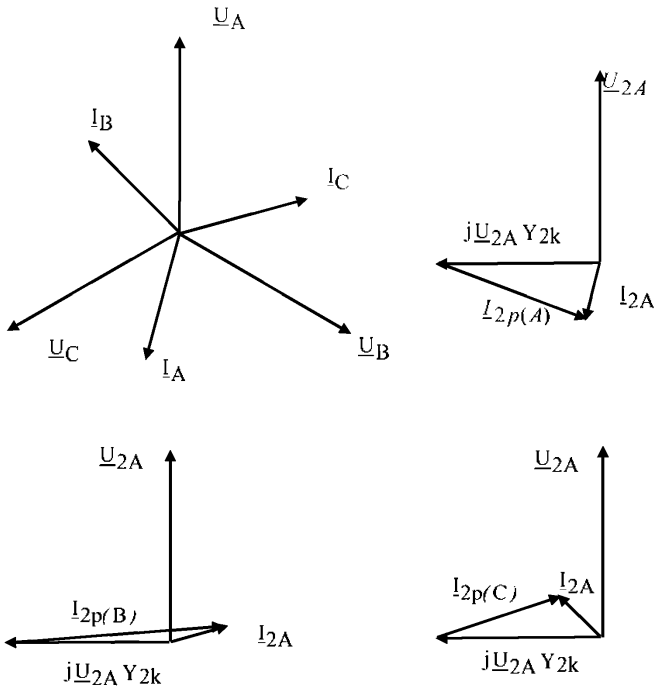


Рисунок Г.19. Построение диаграмм для определения правильности включения компенсирующего устройства емкостного тока ВЛ, включенного через фильтры обратной последовательности

В случае, если по ВЛ протекает ток нагрузки, правильность подключения устройства следует определять по соотношению величин, получаемых при измерениях, и из векторной диаграммы.

На устройство, подключенное через фильтры обратной последовательности,

подается напряжение обратной последовательности (перекрещиваются фазы В и С) совместно с поочередной подачей одного из фазных токов и измеряются напряжения на выходе измерительных и пусковых органов $\underline{U}_{2p}$. Соотношения значений измеренных напряжений должны быть пропорциональны значениям $\underline{I}_{2p}$, определенным графически из векторной диаграммы рисунка Г.19:

$$\underline{U}_{2p(A)} : \underline{U}_{2p(B)} : \underline{U}_{2p(C)} = \underline{I}_{2p(A)} : \underline{I}_{2p(B)} : \underline{I}_{2p(C)}. \qquad (Г.16)$$

При построении векторной диаграммы следует учесть, что вектор напряжения $\underline{U}_{2A}$, равен и совпадает с вектором напряжения $\underline{U}_A$, значение вектора j $\underline{U}_{2A}$ $\underline{Y}_{2K}$ подсчитывается по заданной уставке и опережает вектор $\underline{U}_A$ на 90°. Значение вектора тока $\underline{I}_{2A}$ равно одной трети фазного тока, а его направление, определенное формулой:

$$\underline{I}_{2A} = \frac{1}{3}\left(\underline{I}_A + a^2\underline{I}_B + a\underline{I}_C\right) \qquad (Г.17)$$

совпадает с вектором $\underline{I}_A$ при пропускании через устройство тока фазы А, совпадает с вектором $\underline{I}_C$ при пропускании через устройство тока фазы В, совпадает с вектором $\underline{I}_B$ при пропускании через устройство тока фазы С.

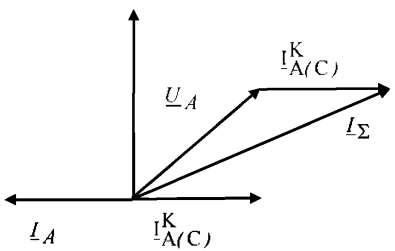


Рисунок Г.20 – Построение векторной диаграммы для определения правильности включения компенсирующего устройства емкостного тока ВЛ, включенного на фазное напряжение

На устройство, включенное на фазное напряжение и фазный ток, подается сначала только ток, на который оно включено, затем только напряжение, а затем совместно напряжение и ток, и измеряются напряжения $U_{p(I)}$, $U_{p(U)}$, $U_{p(I+U)}$ на выходе измерительного или пускового органа. Соотношения значений намеренных напряжений должны быть пропорциональны значениям векторов $\underline{I}_A$, $\underline{I}^{K}_{A(C)}$, $\underline{I}_\Sigma$, полученным из векторной диаграммы рисунка Г.20:

$$U_{p(I)} : U_{p(U)} : U_{p(I+U)} = \underline{I}_A : \underline{I}^{K}_{A(C)} : \underline{I}_\Sigma. \qquad (Г.18)$$

Г.12.18 Проверяется правильность включения органа направления мощности. Эту проверку следует производить путем фиксации состояния контактов реле (выхода реле или терминала) при подведении к реле различных комбинаций тока и напряжения (достаточно трех комбинаций). Обычно следует подавать одно и то же напряжение и поочередно ток каждой фазы. Так как

векторы токов разных фаз смещены один относительно другого на 120°, это всегда позволяет получить четкие действия реле, хотя бы для токов двух фаз.

Для реле, включенных на полные значения напряжений и токов, подаются полные значения напряжений и токов (рисунки Г.21 и Г.22).

Для защиты от замыканий на землю к реле вместо цепей с маркировкой «Н» подаются цепи с маркировкой «И» (испытательная жила) от цепей напряжения «разомкнутого треугольника» (имитируется однофазное КЗ на фазе А, при условии, что цепи напряжения «разомкнутого треугольника» собраны по типовой схеме), и поочередно токи каждой фазы пропускаются через токовую обмотку реле (рисунок Г.23).

Для реле мощности обратной последовательности по цепям напряжения имитируются междуфазные или однофазные КЗ, а в токовые цепи реле поочередно подаются токи всех фаз (рисунки Г.24 и Г.25). Эти реле можно проверить также и при подаче на них токов и напряжений обратной последовательности трех фаз. Для этого на реле путем перекрещивания двух фаз напряжения на крышке испытательного блока подается система напряжений обратной последовательности и затем поочередно три системы токов обратной последовательности (рисунок Г.26).

Для облегчения анализа правильности поведения реле токи нагрузки разных фаз целесообразно подводить к одним и тем же цепям реле, например, при проверке реле мощности обратной последовательности однофазными токами можно через токовую обмотку фазы А реле или через последовательно соединенные токовые обмотки фаз В и С поочередно пропустить нагрузочный ток фаз А, В и С.

Предварительно, зная векторные диаграммы токов нагрузки, следует определить ожидаемое поведение реле. Для этого нужно определить, какие из векторов рабочего напряжения будут подводиться при имитациях к обмотке напряжения реле, т.е. определить положение вектора $\underline{U}_р$. Относительно вектора $\underline{U}_р$, зная угол максимальной чувствительности, определить линию максимальных, а затем нулевых моментов, т.е. определить зону работы реле. Для реле мощности обратной последовательности зоны работы могут строиться для токов и напряжений обратной последовательности (рисунки Г.21г и Г.21е) или для полных значения токов и напряжений (рисунок Г.21д). Углы максимальной чувствительности при этом будут разные. После этого следует нанести на диаграмму положение трех векторов тока, которые будут подводиться к токовым обмоткам реле при имитациях (на основании положения векторов токов нагрузки и вида симметричных составляющих, на которые реагирует реле). По положению этих векторов относительно зоны работы определяют ожидаемое поведение реле.

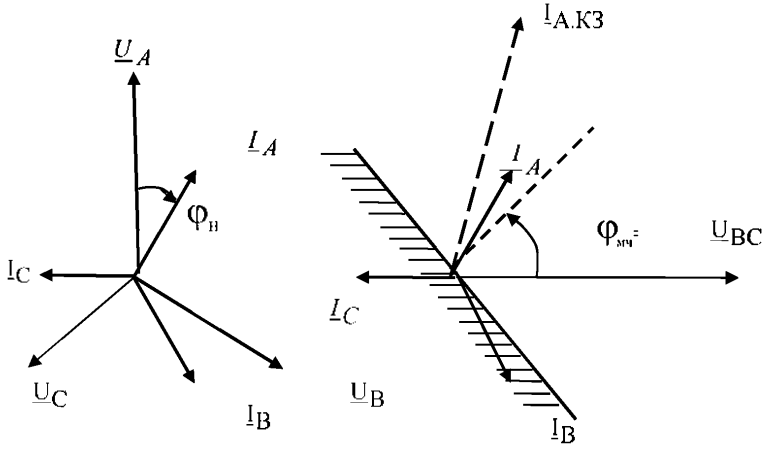


Рисунок Г.21 – Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений. Векторная диаграмма рабочих токов и напряжений

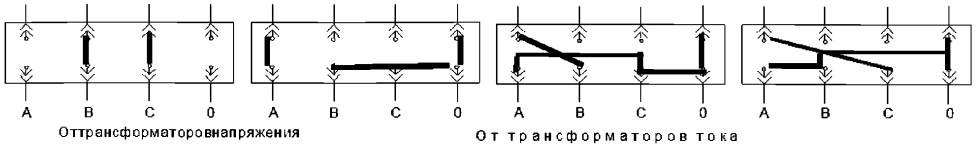


Рисунок Г.22 – Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений. Проверка реле мощности, включенного на междуфазные КЗ по 90-градусной схеме.

Кроме того, на диаграмму обычно наносят положение вектора тока КЗ, который протекал бы при КЗ на защищаемом элементе первичной сети в режиме, соответствующем имитируемому по цепям напряжения. Вектор тока КЗ должен попадать в зону работы реле, если оно должно срабатывать при КЗ на защищаемых элементах, или в зону блокировки, если оно в этом режиме должно блокироваться. При нанесении векторов тока и напряжения, подводимых к обмоткам реле, на диаграмму, следует определять положения векторов $\underline{U}_р$, $\underline{I}_р$, начала (стрелки) которых подходят к однополярным выводам реле (отмечены *), так как относительно них задается угол максимальной чувствительности реле, и строится зона работы реле. Кроме того, зону работы следует строить для определенного контакта реле с учетом назначения реле и схемы включения этого контакта в оперативных цепях. После этого следует произвести намеченные имитации режимов и сравнить фактическое поведение реле с ожидаемым. Если они совпадают, реле мощности включены правильно. При возникновении сомнений в правильности поведения реле следует снять векторные диаграммы токов и напряжений на выводах самого реле.

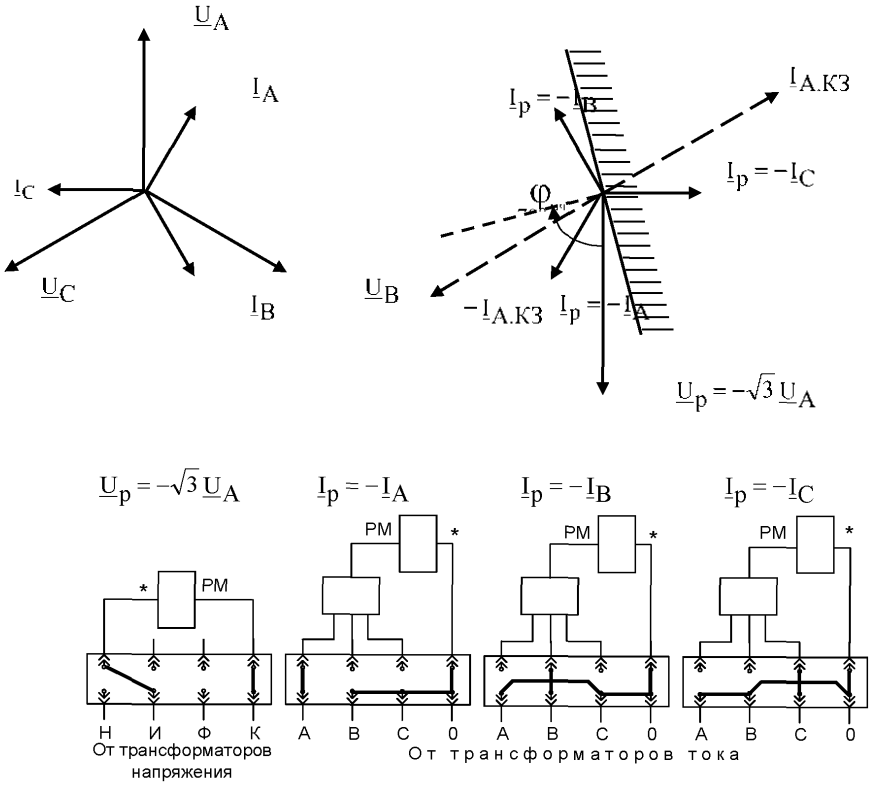


Рисунок Г.23 – Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений. Проверка реле мощности нулевой последовательности.

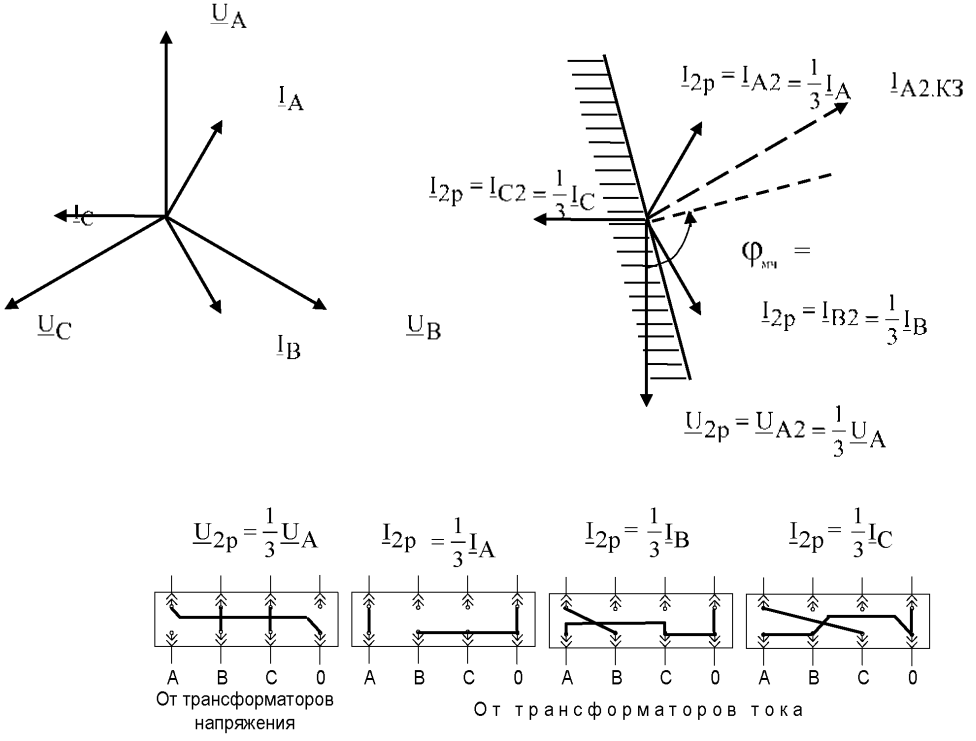


Рисунок Г.24 – Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений. Проверка реле мощности обратной последовательности с построением диаграммы работы реле в системе напряжений и токов обратной последовательности

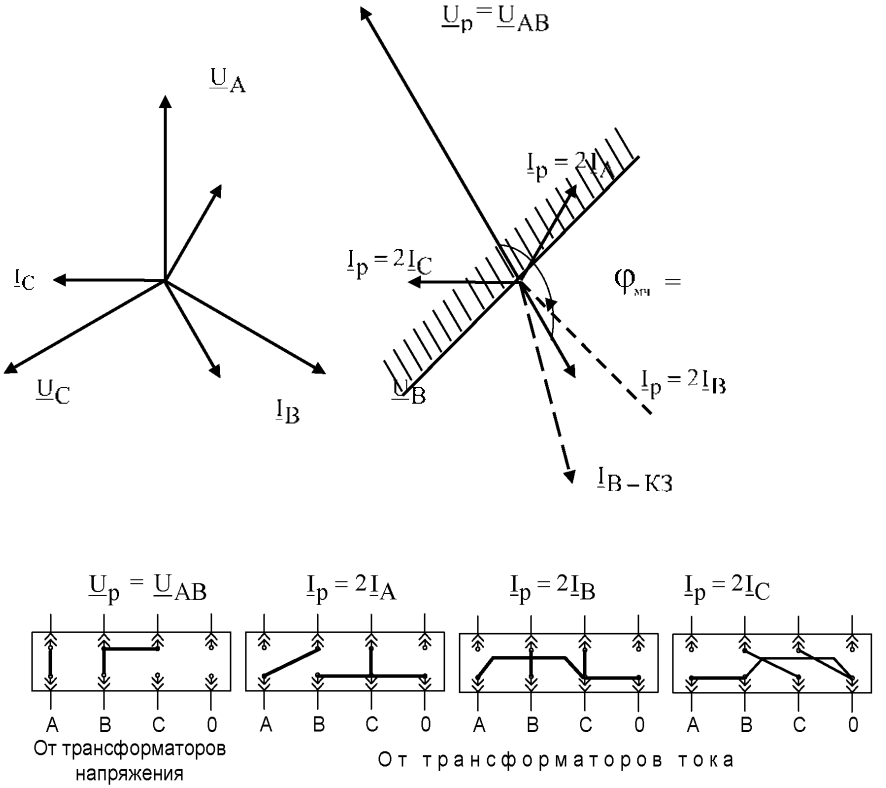


Рисунок Г.25 – Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений. Проверка реле мощности обратной последовательности с построением диаграммы работы реле в системе напряжений и токов обратной последовательности с построением диаграмм в системе полных величин

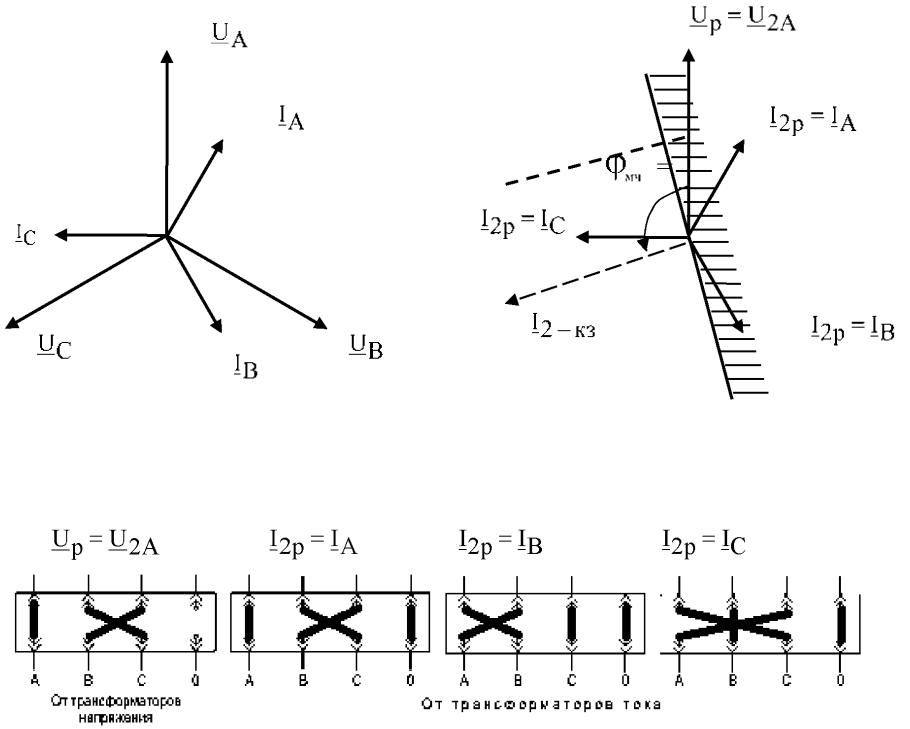


Рисунок Г.26 – Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений. Проверка реле мощности обратной последовательности с построением диаграммы работы реле в системе напряжений и токов обратной последовательности с подачей системы напряжений и трех систем токов обратной последовательности

На рисунке Г.27 для примера построена зона работы реле мощности нулевой последовательности с $\varphi_{м.ч} = 75°$.

При проведении имитаций режимов к реле должны подводиться мощности,

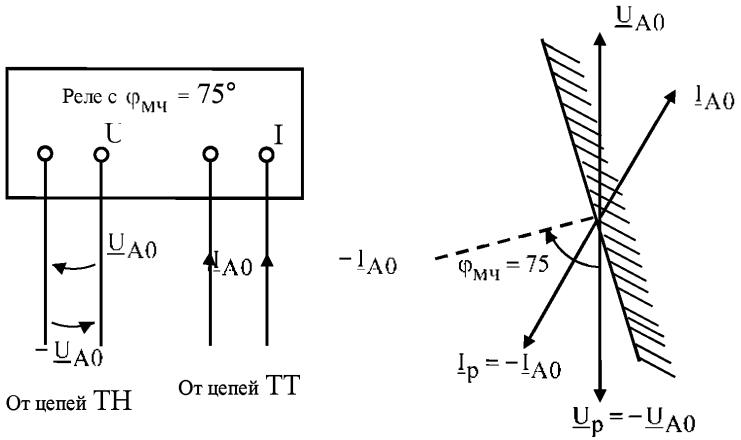


Рисунок Г.27 – Определение зоны работы реле мощности нулевой последовательности при подведении рабочих токов и напряжений

достаточные для срабатывания реле при различных углах между векторами тока и напряжения (превышающие мощность срабатывания реле не менее чем в три раза). При малых значениях токов нагрузки можно на время проверок уменьшать заданные параметры настройки мощности срабатывания реле с помощью переключателей параметров настройки срабатывания, если таковые имеются, или искусственно увеличивать значение тока, подводимого к реле, с помощью трансформатора тока, например, И54 (рисунок Г.28). В этом случае необходимо проверить, чтобы векторная диаграмма токов, подводимых к реле от повышающих трансформаторов тока, соответствовала нагрузке.

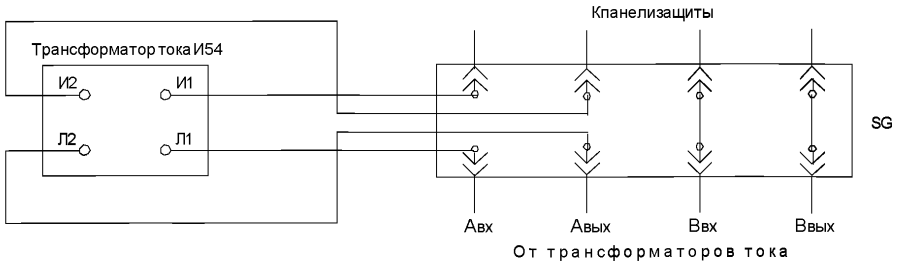


Рисунок Г.28 – Схема увеличения значения тока, подводимого к реле, с помощью измерительного трансформатора тока

При проверках электромеханических реле мощности следует ориентировочно оценивать механический момент на траверсе подвижного контакта при различных имитациях.

Следует учитывать, что некоторые реле могут иметь ширину зоны работы, меньшую 180°. Например, в реле мощности обратной последовательности защиты ПДЭ-2003 ширина этой зоны и на срабатывание, и на блокировку составляет от 120 до 135°.

Для проверки таких реле следует подбирать такие сочетания токов и напряжений, при которых реле четко действует на срабатывание или на блокировку.

Устройства компенсации сопротивления обратной последовательности и емкостного тока изменяют зону работы реле, поэтому при имитациях они должны быть выведены из работы с помощью переключателей.

С учетом векторной диаграммы нагрузок (см. рисунок Г.21) реле реагируют следующим образом:

на рисунке Г.22 реле срабатывает при подведении тока $\underline{I}_A$ и не срабатывает при подведении токов $\underline{I}_B$, $\underline{I}_C$;

на рисунке Г.23 реле срабатывает при подведении токов $\underline{I}_A$, $\underline{I}_B$ и не срабатывает при подведении тока $\underline{I}_C$;

на рисунке Г.24 реле срабатывает при подведении токов $\underline{I}_A$, $\underline{I}_B$ и не срабатывает при подведении тока $\underline{I}_C$;

на рисунке Г.25 реле срабатывает при подведении тока $\underline{I}_B$ и не срабатывает при подведении токов $\underline{I}_A$, $\underline{I}_C$;

на рисунке Г.26 реле срабатывает при подведении системы токов ВАС СВА и не срабатывает при подведении системы токов АСВ и ВАС.

Г.12.19 Проверяется правильность включения реле сопротивления.

Проверку реле сопротивления следует производить путем перевода реле сопротивления в режим реле направления мощности (в случае, если имеется контур подпитки, питающийся от неповрежденной фазы напряжения) или снижением значения рабочего напряжения, подводимого к реле (в случае, если контур памяти отсутствует или питается от линейных напряжений), и путем оценки поведения реле при подведении к нему разных фаз токов нагрузки.

Правильность включения реле сопротивления дистанционных защит обычно проверяют только для одного реле сопротивления первой ступени, например, включенного на линейное напряжение АВ, считая при этом, что возможные ошибки в пределах устройства РЗА были выявлены на предыдущих этапах наладки с помощью испытательного устройства.

При включении отдельных ступеней дистанционной защиты на разные группы вторичных обмоток трансформаторов тока (например, при раздельном включении I и II комплектов модернизированной панели ЭПЗ-1636 или основного и резервного комплекта защиты ШДЭ-2802) следует производить проверку только для одного реле сопротивления, но для каждой группы. Для других устройств РЗА следует проверить правильность подключения каждого реле сопротивления.

Перевод реле сопротивления, в котором подпитка выполнена от неповрежденной фазы напряжения, в режим реле направления мощности следует

производить путем его отсоединения от цепей напряжения, закорачивания в сторону панели цепей рабочего напряжения реле и подведения фазных напряжений от цепей напряжения в контур подпитки проверяемого реле. При этом цепи тока этого реле остаются подключенными к току нагрузки. Угол максимальной чувствительности реле в режиме реле направления мощности, отсчитываемый относительно напряжения, подаваемого в контур подпитки, равен углу максимальной чувствительности реле сопротивления плюс 90°. Можно также пользоваться углом максимальной чувствительности реле сопротивления, но помнить, что подавая напряжение С0, имитируем напряжение АВ, подавая напряжение А0, имитируем напряжение ВС, подавая напряжение В0 имитируем напряжение СА.

Для электромеханических реле сопротивления (в настоящее время сняты с производства) перевод в режим реле направления мощности следует осуществлять переключением соответствующих накладок, при этом значение угла максимальной чувствительности реле в режиме реле направления мощности остается тем же, что и в режиме реле сопротивления или равном 90° (в зависимости от типа реле).

Реле, у которых отсутствует контур подпитки, питающийся от неповрежденной фазы цепей напряжения, следует проверять, подводя к реле ток нагрузки и пониженное напряжение от трансформатора напряжения. Для этого с помощью потенциометра или автотрансформатора понижают напряжения, поступающие от трансформаторов напряжения, и, подводя к реле напряжения разных фаз, измеряют напряжения срабатывания реле (рисунок Г.27).

Для реле, имеющих характеристики срабатывания с охватом начала координат, для фиксации двух точек срабатывания измерения следует производить с изменением фазы подводимого напряжения на 180°.

При проверках ненаправленных реле сопротивления с характеристикой в виде окружности (или многоугольника) с центром в начале координат следует дополнительно снять векторные диаграммы напряжений и токов на выводах реле.

Значения сопротивлений срабатывания ($Z_{ср}$), в Омах на фазу, для реле, включенных на линейные напряжения и токи, необходимо подсчитать по формуле:

$$Z_{ср} = \frac{U_{л.ср}}{I_{л}} \qquad (Г.19)$$

Для реле, включенных на фазные напряжения и токи:

$$Z_{ср} = \frac{U_{ф.ср}}{I_{ф}} \qquad (Г.20)$$

если фазный ток не пропускается через компенсационную обмотку;

$$Z_{ср} = \frac{U_{ф.ср}}{KI_{ф}} \qquad (Г.21)$$

если фазный ток пропускается только через компенсационную обмотку;

$$Z_{ср} = \frac{U_{ф.ср}}{(1+K)I_ф} \qquad (Г.22)$$

если фазный ток пропускается через фазную и компенсационную обмотки,

где $Z_{ср}$ – сопротивление срабатывания реле, Ом/фазу;

$U_{л.ср}$, $U_{ф.ср}$ – линейные и фазные значения напряжений срабатывания, В;

K – коэффициент компенсации тока нулевой последовательности;

$I_ф$ – фазный ток нагрузки, А.

$I_л$ – линейный ток нагрузки, понимаемый, как геометрическая разность фазных токов, подводимых к реле, А.

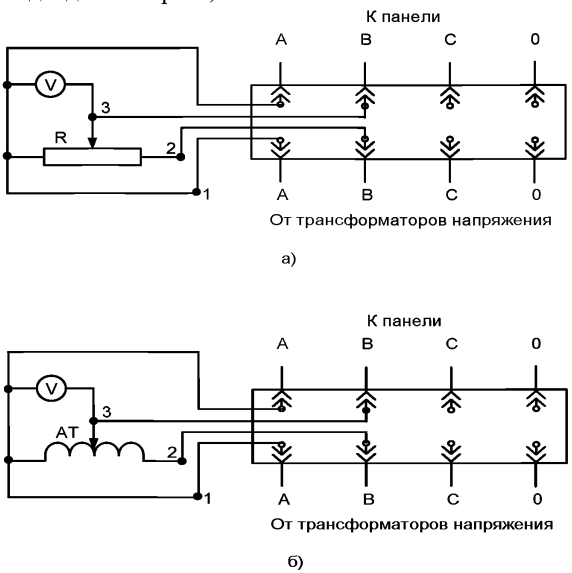


Рисунок Г.29 – Схема проверки правильности подключения реле сопротивления путем подвода к реле пониженного значения рабочего напряжения

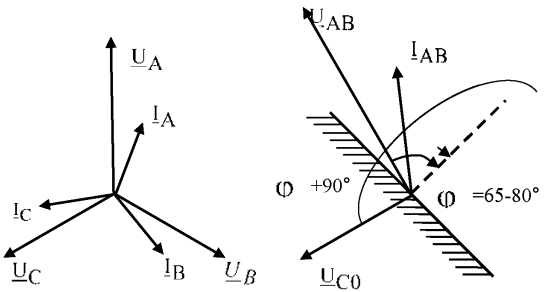
По угловым характеристикам реле сопротивления, зная углы между напряжениями и токами, определяют расчетные значения сопротивлений срабатывания и сравнивают их с измеренными. Измерения выполняются для нескольких сочетаний подводимых напряжений (или токов).

Реле сопротивления следует считать включенными правильно, если ожидаемое поведение их совпадает с фактическим при проверках реле сопротивления в режиме реле направления мощности или расчетные значения сопротивлений срабатывания совпадают с измеренными при проверках снижением напряжения.

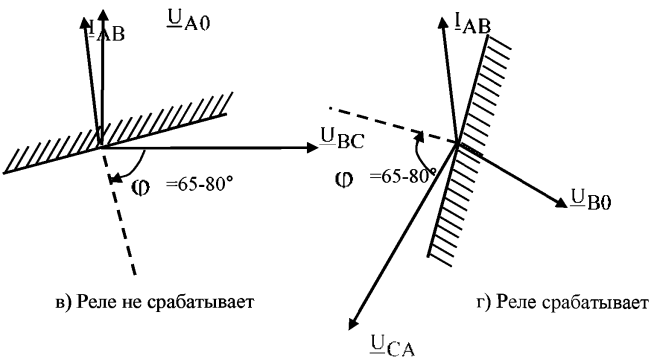
При сомнениях в результатах проверки следует проверить векторную диаграмму токов и напряжений на выводах самого реле.

Реле сопротивления следует проверять при токах нагрузки, близких или превышающих значения тока точной работы реле сопротивления. Увеличить значения токов, подводимых к реле, можно с помощью трансформаторов тока, включаемых по схеме, приведенной на рисунке Г.23.

На рисунке Г.25 построены векторные диаграммы и показаны переключения, проводимые в цепях напряжения при проверках реле сопротивления с переводом в режим направления мощности, а на рисунке Г.27 – при подведении пониженного напряжения.



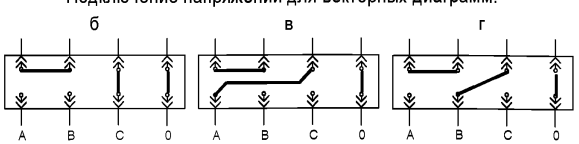
б) Реле срабатывает



в) Реле не срабатывает

г) Реле срабатывает

Подключение напряжений для векторных диаграмм:



От трансформаторов напряжения

Рисунок Г.30 – Определение ожидаемого поведения реле сопротивления при переводе в режим направления мощности при подведении рабочих токов и напряжений

На рисунке Г.30 показаны диаграммы, построенные относительно напряжений, подводимых к контуру подпитки (U_n), с нанесеным вектором тока I_{AB}; На рисунке Г.31 показана векторная диаграмма относительно условно неподвижного вектора тока. В этом случае знак значения угла максимальной чувствительности меняется на противоположное по отношению к знаку значения этого угла при неподвижном векторе напряжения. Как видно из рисунка, для определения ожидаемого поведения реле при построении диаграммы приведенным способом достаточно построить одну диаграмму вместо трех.

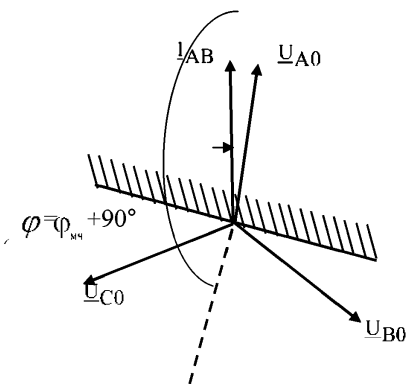


Рисунок Г.31 – Определение ожидаемого поведения реле сопротивления при переводе в режим направления мощности путем построения векторной диаграммы относительно условно-неподвижного вектора тока

На рисунке Г.32 показано определение расчетных значений $Z_{ср}$ по угловой характеристике реле в зависимости от фаз подведенного напряжения. Порядок подключения цепей от трансформатора напряжения к устройству РЗА для проверки $Z_{ср}$ в различных точках угловой характеристики приведен в таблице Г.5. Схема подключения цепей напряжения показана на рисунке Г.28.

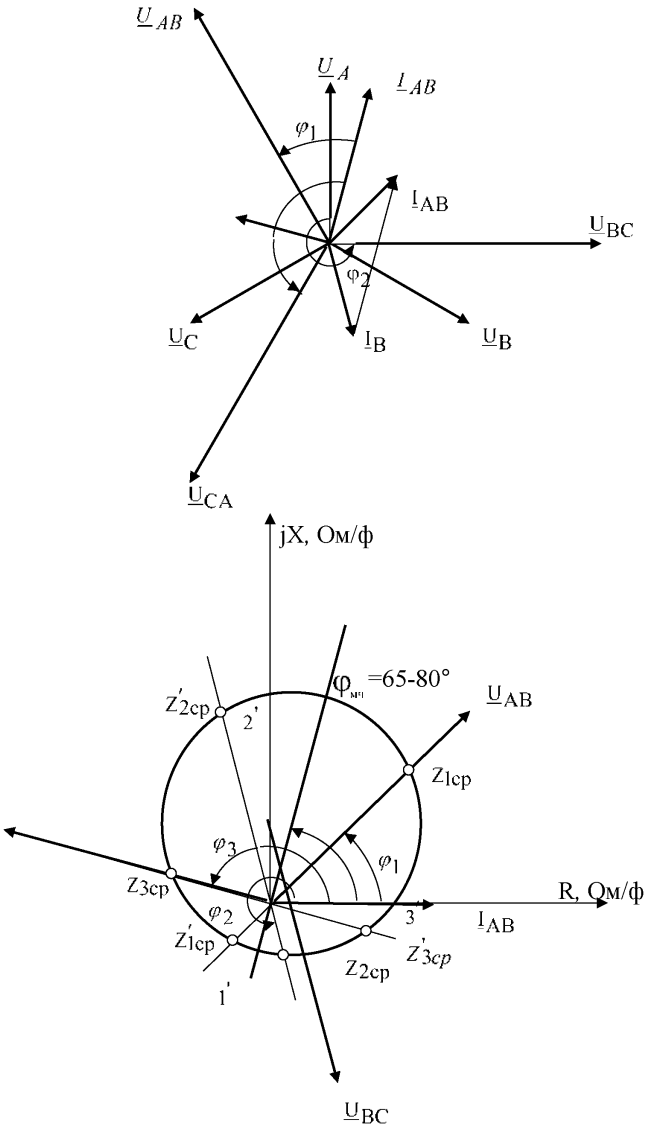


Рисунок Г.32 – Определение ожидаемого поведения реле сопротивления путем снижения напряжения. Векторная диаграмма

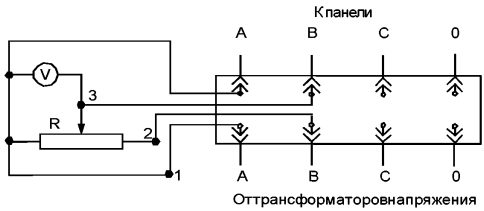


Рисунок Г.33 – Определение ожидаемого поведения реле сопротивления путем снижения напряжения. Схема подключения

Таблица Г.5 – Порядок подключения цепей от трансформатора напряжения к устройству РЗА

Точки угловой характеристики	Подключение зажимов реостата к фазам вторичных цепей напряжения	
	Зажим 1	Зажим 2
1	A	B
1'	B	A
2	B	C
2'	C	B
3	C	A
3'	A	C

Г.12.20 Двусторонние проверки устройств РЗА совместно с аппаратурой ВЧ каналов

Г.12.20.1 Двусторонние проверки устройств РЗА производят совместно с аппаратурой ВЧ каналов, при этом следует проверить правильность совместной работы устройств РЗА, установленных на противоположных концах ВЛ (на многоконцевых ВЛ двусторонние проверки производятся поочередно) и связанных между собой с помощью ВЧ аппаратуры, например, высокочастотных дифференциально-фазных защит, направленных защит с ВЧ блокировкой, устройств отключения противоположного конца ВЛ, устройств ускорения резервных защит, устройств противоаварийной автоматики и т.п. Двусторонняя проверка диффазной защиты выполняется путем снятия фазной характеристики и установкой заданного угла блокировки, проверки фазирования цепей тока и напряжения и правильности подключения органов манипуляции ВЧ передатчиками на противоположных концах ВЛ, обмена ВЧ сигналами для дифференциально-фазных защит ВЛ. Для других устройств РЗА производится проверка правильности прохождения сигналов от передающего к приемному устройству РЗА. Перед этими проверками должна быть полностью проверена аппаратура ВЧ канала.

При двухсторонней проверке диффазной защиты снимается фазная характеристика, т.е. зависимость тока в исполнительном реле органа сравнения фаз от угла сдвига между векторами напряжений на выходе органов манипуляции противоположных концов ВЛ. Эту работу возможно производить и при

отключенной ВЛ при наличии источников синхронных напряжений на обоих концах ВЛ или после включения ВЛ под напряжение или под нагрузку. Ветви фазной характеристики могут оказаться несимметричными из-за наличия отраженного сигнала от неоднородностей ВЧ канала, мощность которого достаточна для дополнительного запирания ВЧ приемника. Считается допустимым такое влияние отраженного сигнала, при котором при переключении выхода приемопередатчика с 75 Ом на линию ширина импульса тока на выходе приемника уменьшается (напряжение на выходе приемника увеличивается) не более чем на 10°.

При снятии фазной характеристики нуль отсчета, т.е. совпадение векторов напряжения манипуляции двух концов ВЛ целесообразно брать при совмещении начал «своего» и «чужого» пакетов ВЧ передатчиков за линейным фильтром (в сторону «своего» передатчика). Только в случае такого подхода к снятию фазной характеристики можно оценить несимметрию ее ветвей.

В диффазной защите проверяют правильность фазирования цепей тока. Эту проверку производят на включенной под нагрузку линии (нагрузка должна быть достаточной для полной манипуляции ВЧ сигналов) при запущенных передатчиках на обоих концах ВЛ путем пофазной подачи токов нагрузки в защиту на каждом конце ВЛ и сравнения манипулированных ВЧ сигналов в приемниках обоих полукомплектов защит (рисунок Г.32).

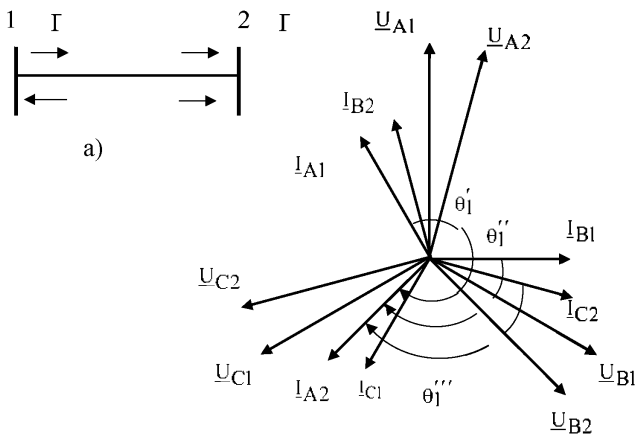


Рисунок Г.34 – Проверка правильности чередования фаз цепей тока по концам ВЛ. Векторная диаграмма

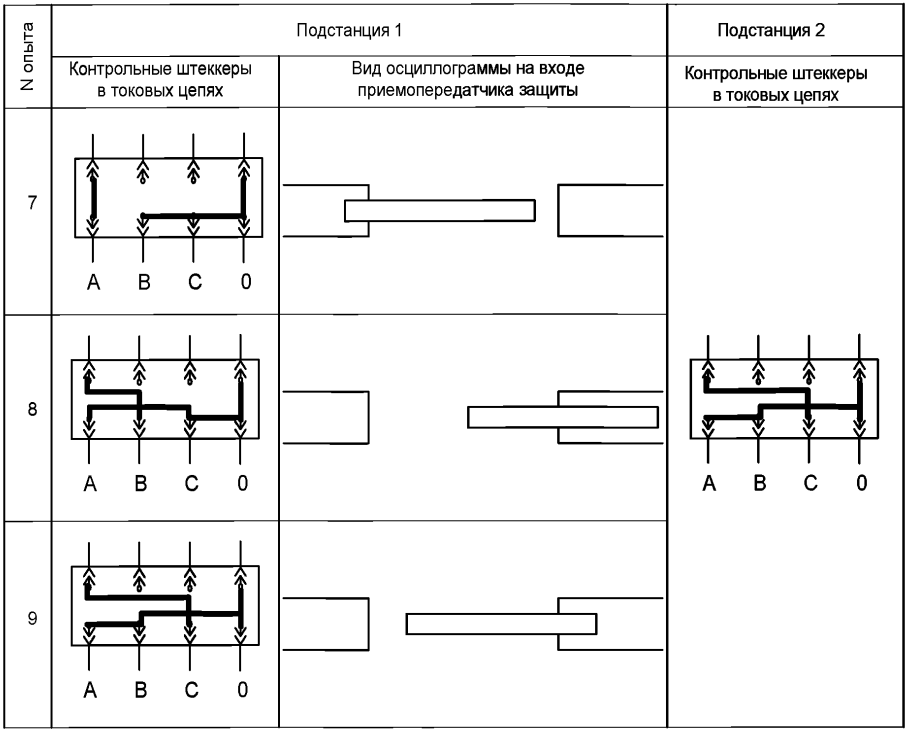


Рисунок Г.35 – Проверка правильности чередования фаз цепей тока по концам ВЛ. Схема подключения

Для правильного проведения фазирования на одном из полукомплектов в фазу А панели подается фаза А токовых цепей. На другом конце в такую же фазу А подаются поочередно фазы А, В и С токовых цепей. Затем на первом полукомплекте в фазу А панели подается фаза В токовых цепей, а на другом конце повторяется поочередная подача фаз А, В и С. Процесс повторяется при подаче в первом полукомплекте фазы С токовых цепей в фазу А панели.

Следует иметь в виду, что для уменьшения мешающего влияния короны на работу дифференциально-фазной защиты ВЛ классов напряжений от 330 до 750 кВ, подвод цепей тока к защите осуществляется с циклической перестановкой фаз тока на рядах выводов панели со стороны подходящих кабелей с тем, чтобы комбинированный фильтр органа манипуляции выделял на выходе напряжение той фазы ВЛ, которая подвергнута ВЧ обработке, поэтому для упрощения терминологии при проверках пользуются маркировкой токовых цепей, указанной в заводской документации, т.е. панельной маркировкой, а не маркировкой на жилах кабеля.

Г.12.20.2 Проверку правильности фазирования следует осуществлять с помощью осциллографов, подключаемых на входе ВЧ приемников (за линейными фильтрами), а также по токам (напряжениям) на выходах приемников и в выходных цепях органа сравнения фаз. Фазирование токовых цепей считается

выполненной правильно, если при подведении к защитам одноименных фаз тока на экране осциллографов отсутствуют перерывы между ВЧ пакетами передатчиков обоих концов ВЛ, т.е. ВЧ пакеты смещены один относительно другого на 180°, а показания приборов соответствуют заблокированному состоянию защит или между ВЧ пакетами имеются небольшие паузы (фиксируемые осциллографами и приборами), которые обусловлены запаздыванием распространения ВЧ сигнала (6° на каждые 100 км ВЛ) и сдвигом фаз между токами по концам ВЛ, вызванным емкостными токами. Могут иметь место случаи, когда ВЧ пакеты при подаче токов одноименных фаз совмещены между собой и смещены один относительно другого на углы, близкие к 180°, при подведении к защитам разноименных фаз, например, на ВЛ 750 кВ при нулевых или малых перетоках активной мощности по ВЛ, когда по ВЛ могут протекать чисто емкостные токи, что соответствует направлению токов при внутренних КЗ. При значительных углах между ВЧ пакетами (20° и более) при подведении одноименных фаз тока этот сдвиг (ψ) в град, должен быть оценен по формуле:

$$\Psi = \theta + \alpha, \qquad (Г.23)$$

где θ – угол между токами по концам ВЛ, эл. град;

α – угол, вызванный запаздыванием ВЧ сигнала (6° на 100 км длины ВЛ), град.

Значение угла θ следует определить путем построения векторной диаграммы токов обоих концов ВЛ, получив векторную диаграмму токов противоположного конца ВЛ по телефону. Значение этого угла отсчитывается от вектора тока на рассматриваемом конце ВЛ (в направлении, противоположном вращению часовой стрелки) до вектора тока на противоположном конце ВЛ (см. рисунок Г29).

В связи с тем, что векторная диаграмма токов на противоположном конце ВЛ снимается относительно собственных напряжений, которые сдвинуты относительно напряжений на рассматриваемом конце на угол $\delta_н$, при нанесении вектора тока противоположного конца ВЛ на диаграмму нужно учесть значение этого угла для ВЛ, по которым протекают значительные активные мощности. При построении диаграммы на питающем конце значение угла $\delta_н$ вычитается, а на приемном – складывается со значением фазы вектора тока, полученным по телефону. Значение угла ($\delta_н$), в градусах, если можно пренебречь емкостными токами, может быть подсчитано по формуле

$$\delta_н = arcsin\frac{P \cdot X_л}{U_1 \cdot U_2}; \qquad (Г.24)$$

где P – активная мощность на рассматриваемом конце ВЛ, МВт;

$X_л$ – индуктивное сопротивление ВЛ, Ом;

U_1, U_2 – напряжения на концах ВЛ, кВ.

Эта формула справедлива, если нет параллельных связей.

Значение угла (θ), в градусах, может быть также подсчитано по приближенной формуле

$$\Theta = arctg\frac{P}{3 \cdot I^2 \cdot \left(X_C - \frac{X_L}{2}\right) + Q} + 180°; \qquad (Г.25)$$

где P и Q – активная и реактивная мощности на рассматриваемом конце ВЛ, МВт, МВА;

I – ток на данном конце ВЛ, кА;

X_C, X_L – емкостное и индуктивное сопротивления ВЛ, Ом.

На рисунке Г.30 показан примерный вид осциллограммы ВЧ импульсов, соответствующей векторной диаграмме, приведенной на рисунке Г.29. Сдвиг между ВЧ импульсами (β), в градусах, определенный по осциллограмме, должен соответствовать расчетным, определяемым по одной из формул

$$\beta = Q_1 + \alpha - \gamma_{пр} \text{ – для опыта 1} \qquad (Г.26)$$

где $\gamma_{пр}$ – ширина ВЧ импульса передатчика противоположного конца ВЛ, град;

$$\beta = \Omega_c - \theta_1'' - \alpha \text{ – для опыта 2,} \qquad (Г.27)$$

где Ω_c – ширина паузы ВЧ сигнала собственного передатчика, град.

Для остальных испытаний значения углов β определяют по одной из вышеприведенных формул при подстановке соответствующих углов θ_1'. Аналогичные опыты выполняются и на подстанции 2, при этом углы определяются по соответствующим углам ϑ_2.

Проверку правильности фазирования цепей напряжения можно произвести аналогично путем подачи на один из концов ВЛ одной фазы напряжения, а на другой конец ВЛ – поочередно напряжений трех фаз. Фазирование цепей напряжения считается правильной, если при подведении к защитам одноименных фаз напряжения ВЧ импульсы передатчиков совпадают или сдвинуты на угол, обусловленный запаздыванием ВЧ сигнала противоположного конца (угол α), углом нагрузки $\delta_н$ и разностью ширины импульсов ВЧ передатчика.

Г.12.20.3 Для проверки правильности включения устройств компенсации емкостных токов следует произвести совместную проверку при подаче одновременно и цепей тока, и цепей напряжения. На обоих концах ВЛ к защитам одновременно подводится трехфазная система токов и напряжений с прямым, с обратным чередованиями фаз, а затем с поочередным исключением одноименных фаз тока и напряжения (поочередно для всех трех фаз). При этом пакеты ВЧ импульсов должны быть смещены один относительно другого на угол, близкий к 180°, или по крайней мере, пауза между ВЧ импульсами должна быть меньше, чем при подведении к защитам одноименных фаз токов (последнее условие может иногда не выполняться для приемного конца длинной сильно нагруженной ВЛ сверхвысокого напряжения).

Производят обмен ВЧ сигналами между комплектами дифференциально-фазной и направленных высокочастотных защит. Для этого сначала поочередно, а потом одновременно запускают передатчики на концах ВЛ. Для ВЧ каналов защит, оборудованных автоматическим контролем ВЧ канала, обмен ВЧ сигналами производится с помощью этих устройств.

В дифференциально-фазных защитах при запуске передатчика только с одной стороны при достаточной нагрузке ток на выходе приемника уменьшается примерно наполовину в обоих приемниках (появляется напряжение на выходе приемников АВЗК-80 при работе с полупроводниковыми защитами со значением, равным примерно половине максимального значения), что соответствует манипулированному ВЧ сигналу при односторонне запущенном передатчике, а при одновременном запуске обоих передатчиков ток приема падает до нуля

(напряжение на выходе приемника АВЗК-80 при работе с полупроводниковыми защитами достигает максимального значения), что соответствует заблокированному состоянию защиты.

В направленных ВЧ защитах состояние защиты должно соответствовать заблокированному состоянию при хотя бы одном запущенном передатчике.

После окончания двусторонних проверок устройства РЗА могут вводиться в работу.

Г.13 Текущая эксплуатация устройств РЗА

В промежутках между плановыми техническими обслуживаниями устройств РЗА текущая эксплуатация включает в себя ряд мероприятий.

Г.13.1 С периодичностью не реже одного раза в год, необходимо предусматривать проведение оперативным персоналом опробований устройств РЗА и оценку их воздействий на коммутационные аппараты. Для участия в опробовании может привлекаться персонал служб РЗА (ЭТЛ).

Необходимость опробования иных устройств определяют исходя из местных условий эксплуатации (*например – в осенне-зимний период целесообразно опробование устройств РЗА, действующих на включение короткозамыкателя и отключение отделителя*). Также, исходя из местных условий эксплуатации, в межремонтный период целесообразно предусматривать проведение тестового контроля микроэлектронных и микропроцессорных устройств, имеющих встроенные средства.

Г.13.2 Предусмотрена необходимость периодического осмотра аппаратуры РЗА и вторичных цепей персоналом служб РЗА (ЭТЛ). Периодичность осмотров устанавливается по местным условиям, но не реже одного раза в год. При техническом осмотре контролируется отсутствие внешних повреждений устройства и его элементов, состояние креплений устройств, проводов на рядах зажимов и на выводах устройств, наличие надписей и позиционных обозначений. При техническом осмотре в ранневесенний период целесообразно контролировать состояние кабельных каналов и, по возможности, состояние проложенных в них кабелей, особенно в местах пониженной надежности, например, в местах, которые могут быть затоплены паводковыми водами.

При осмотре контролируется положение оперативных переключающих устройств: накладок, переключателей, испытательных блоков, рубильников и других элементов. В особенности следует обратить внимание на устройства РЗА, оперативно вводимые и выводимые в заданных режимах, например, защиты обходных и шиносоединительных включателей. Положение переключающих устройств должно соответствовать инструкциям для оперативного персонала или оперативным картам, а также картам параметров настройки срабатывания служб РЗА.

При осмотре контролируется положение сигнальных элементов указательных реле, состояние сигнальных светодиодов и сигнальных ламп, проверяется наличие на устройствах РЗА оперативного напряжения, исправность цепей напряжения «звезды» и «разомкнутого треугольника», исправность приборов,

контролирующих состояние защит, например, контроля исправности токовых цепей дифзащиты шин.

При осмотре терминалов микропроцессорных защит целесообразно контролировать по дисплею текущие значения токов, напряжений и других доступных параметров, сравнивать их с показаниями щитовых приборов или с показаниями мониторов АСУ ТП. Рекомендуется контролировать соответствие выполненных параметров настройки срабатывания заданным. Целесообразно проверять наличие зарегистрированных аварийных процессов, ранее не рассмотренных службой РЗА.

Г.13.3 По информации оперативного персонала службы РЗА должны расследовать и вести внутренний учет случаев неисправностей устройств РЗА, например, повышенный небаланс в дифференциальных цепях защиты шин, неисправности в цепях напряжения, обрывы токовых цепей, сигнализируемые рядом микропроцессорных устройств РЗА. Основной задачей такого учета является выявление узких мест при повторяющихся повреждениях и подготовка технических мероприятий по устранению узких мест.

Г.13.4 Необходимо проводить учет и анализ срабатываний устройств РЗА. Анализ срабатываний устройств РЗА проводится на основе сопоставления данных, полученных от оперативного персонала. Учитываются время и последовательность событий, работа коммутационных аппаратов, работа световой и звуковой сигнализации, выпавшие флажки указательных реле и тому подобное. Должны учитываться и объективные данные – записи осциллографов, цифровых регистраторов аварийных процессов, как отдельно смонтированных, так и встроенных в микропроцессорные устройства РЗА, показания приборов или программ для определения мест повреждения на ВЛ.

Анализ срабатываний позволяет правильно классифицировать работу устройств РЗА, выявлять некоторые недостатки устройств, неточности выбора параметров настройки срабатывания и т.п., подготавливать технические мероприятия по повышению качества работы устройств РЗА. Не следует пренебрегать анализом простых случаев срабатывания устройств РЗА, например, КЗ на ВЛ с успешным АПВ. Может выявиться глубокое насыщение трансформаторов тока при близких КЗ, может произойти замедление в срабатывании выключателя на отключение, может возникнуть ряд других факторов, влияющих на надежную работу объекта электроэнергетики. Такие факторы, не выявленные в простейших случаях работы защиты и автоматики, могут существенно осложнить анализ серьезных нарушений, связанных с наложением нескольких аварийных событий.

Цифровые регистраторы предоставляют широкие возможности для подробного и достоверного анализа сложных событий, в том числе с неправильными действиями устройств РЗА. Например, представляется возможным проанализировать поведение защит при глубоких насыщениях трансформаторов тока, питающих защиту, при развившихся качаниях, выявить отличия реального токораспределения при КЗ от токораспределения, принятого при расчетах, и т.п. По измерению частоты в районе, оказавшемся энергодефицитным, выявляются отказавшие или излишне сработавшие

устройства АЧР. По измерению токов и напряжений обратной последовательности в процессе КЗ проверяется качество работы фильтровых устройств РЗА.

На основании результатов анализа неправильных действий устройств РЗА проводится их послеаварийная проверка. Важными условиями проведения такой проверки являются сохранение устройства в том виде, в каком оно было в момент события, и организация режима, сходного с тем, какое было в момент события. Проверочными устройствами имитируются условия, существовавшие на входе устройства РЗА, без каких-либо переключений в нем. Наиболее полноценная имитация события может быть осуществлена с применением автоматического проверочного устройства, позволяющего воспроизвести на входах устройства РЗА аварийный процесс, записанный цифровым регистратором.

Г.13.5 В порядке текущей эксплуатации необходимо производить корректировку инструкций для оперативного персонала по обслуживанию устройств РЗА и уточнение исполнительных схем. Рекомендуется выполнять исполнительные схемы в электронном виде, например, с помощью программы AutoCad. Первоначальные затраты на выполнение исполнительных схем в электронном виде окупаются экономией времени на внесение изменений при реконструкциях и сокращением количества ошибок при производстве работ в устройствах РЗА.

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] ПОТ Р М-016-2001; РД 153-34.0-03.150-00 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок/Утв. Минэнерго РФ 27.12.2000 № 163; Минтруда РФ 05.01.201 № 3

[2] Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации. Утверждены Приказом Минтопэнерго РФ от 19.02.2000 № 49

[3] СО 34.35.311-2004 Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях

УДК 621.316.925.1 ОКС 29.240.99 ОКП 34 1400

Ключевые слова: РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКА ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Руководитель организации-разработчика

Открытое акционерное общество «Научно-технический центр электроэнергетики»
наименование организации

Заместитель Генерального директора	личная подпись	Ю.И. Моржин
должность		инициалы, фамилия

Руководитель разработки:

Заведующая лабораторией РЗА	личная подпись	Т.А. Коржецкая
должность		инициалы, фамилия

Исполнители:

Старший научный сотрудник	личная подпись	М.В. Вазюлин
должность		инициалы, фамилия
Ведущий научный сотрудник	личная подпись	Г.Г. Фокин
должность		инициалы, фамилия

СОИСПОЛНИТЕЛИ

Руководитель организации-соисполнителя

ОАО «Фирма ОРГРЭС»
наименование организации

Генеральный директор	личная подпись	Р.А. Асхатов
должность		инициалы, фамилия

Руководитель разработки:

Начальник Центра инжиниринга электрооборудования	личная подпись	В.А. Кузьмичев
должность		инициалы, фамилия

Ответственный исполнитель:

Бригадный инженер	личная подпись	В.С. Буртаков
должность		инициалы, фамилия

gost.e-ecolog.ru