

**Министерство энергетики Российской Федерации
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
повышения квалификации руководящих работников
и специалистов (ПЭИик)**

**КАФЕДРА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, СЕТЕЙ И СИСТЕМ**

А.М. Александров

**ОСНОВЫ НАЛАДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ПРОВЕРОК УСТРОЙСТВ РЗА И ВТОРИЧНОЙ
КОММУТАЦИИ**

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2001**

АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ АЛЕКСАНДРОВ, доцент кафедры РЗА.

ОСНОВЫ НАЛАДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПРОВЕРОК УСТРОЙСТВ РЗА И ВТОРИЧНОЙ КОММУТАЦИИ

Учебное пособие

Одобрено и рекомендовано к опубликованию Ученым Советом Института.
Протокол №5 от 28 февраля 1996 г.

В данной работе приведены основные положения по организации и проведению работ в устройствах РЗА в соответствии с "Типовой инструкцией по организации и проведению работ в устройствах РЗА электростанций и подстанций", 1991 г. Однако, в отличие от последней в данной работе описаны только те мероприятия, которые не рассмотрены в методических указаниях и инструкциях по проверке отдельных устройств РЗА, большее внимание уделено проверке устройств первичным током и напряжением, снятию векторных диаграмм.

Научный редактор: кандидат технических наук, доцент М.А.Шабал

Издание Петербургского энергетического института
повышения квалификации руководящих работников и специалистов
Минэнерго РФ
2001

1. Введение

Устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) выполняют свои функции по требованиям, которыми являются короткие замыкания или иные нарушения нормального режима работы защищаемого энергетического оборудования. Отказ функционирования устройства защиты приводит к весьма серьезным повреждениям оборудования и значительному нарушению работы потребителей. Однако отказ функционирования может происходить только при одновременном существовании отказа устройства и необходимости требования к функционированию. Отказ функционирования может быть предотвращен, если между отказом и необходимостью функционирования будет проведена профилактическая проверка, которая может выявить и устранить неисправность.

Одной из задач технического обслуживания устройств РЗА и является своевременное выявление и устранение отказавшего устройства. Разработанная система профилактического обслуживания устройств РЗА позволяет своевременно восстановить или заменить изношенные элементы, выявить внезапные отказы. Эта система регламентирует периодичность и объемы выполняемых проверок и подробно изложена в "Правилах технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4-35 кВ", РД 34.35.613-89, Союзтехэнерго, 1989 г. и "Правилах технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и сигнализации электрических станций и подстанций 110-750 кВ", РД 34.35.617-89, Союзтехэнерго, 1989 г. (Л-3, Л-4).

Эти правила определяют следующие виды технического обслуживания:

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

Задачей наладки является выявление так называемых приработочных отказов, происходящих в начальный период эксплуатации и вызванных недостатками технологии производства и низким уровнем контроля качества изделий при их изготовлении.

Первый профилактический контроль должен устранить приработочные отказы, не выявленные при наладке, скрытые дефекты элементов, которые проявляются спустя некоторое время после ввода устройства в эксплуатацию и, наконец, ошибки, допущенные при наладке. Первый профилактический контроль должен проводиться через 10-15 месяцев после включения устройств в эксплуатацию.

Назначение профилактического восстановления - восстановление, замена изношенных элементов с тем, чтобы предотвратить резкое возрастание параметра потока отказов. Периодичность профилактического восстановления определяется ресурсом отдельных элементов устройства.

Между восстановлениями с целью выявления и устранения внезапных отказов проводятся профилактический контроль и тестовые контроли.

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

При частичном изменении схем, изменении уставок или характеристик реле и устройств, восстановления цепей, нарушенных в связи с ремонтом первичного оборудования, проводятся внеочередные проверки.

Послеаварийная проверка проводится для выяснения причин неправильных или неясных действий устройств РЗА.

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

Правильная организация и предписанный объем проверок обеспечивают всестороннее выявление дефектов и их устранение. Однако в процессе проведения профилактического обслуживания вследствие несоблюдения предписанных норм или объемов, могут быть оставлены или даже внесены дефекты, которые приводили к неправильным срабатываниям или отказу функционирования устройств РЗА. На основе многолетних статистических данных процент неправильных действий устройств РЗА по причинам, зависящим от персонала служб РЗА, составил примерно 40% от всех случаев неправильной работы. Поэтому так важно соблюдать отработанные методики и объемы проведения профилактического обслуживания.

Ряд организационных и технических мероприятий, последовательность проведения отдельных этапов работы являются одинаковыми для проверок всех устройств. Ниже и рассматриваются общие требования и последовательность проведения проверок, которые приведены в соответствии с "Типовой инструкцией по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций", РД 34.35.302-90, ОРГРЭС, 1991 г. (Л-19).

При техническом обслуживании устройств РЗА необходимо руководствоваться требованиями действующих "Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок", РД153-34.0-03.150.00 и другими директивными материалами по технике безопасности (список основной литературы по технике безопасности приведен в Приложении). Все работы в устройствах РЗА проводятся по нарядам или распоряжениям.

Каждый работник, принимающий непосредственное участие в работах, обязан пройти медицинское освидетельствование и проверку знаний техники безопасности (получить соответствующую группу по технике безопасности), получить вводный инструктаж и 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.

При работах необходимо пользоваться специальным электротехническим инструментом с изолированными ручками; металлический стержень отверток должен быть изолирован от ручки до жала отвертки.

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

При выполнении работ по техническому обслуживанию устройств РЗА следует обратить особое внимание на следующие указания:

а) временные схемы, собираемые для наладки оборудования (снятия характеристик, осциллографирование и т.п.), должны выполняться на специальных столах. Запрещается применять столы с металлической рабочей поверхностью или металлическим обрамлением;

б) 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;

в) 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;

г) 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;

д) металлические корпуса переносных приборов, аппаратов должны быть заземлены (заземлены и занулены);

е) все вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения должны иметь постоянное заземление;

ж) 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;

з) 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 штеккерах 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 подготовленную 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;

и) при производстве работ следует строго следить, чтобы левая и правая руки не прикасались одновременно к элементам или точкам схемы, находящимся под напряжением 35 В и более, и заземленным предметам и аппаратам (заземленным корпусам панелей, приборов, стендов, батареям центрального отопления и др.)

к) при наличии в схемах устройств РЗА конденсаторов сглаживающего фильтра в случае необходимости работы в этих цепях конденсаторы должны быть разряжены после отключения выпрямителя;

л) рабочее место должно быть удобным и достаточно освещенным;

м) настройка, проверка и измерение фильтров присоединения высокочастотной части защит устройств ВЧТО, АНКА, АКПА, 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.

Весь процесс проведения технического обслуживания устройств РЗА состоит из набора определенных мероприятий, которые в свою очередь можно разделить на мероприятия организационного плана и технические мероприятия.

2. Организационные мероприятия при проведении работ в устройствах РЗА

2.1 Разработка программ работ

В соответствии с пунктом 5, 9, 14 ПТЭ (Л-2) "выполнение работ без заданных объемов и последовательности работ (типовая или специальная программа) запрещается".

2.1.1 В качестве типовых программ или их составных частей могут быть использованы правила технического обслуживания устройств РЗА, инструкции и методические указания по техническому обслуживанию устройств РЗА, "Образцы программ проведения сложных типовых операций с устройствами РЗА" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1980) (Л-14).

2.1.2 Специальные программы составляются при работе в действующих электроустановках по техническому обслуживанию устройств РЗА со сложными внешними связями или требующие координации отдельных этапов работ, особенно охватывающих несколько объектов или связанных с большим объемом работ со сложной реконструкцией устройств РЗА.

2.1.3 Программа работ должна содержать:

2.1.3.1 Объект, наименование, цель, объем работ.

2.1.3.2 Исходное состояние прилегающей части энергосистемы, первичного оборудования и устройств РЗА.

2.1.3.3 Порядок производства тех этапов работ, проведение которых связано с возможным нарушением режимов работы энергооборудования и технологических систем.

2.1.3.4 Перечень мер, предотвращающих непредусмотренные воздействия на первичное оборудование и на цепи других устройств РЗА:

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

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

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

2.1.3.5 Определенную последовательность операций с коммутационными аппаратами первичной сети и с устройствами РЗА, если при производстве работ такая последовательность необходима.

2.1.3.6 Указания о выполнении схемы первичных соединений и режимах работы электрооборудования, которые требуются по завершению работы.

2.1.3.7 Остальные этапы работы, например, собственно проверка устройства РЗА, в программе не описываются, а дается ссылка на соответствующие нормативно-технические документы.

2.1.4 Программа на проведение технического обслуживания устройств РЗА должна составляться ответственным исполнителем и утверждаться в установленном в энергосистеме порядке.

2.2 Оформление оперативной заявки

2.2.1 Согласно пункту 6.4.2 ПТЭ (Л-2) "вывод энергооборудования, устройств релейной защиты и автоматики ... из работы и резерва в ремонт и для испытания, даже по утвержденному плану, должен быть оформлен оперативной заявкой, подаваемой согласно перечням на их оперативное управление и оперативное ведение в соответствующую диспетчерскую службу".

Плановой заявкой должен оформляться и ввод в работу новых устройств РЗА на действующем оборудовании. Допускается оформление одной заявкой ввод нескольких устройств РЗА с указанием очередности ввода каждого устройства. 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.

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 из схемы и т.п.).

2.2.2 Заявки подаются в порядке и в сроки, определяемые действующими положениями о порядке подачи, прохождения и проработки оперативных заявок на производство работ.

В отдельных, не терпящих отлагательства, случаях оперативные заявки на неотложные аварийные работы могут подаваться в любое время суток непосредственно дежурному диспетчеру, в управлении или ведении которого

находится устройство РЗА, на котором необходимо провести работы. Дежурный диспетчер имеет право разрешить заявку лишь в пределах своей смены.

2.2.3 Заявка должна быть тщательно подготовлена персоналом СРЗА (ЭТЛ) при обязательном участии ответственного исполнителя. В заявке должны быть предусмотрены меры по:

- а) обеспечению замены выводимого для работы устройства РЗА другим, удовлетворяющим требованиям быстродействия, чувствительности, надежности и, по возможности, селективности. В крайнем случае заявкой должно быть предусмотрено отключение защищаемого объекта;
- б) обеспечению питания потребителей при ошибочном отключении присоединения, на котором будут производиться работы по заявке;
- в) предотвращению возможности ошибочного отключения работающего оборудования;
- г) обеспечению режима работы электрооборудования и линий электропередачи, необходимого для проверки устройства РЗА токами нагрузки. При этом предварительно ориентировочно должны оцениваться величины и направления токов нагрузки по векторной диаграмме.

2.2.4 В содержании подготовленной заявки должны быть указаны:

- а) 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 согласно п.2.1.3.4;

- б) время аварийной готовности ввода устройства РЗА в работу;
- в) все другие условия проведения работы по заявке в соответствии с п.2.2.3;
- г) фамилия и должность лица, ответственного за проведение работы по заявке.

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.

2.3 Подготовка к проведению работы

2.3.1 Получив положительный ответ на оперативную заявку, персонал, допускаемый к работе, обязан:

2.3.1.1 подготовить необходимую для проведения работы документацию на устройство РЗА (паспорта-протоколы, принципиальные и монтажные схемы, техническое описание и инструкции по эксплуатации, методические указания или инструкции по техническому обслуживанию, рабочие журналы и в случае необходимости письма и пояснительные записки по уставкам);

2.3.1.2 записать в рабочем журнале маркировку цепей, которые должны быть отключены при выводе устройств РЗА из работы, с указанием номеров выводов, аппаратов, реле и пр. 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. При использовании типовых программ необходимо произвести сверку отключаемых цепей, указанных в типовой программе, с исполнительными схемами для исключения ошибок в случае ранее выполненной реконструкции схем устройств РЗА;

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

При этом следует руководствоваться следующим:

а) испытательное устройство должно давать практически синусоидальный ток и напряжение. Для этого испытательные устройства запитывают от линейных напряжений, во вторичную цепь нагрузочного трансформатора, при необходимости, включается добавочный резистор, сопротивление (R_d , в омах) которого определяется по формуле:

$$R_d \gg 10 Z_p,$$

где Z_p - сопротивление обмотки реле, Ом

б) выбирают систему измерительного прибора 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 несинусоидальными током или напряжением можно применять лишь для измерений, не требующих высокой точности, или для определения максимальных и минимальных значений;

в) подбирать пределы измерительных приборов таким образом, чтобы их показания составляли не менее двух третей шкалы прибора;

г) при измерении тока (мощности) через промежуточный трансформатор тока предел амперметра (ваттметра) желательно выбирать равным номинальному вторичному току трансформаторов 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.

д) 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;

е) учитывать внутреннее сопротивление измерительных приборов, особенно при измерении малых значений токов и напряжений. При малых сопротивлениях нагрузки Z_n применять схему рис.1а, при больших - схему рис.1б.

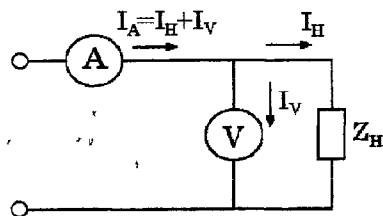


рис.1а

При измерениях напряжений в цепях маломощных источников (на выводах фильтров, в полупроводниковых схемах и др.) следует применять высокоомные вольтметры. Сопротивление вольтметров переменного тока должно быть не менее 1-2 кОм/В, сопротивление вольтметров для измерения в цепях постоянного тока (полупроводниковые устройства РЗА, цепи приемопередатчиков ВЧ защит) должны быть не менее 10-20 кОм/В. Сопротивление милли- 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 25-30 мА;

ж) для устранения влияния внешних полей следует скручивать вместе прямой и обратный провода, по которым протекают значительные токи;

з) при применении электронных средств измерения (ламповых вольтметров, осциллографов, частотометров и др.) следует учитывать наличие возможного заземления отдельных точек схемы (в токовых цепях и цепях напряжения, в блоках питания и др.);

и) при проверках устройств РЗА следует производить измерения с необходимой степенью точности. Необходимо заранее определить, какая точность измерения нужна согласно таблице 4, и необходимые классы точности измерительных приборов путем расчета или согласно рекомендациям, приведенным в табл.1, для проверки устройств РЗА различных типов.

Таблица 1

Наименование	Класс точности приборов
1. Дистанционное реле, реле мощности с регулированием уставки срабатывания	Не менее 0,5
2. Токовые реле защит, согласовывающиеся друг с другом с запасом 1, 1-1, 2	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, фазировка трансформаторов напряжения, проверка исправности цепей и т.п.	До 4

До выпуска промышленностью модернизированных проверочных устройств, точность измерительных приборов которых полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям, допускается применение серийно выпускаемых устройств.

2.3.1.4 подготовить необходимый инструмент и приспособления для удобного и безопасного проведения работ;

2.3.1.5 обеспечить освещенность рабочего места.

2.3.2 Подготовка к проведению работы по заявке на устройствах РЗА производится как оперативным персоналом электростанции или подстанции, так и персоналом службы МС РЗАИ.

2.3.3 При получении от вышестоящего диспетчера разрешения на производство работ по заявке оперативный персонал электростанции или подстанции перед допуском к работе персонала МС РЗАИ должен:

а) проверить, что ответственный исполнитель работы из МС РЗАИ допущен к самостоятельной проверке данного устройства;

б) выяснить, имеются ли какие-либо дополнительные ограничения по проведению работы в соответствии с указаниями вышестоящих оперативных служб при разрешении заявки; оценить их с оперативной точки зрения применительно к текущему режиму работы электростанции (подстанции);

в) выполнить необходимые отключения и включения первичного оборудования;

г) провести инструктаж бригады службы РЗАИ, в том числе ответственного исполнителя работы по заявке, обязательно указав, какое время отведено при разрешении заявки на выполнение работы и какие дополнительные условия и ограничения оговорены при этом;

д) отключить (вывести из работы) накладками, ключами, предохранителями и т.п. устройства РЗА, указанные в заявке, для проведения работы;

е) закрыть изолирующими шторками панели устройств РЗА, находящиеся рядом с теми, на которых будут проводиться работы по заявке. Панели должны закрываться как с фасадной, так и с обратной стороны;

ж) выполнить все мероприятия в соответствии с требованиями ПТБ;

з) произвести допуск к работе бригады МС РЗАИ (электролаборатории) в соответствии с нарядом или распоряжением на проведение работы.

2.3.4 Во время допуска к работе производитель должен убедиться в:

а) правильности первичной схемы соединений по положению коммутационной аппаратуры. При допуске к работе в открытых распределительных устройствах коммутационная аппаратура должны быть осмотрена на месте. При проведении работы в закрытых помещениях и на щитах управления проверка первичной схемы соединений производится по положению сигнальных устройств, сигнальным лампам и показаниям измерительных приборов;

б) правильности положения отключающих устройств в цепях РЗА, которыми оперировал оперативный персонал. Положение отключающих устройств должно соответствовать условиям разрешенной заявки. Обязательный контроль со стороны персонала СРЗА не снимает полноты

2.4.4 Порядок и методика проведения работ по техническому обслуживанию устройств приведен в разделе 3.

2.5 Подготовка устройств РЗА к включению в работу.

2.5.1 Перед проведением окончательной проверки рабочим током и напряжением производится подсоединение:

а) цепей напряжения;

б) цепей тока. При этом должны быть выведены из работы все остальные устройства РЗА, которые могут сработать ложно от несимметрии, подключенные к этим цепям тока и оставшиеся ранее в работе. Обратное включение в работу этих устройств РЗА производится после окончания проверки током нагрузки и рабочим напряжением проверяемого устройства и проверки отекания цепи тока остальных устройств током нагрузки. После этого производится проверка током нагрузки и рабочим напряжением проверяемого и всех других устройств РЗА, подключенных к общим с ним цепям тока. При необходимости подключить цепи оперативного напряжения к устройствам РЗА перед проверкой током нагрузки и рабочим напряжением.

2.5.2 После окончания проверки рабочим током и напряжением производится соединение всех остальных цепей, отсоединявшихся ранее в соответствии с п.2.3.7 (с отметкой в рабочей тетради против пунктов о выводе) в следующем рекомендуемом порядке:

а) цепи оперативного напряжения. После этого проверяется положение реле на панели. Если положение реле нормальное, то выполняются следующие пункты;

б) цепи сигнализации;

в) цепи связей данного устройства РЗА с другими устройствами РЗА;

г) цепи отключения и включения коммутационных аппаратов.

2.5.3 При подготовке устройств РЗА к включению в работу запрещается на любой, даже короткий, срок оставлять разрывы в каких-либо цепях.

2.5.4 После присоединения связей с другими устройствами РЗА и отключающих цепей, на устройстве РЗА не должны выполняться какие бы то ни было работы.

2.5.5 После полного окончания всех работ необходимо проверить отсутствие плюса на накладках в цепях отключения и включения устройств РЗА.

2.6 Приемка устройств РЗА и вторичных цепей оперативным персоналом и включение их в работу

2.6.1 По окончании работ по заявке проводивший их ответственный производитель из МС РЗАИ должен сделать в журнале релейной защиты на щите управления запись о проведенной работе, состоянии устройства РЗА и его готовности к включению в работу.

2.6.2 После ознакомления с записью в журнале релейной защиты на щите управления оперативный персонал производит тщательный осмотр сдаваемого персоналом МС РЗАИ устройства РЗА во всех местах, где производились работы.

2.6.3 Включение в работу новых, не бывших в эксплуатации устройств РЗА может производиться лишь при наличии разрешенной заявки на их включение.

Перед их вводом производитель работ МС РЗАИ должен подробно проинструктировать оперативный персонал с демонстрацией на месте всех возможных операций, предусмотренных инструкцией по обслуживанию. Инструктаж проводится для одной работающей смены оперативного персонала. Остальным сменам инструктаж передается старшим оперативным лицом при сдаче-приемке дежурства. Без проведения инструктажа оперативного персонала включение в работу устройств РЗА не должно допускаться.

Аналогичный инструктаж производится после модернизации устройства РЗА с изменением порядка его обслуживания оперативным персоналом.

2.6.4 Если проводились пусконаладочные работы на вновь вводимых, расширяемых или реконструируемых энергообъектах наладочной организацией, то после окончания работ должна быть проведена приемка устройств РЗА эксплуатирующей организацией.

Приемка производится представителем СРЗА (ЭТЛ), за которым закрепляется вновь вводимое устройство РЗА, или другим лицом, допущенным к самостоятельной проверке этого типа устройств РЗА, назначаемым руководством СРЗА (ЭТЛ). Приемка производится с участием представителя наладочной организации, проводившего наладку.

При проведении приемки производится внешний осмотр, при необходимости выборочная проверка отдельных элементов устройства, проверка временных характеристик устройства РЗА в полной схеме, проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, проверки устройств РЗА, расположенных на разных объектах, проверки устройств РЗА первичным током и напряжением.

Для проведения работ должны быть представлены протоколы наладки устройств РЗА и скорректированные исполнительные схемы.

2.7 Требования к оформлению технической документации.

2.7.1 Принципиальные и монтажные схемы (допускается одна принципиально-монтажная схема) должны быть выверены и должны полностью соответствовать монтажу устройств РЗА. Все отсоединенные цепи и выводы, на которых не включены мостики или перемычки, должны быть четко указаны на схемах.

2.7.2 Принципиальные и монтажные схемы должны соответствовать проектным (или заданным вышестоящей службой РЗАИ). Если в принципиальных или монтажных схемах имеются отличия от проектных, то в примечаниях должно быть разъяснено, почему эти отличия внесены или дана ссылка на документ (задание).

2.7.3 Если производится реконструкция устройства РЗА, то сразу же после окончания монтажных работ должны быть составлены точные исполнительные принципиальные и монтажные схемы этого устройства (либо откорректированы проектные схемы соответственно внесенным при монтаже изменениям).

2.7.4 Если в процессе реконструкции устройства РЗА возникает необходимость прервать работы и срочно включить это устройство в работу, то перед включением его на принципиальных и монтажных схемах должны быть нанесены все выполненные изменения.

2.7.5 Включение в работу устройств РЗА при отсутствии принципиальных и монтажных (принципиально-монтажных) схем не допускается.

2.7.6 Принципиальные схемы устройств РЗА согласовываются со службой РЗА той ступени управления, к которой относится устройство РЗА (по оперативному управлению). На схемах должна быть надпись "Согласовано". Исполнительные принципиальные схемы должны высылаться в соответствующую службу РЗА.

2.7.7 Инструкции по обслуживанию вводимых устройств РЗА должны быть подготовлены и утверждены главным инженером (главным диспетчером) энергопредприятия перед вводом в работу устройств РЗА. Также должны быть подготовлены таблицы положений переключающих устройств для используемых режимов.

2.7.8 Во всех случаях внесения изменений в устройство РЗА, приводящих к изменению условий его обслуживания, в инструкции по оперативному обслуживанию этого устройства, находящиеся у 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 записью в журнале релейной защиты, что должно быть отмечено в инструкции.

2.7.9 После выполнения любых работ в устройствах РЗА перед вводом устройства в работу делается запись в журнале релейной защиты, которая должна содержать:

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

С записью в журнале РЗА должен ознакомиться весь оперативный персонал, в зону обслуживания которого входит вводимое устройство РЗА, и расписаться об ознакомлении.

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

2.7.10 Сведения о выполненных уставках персонал СРЗА (ЭТЛ) должен передать в СРЗА той ступени управления, к которой относится устройство.

2.7.11 Сведения о дефектах и недостатках в схемах устройств РЗА необходимо направлять в проектные организации, на заводы-изготовители аппаратуры и оборудования, в службы РЗА энергосистем, в чьем управлении или ведении находятся устройства РЗА, для принятия мер по их устранению, учету, анализу и обобщению.

3. Технические мероприятия по проверке устройств РЗА.

3.1 Внешний осмотр

3.1.1 Осмотру подлежат все элементы проверяемого устройства: релейная и коммутационная аппаратура; провода и ряды выводов на щитах управления, в релейных залах, в распределительных устройствах, в приводах выключателей и разъединителей, в шкафах сборок выводов; кабельные каналы и лотки, контрольные кабели, их концевые разделки и соединительные муфты, трансформаторы тока и напряжения, высокочастотное оборудование и т.д.

3.1.2 При внешнем осмотре необходимо проверить:

- а) выполнение требований ПУЭ (Л-1), ПТЭ (Л-2) и других директивных указаний, относящихся к проверяемому устройству;
- б) устойчивость, надежность крепления и отсутствие вибрации панелей, надежность крепления к панели реле и вспомогательной аппаратуры;
- в) отсутствие механических повреждений, отсутствие пыли и грязи на аппаратуре, состояние монтажа проводов на панелях, шкафах, ящиках и т.п.;
- г) состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры. Должны отсутствовать неизолированные провода и жилы кабелей. На шпильки реле желательно надеть изоляционные трубки, а в случае переднего присоединения под выводы реле желательно подложить изолирующие прокладки (за исключением разъемов СУРА). В местах прохода проводов через отверстия не должно быть коррозии, острых углов и заусенцев;
- д) наличие в цепях вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения защитных заземлений. В схемах дифференциальной защиты, использующих две и более группы трансформаторов тока, заземление должно быть только 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.

Состояние и правильность выполнения заземления конденсаторов связи высокочастотных каналов защиты и автоматики;

- е) надежность и правильность выполнения ответвлений от шин (должна обеспечиваться возможность отсоединения и присоединения любого отходящего провода под напряжением и без нарушения разводки основной цепи);

ж) состояние кабелей по трассе прокладки (целостность брони или защитной оболочки и правильность их заземлений, окраска брони, очистка кабелей от джутового покрова), соответствие раскладки кабелей по трассе проекту, состояние конструкций для крепления кабелей, правильность выполнения защиты 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;

а) качество монтажа и подключения кабелей с алюминиевыми жилами.

Изгибы алюминиевых жил кабелей должны выполняться с помощью шаблона, обеспечивающего трехкратный радиус изгиба по отношению к наружному диаметру жилы. Изгибы плоскогубцами и повторные перегибы не допускаются. Резервные алюминиевые жилы кабеля не следует скручивать в спираль. Их необходимо увязывать в жгут и закреплять за конструкцию панели (шкафа);

и) правильность и качество выполнения концевых разделок кабелей, исключаящих проникновение влаги, вытекание мастики и кабельной массы, наличие защиты резиновой изоляции жил кабеля от разделки до сборки зажимов, а для кабелей с бумажной изоляцией замена 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;

к) при осмотре сборок зажимов на открытой части подстанции и в сырых закрытых помещениях необходимо убедиться в негигроскопичности их изоляции. Стальные винты и ламели зажимов должны быть защищены от коррозии (никелированием, лужением, оцинковкой, воронением);

л) герметичность уплотнений дверей и крышек шкафов, герметичность отверстий для кабелей, отсутствие грязи и ржавчины шкафов, наличие подогрева;

м) наличие надписей на панелях с обслуживаемых сторон, надписей на аппаратуре (таблички с надписями должны устанавливаться под аппаратурой, допускается в другом месте, но как можно ближе к правому нижнему углу аппаратуры). Достаточность и наличие надписей на бирках контрольных кабелей, наличие маркировки жил кабелей и проводов.

3.2 Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры.

Ниже приведены только общие указания по осмотру и проверке механической части аппаратуры. Подробно проверки механической части рассматриваются в инструкциях или методических указаниях по соответствующим типам реле и устройств.

3.2.1 При осмотре следует проверить целостность всех деталей, надежность их крепления, правильность установки подвижных систем и их свободный ход, состояние и целостность изоляции (применение в аппаратуре проводов в резиновой изоляции не допускается, т.к. резина выделяет серу, покрывающую серебряные контакты реле темным налетом), правильность регулировки, ход, нажим и чистоту контактов, надежность и чистоту контактных соединений, чистоту поверхности и достаточную механическую прочность пайки (провод, припаяваемый к ламели, должен быть пропущен через отверстие в ней и загнут в месте пайки в виде крюка, чтобы механическая прочность соединения обеспечивалась и без пайки, а пайка служит только для создания хорошего электрического контакта), отсутствие грязи, пыли и посторонних предметов (металлических стружек и опилок) на деталях реле и зазорах, состояние и правильность регулировки блок-

контактов приводов выключателей, разъединителей и другой первичной аппаратуры.

3.2.2 Для реле и панелей РЗА, выполненных с применением полупроводниковых элементов и ИМС, дополнительно следует проверить:

а) надежность крепления направляющих планок для установки модулей и блоков в касетах;

б) наличие свободного хода (около 2-3 мм) у пружин крепящих винтов (для розеток разъема РП14-30, обеспечивающих электрическое соединение модуля с касетой);

в) места установки панелей и шкафов, которые должны быть защищены от попадания брызг воды, масел, эмульсий, а также от прямого воздействия солнечной радиации;

г) качество пайки и целостность печатного монтажа. Печатный монтаж не должен иметь видимых повреждений в виде отслаивающихся проводников и заусенцев, перемычек между дорожками печатной схемы и выводами элементов, касаний крепящих винтов к дорожкам печатного монтажа, видимых нарушений металлизации монтажного отверстия и повреждения контактных площадок, нарушений лаковых покрытий;

д) надежность соединительных разъемов и качество пайки проводников, подходящих к разъемам. Это удобно делать с помощью пинцета. Контроль механического состояния контактного соединения, выполненного навивом, обычно не производится.

3.2.3 Обнаруженные при осмотре дефекты устранить нижеперечисленными способами:

а) удалить пыль и грязь. Удаление пыли производится мягкой щеткой или пылесосом. Липкую грязь (лак, смазку и пр.) смывают соответствующим растворителем (спирт, спирто-бензиновая смесь). Металлические опилки или стружку из зазоров магнитов и магнитопроводов удаляют тонкой стальной пластинкой, деревянной палочкой из лиственных пород (несмолистой) или бумагой. Загрязненные подпятники прочищают заостренной деревянной несмолистой палочкой. Загрязненные или оплавленные контакты зачищают острым лезвием ножа или надфилем, промывают вышеуказанными растворителями и полируют воронилом. Применение для чистки контактов резины и абразивных материалов не допускается;

б) дефектные детали заменяют, и дефекты регулировки устраняют;

в) непрочные крепления затягивают;

г) провода с поврежденной изоляцией заменяют или дополнительно изолируют.

3.3 Проверка схемы соединения устройства РЗА.

3.3.1 Целью проверки является сравнение фактически выполненной схемы с проектной. Проверку правильности выполненной схемы и маркировки жил и проводов производится осмотром и проверкой наличия цепи ("прозвонкой").

3.3.2 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 при проверке взаимодействия элементов проверяемого устройства РЗА.

Проверку правильности внутреннего монтажа типовых серийных панелей Чебоксарского электроаппаратного завода, полюсных и агрегатных шкафов выключателей, шкафов ЭЧСР завода "Электропульс", типовых шкафов и панелей системы возбуждения генератора завода "Уралэлектротяжмаш" и ЛПЭО "Электросила" и т.п. производить не следует за исключением случаев видимых повреждений, вызванных нарушением условий транспортировки и хранения.

3.3.3 Осмотр можно применять в простых и наглядных схемах, например при однослойном монтаже, когда все провода и места их присоединения хорошо видны.

3.3.4 При скрытом монтаже (в перфорации, в жгутах и при многослойном монтаже), а также при проверке кабельных связей проверку схемы следует проводить путем "прозвонки".

3.3.5 Для "прозвонки" используется принцип фиксации протекания тока от постороннего источника по проверяемой цепи (рис.2). В качестве вспомогательного источника могут быть применены: сухие батареи, аккумуляторы, понижительные трансформаторы, генератор мегаомметра. Указателем может быть лампа накаливания, светодиод, вольтметр, телефонные трубки, логометр мегаомметра, звонок, сигнальное реле и пр. Для "прозвонки" можно применять омметры, например, в комбинированных приборах. Для проверки схем соединений, содержащих полупроводниковые элементы и ИМС также следует применять омметры комбинированных приборов с соответствующими пределами.

При "прозвонке" кабельных линий пользоваться неоновыми лампами не рекомендуется, так как неоновая лампа может гореть за счет емкости между жилами кабеля и давать, таким образом, ложные показания.

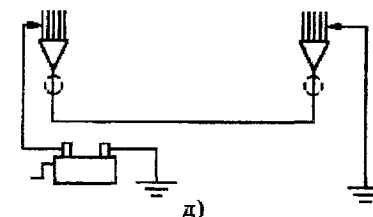
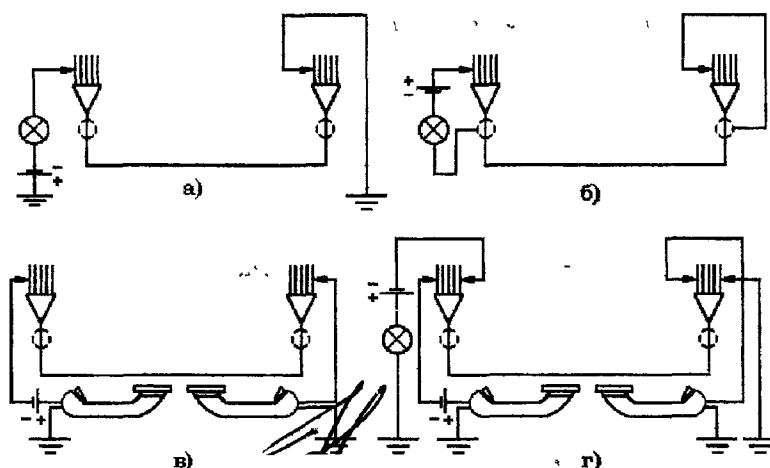


Рис.2. Основные схемы "прозвонки" цепей:

а - с использованием в качестве пробника батарейки и лампы, а в качестве обратного провода землю; б - то же, а в качестве обратного провода оболочку (броню) кабеля; в - с использованием микротелефонных трубок для связи; г - то же, что и на рис. а или б, и использованием микротелефонных трубок для связи; д - с использованием в качестве пробника мегаомметра.

3.3.6 Неиспользуемые провода должны быть отключены от зажимов и изолированы или демонтированы.

3.3.7 При "прозвонке" схемы проверяется правильность маркировки проводов, кабелей, надписей под аппаратурой и соответствия этих надписей диспетчерским наименованиям первичного оборудования.

3.4 Проверка изоляции.

Проверка изоляции состоит из измерения сопротивления изоляции и испытания электрической прочности изоляции. Сопротивление изоляции измеряется мегаомметром. Электрическую прочность изоляции наиболее эффективно испытывается повышенным напряжением переменного тока, так как в переменном электрическом поле дефекты изоляции выявляются значительно лучше, чем в постоянном. Кроме того, при испытании изоляции мегаомметром напряжение на его зажимах сильно понижается за счет падения напряжения в обмотке индуктора.

Проверку изоляции производить в два этапа:

- 1 этап - предварительное измерение сопротивления изоляции отдельных узлов устройств РЗА;
- 2 этап - измерение и испытание электрической прочности изоляции устройств в полностью собранной схеме.

Проверка изоляции производится в следующей последовательности.

3.4.1 Анализ испытываемой схемы:

а) выявить может ли быть подано повышенное напряжение на аппаратуру, расположенную на других панелях или в других помещениях. Эти цепи связи либо надо отключить, либо во время испытаний поставить наблюдающего;

б) выявить по схеме элементы с пониженным испытательным напряжением, эти элементы либо исключить, либо закортить. Для этого необходимо снять с панелей магнитоэлектрические и поляризованные реле,

платы полупроводниковых нуль-индикаторов (они проверяются по специальным программам более низкими уровнями напряжений), закоротить выводы конденсаторов, диодов, стабилитронов, неоновых и электронных ламп, цепей выходных напряжений блоков питания полупроводниковых устройств РЗА, цепи питания оперативным током полупроводниковых и микроэлектронных устройств, у которых нет гальванической развязки оперативных цепей (РТЗ-51, РПВ-01, РП-18 и т.п.), если они не закорачиваются обмотками реле, резисторами и перемычками, установленными на рядах выводов для проверки изоляции. Если в схеме имеются реле или измерительные приборы, обмотки тока и напряжения которых расположены одна над другой, то эти обмотки выделяют из цепей, соединяют друг с другом и подключают к испытываемой цепи. Это вызвано тем, что обычно изоляция между обмотками таких приборов рассчитывается на испытательное напряжение 500 В;

в) выявить участки схем, которые отделены от проверяемой схемы контактами реле или другой коммутационной аппаратурой, эти цепи соединены со схемой соединения установкой в соответствующее положение ключей, накладок, контактов реле и т.п. или присоединением их к проверяемой схеме временными перемычками. Все изменения в схеме, установка временных перемычек должны быть отмечены в рабочем журнале с последующей отметкой после восстановления ;

г) выделить в отдельные группы цепи электрически связанные между собой, обычно это группы цепей переменного тока, напряжения, оперативного тока, сигнализации и т.п. Если оперативные цепи питаются от разных аккумуляторных батарей, то эти цепи тоже объединяются в отдельные группы;

д) наметить цепи, между которыми следует измерять сопротивление изоляции. Измерение изоляции следует производить относительно земли (корпуса), между отдельными электрически не связанными между собой группами цепей, между жилами контрольных кабелей тех цепей, где имеется повышенная вероятность замыкания между жилами с серьезными последствиями - токовые цепи отдельных фаз, где имеется реле 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 источники оперативного напряжения - между верхними и нижними выводами испытательных блоков при снятых крышках и отсоединенной на панели земле в этих цепях в тех случаях, когда внутри блоков устанавливаются закорачивающие перемычки, между жилами кабеля от трансформатора напряжения до автоматов или предохранителей.

3.4.2 Производство измерения сопротивления изоляции производится в следующем порядке:

а) тщательно очистить всю проверяемую аппаратуру, кабельные разделки, ряды выводов от пыли, грязи, ржавчины, влаги и т.п.;

б) отключить автоматические выключатели или предохранители в цепях оперативного напряжения, сигнализации, вторичных обмоток трансформатора напряжения (во избежание обратной трансформации напряжения на высокую сторону). При проверке изоляции цепей,

подключенных к вторичным обмоткам трансформатора напряжения до коммутационных аппаратов, установленных в цепях, вторичные обмотки трансформатора напряжения можно, не отключая, закоротить.

Цепи, не имеющие автоматических выключателей или предохранителей, отсоединить от общих шин;

в) отключить от схемы все заземляющие проводники;

г) выполнить мероприятия по п.3.4.1,б по исключению элементов с пониженной изоляцией; и по п.3.4.1,в по подключению всех участков схемы под испытательное напряжение;

д) установить в рабочее положение переключатели, накладки, рабочие крышки испытательных блоков, кожухи аппаратуры;

е) для панелей, выполненных на полупроводниковой элементной базе, следует также установить в рабочее положение задние крышки касет, переключатели запит 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 ВП-180);

ж) на выводах устройства РЗА 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 (см. п.3.4.1 г);

з) при проверке изоляции в сырую погоду необходимо учитывать возможность отсыревания внешних поверхностей изолирующих деталей, кабельных разделок, что может исказить результаты измерения. В этом случае необходима предварительная сушка путем усиления естественной или создания искусственной вентиляции или другими способами в зависимости от местных условий и возможностей;

и) измерение сопротивления изоляции производить мегаомметром с номинальным напряжением, указанным в таблице 2

Таблица 2

Наименование	Номинальное напряжение мегаомметр, кВ	Минимальное допустимое значение сопротивления изоляции, МОм
1.Отдельные панели, шкафы, блоки, ящики, пульта устройств РЗА с отключенными кабелями (за исключением п.5)	1,0 - 2,5	10
2. Шинки оперативного тока и цепей напряжения (при отсоединенных цепях)	1,0 - 2,5	10
3.Устройства РЗА в полностью собранной схеме с подключенными контрольными кабелями (за исключением пп.4.5)	1,0 - 2,5	1,0

4.Цепи управления, защиты электродвигателей переменного тока напряжением до 0,4 кВ, присоединенные к силовым цепям	1,0 - 2,5	0,5
5.Цепи устройств, содержащих микроэлектронные элементы: электрически связанные с источником питания устройств управления, защиты, измерения, источником тока или напряжения	0,5 - 1,0	1,0
при питании от отдельного источника питания или связанные с источником через разделительный трансформатор	Проверяется отсутствие замыканий на землю омметром с номинальным напряжением, не превышающим напряжение питания проверяемых цепей, или в соответствии с указаниями завода-изготовителя, или мегаомметром с номинальным напряжением 100 В.	

При работе с мегаомметром необходимо соблюдать правила техники безопасности. Для присоединения мегаомметра к испытываемой цепи применять только специальные одиночные провода с сопротивлением изоляции не менее 100 МОм и с изолированными ручками на концах. Перед работой следует проверить мегаомметр и провода. Для этого, присоединив оба провода к мегаомметру и разомкнув их вторые концы, вращают ручку мегаомметра. Прибор при этом должен показывать сопротивление изоляции, равное бесконечности. При замыкании концов между собой прибор должен показать нуль. Мегаомметр и провода к нему должны быть совершенно сухими и чистыми. Для проверки изоляции ручку мегаомметра следует вращать равномерно со скоростью, указанной заводом-изготовителем. Обычно мегаомметры выпускаются на частоту вращения 120 об/мин и снабжены регулятором частоты вращения.

При проверке изоляции длинных кабелей мегаомметр может дать ложные показания за счет перегрузки зарядным током кабеля. Для устранения подобной ошибки рекомендуется разделить, если это возможно, на участки кабель протяженностью свыше 300 м и проверить изоляцию по частям, применять мегаомметры, имеющие величину переменной составляющей напряжения не выше 10-15%, что должно быть проверено в лаборатории путем осциллографирования;

к) соединить все группы цепей, проверяемые мегаомметром с одним и тем же номинальным напряжением, между собой с помощью вспомогательной шинки (удобно выполнить из гибкого оголенного проводника), измерить сопротивление изоляции относительно земли;

л) заземлить вспомогательную шинку и, поочередно отключая от нее каждую группу, измерить сопротивление изоляции этой группы относительно всех остальных групп, объединенных между собой и заземленных. При этом группа (группы) цепей, для которой предусмотрена проверка мегаомметром с меньшим номинальным напряжением, должна быть заземлена и отключена от вспомогательной шинки;

м) 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 начинать медленно, постепенно доводя до номинальных оборотов. При бросках стрелки мегаомметра в направлении нулевого значения шкалы вращения ручки мегаомметра прекратить во избежание повреждения полупроводниковых элементов. При использовании статического мегаомметра измерение сопротивления изоляции необходимо производить, переходя с помощью переключателя выходных напряжений мегаомметра от меньших значений испытательного напряжения к большим;

н) значения сопротивления изоляции относительно земли и между электрически не связанными цепями должно быть не менее значений, приведенных в таблице 2, а для оценки состояния отдельных элементов схемы можно ориентироваться на средние опытные значения сопротивления изоляции, приведенных в табл.3

Таблица 3

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 300м	20-25

о) по окончании проверки все провода и жилы кабелей должны быть разряжены замыканием их на землю;

п) в случае понижения изоляции необходимо для отыскания ослабленной изоляции разделить схему на участки: измерительные трансформаторы, кабели, панели защиты, управления и т.п. и проверить сопротивления

изоляции по участкам. Если какой-нибудь из указанных участков имеет пониженное сопротивление изоляции, этот участок разбивают на более мелкие элементы: отдельные обмотки, провода и детали, и проверяя сопротивление изоляции каждого, определяют дефектный элемент. После устранения причины, вызвавшей ухудшение изоляции, повторить измерение сопротивления изоляции.

3.4.3 Испытание электрической прочности изоляции.

Испытание электрической прочности изоляции производится напряжением 1000 В синусоидального переменного тока частотой 50 Гц в течение 1 мин относительно земли для всех объединенных в группы цепей по пункту 3.4.1 г (за исключением цепей с номинальным напряжением до 60 В), для цепей, подвергшихся реконструкции, ремонту или вновь смонтированных.

3.4.3.1 Испытание электрической прочности изоляции производят с помощью специальных испытательных установок, изготовленных лабораториями и мастерскими энергосистем и наладочными организациями, например, ИВК или И9-65. При отсутствии испытательных установок испытания могут проводиться по схеме, приведенной на рис.3.

В схеме в качестве повышающего трансформатора Тр может быть использован трансформатор НОМ-3, НОМ-6 или любой другой трансформатор мощностью 200-300 В А с коэффициентом трансформации 100-200/1000-6000 В. Для плавного регулирования напряжения используется автотрансформатор АТ типа ЛАТР.

Резистор R служит для ограничения тока при пробое изоляции. В схеме на рис.3,а устанавливается резистор сопротивлением 1000 Ом, а в схеме на рис.3,б сопротивление резистора R (в омах) подсчитывается по формуле:

$$R = \frac{1000}{n_{ТН}^2},$$

где $n_{ТН}$ - коэффициент трансформации повышающего трансформатора Тр.

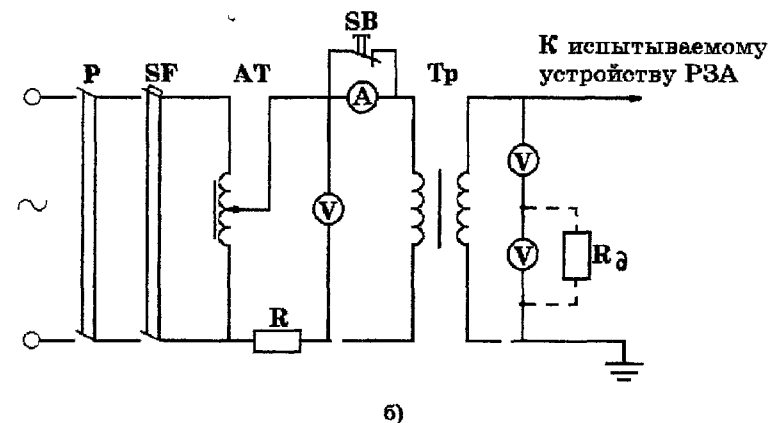
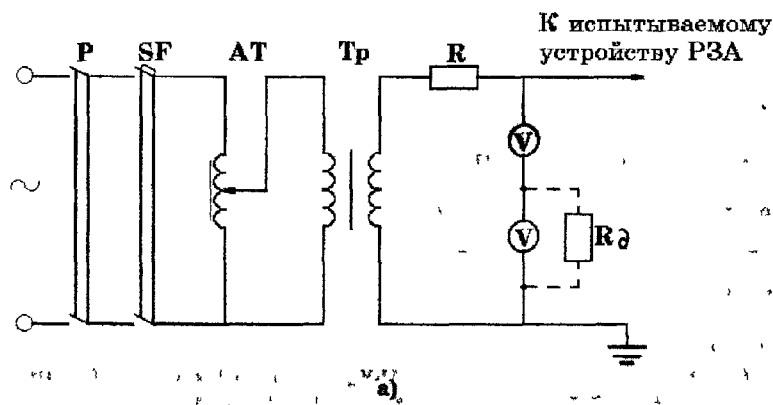


Рис.3 Схема испытания электрической прочности изоляции:
а - при измерении испытательного напряжения с высокой стороны повышающего трансформатора; б - то же с низкой стороны понижающего трансформатора

Измерение напряжения следует производить на стороне высшего напряжения повышающего трансформатора Тр 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 амперметром А, не превышает тока холостого хода повышающего трансформатора.

3.4.3.2 Перед производством испытаний следует:

а) выполнить все мероприятия, предусмотренные "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок" (М.: Энергоатомиздат, 1987), при производстве высоковольтных испытаний (п.15.1), в том числе убедиться в отсутствии напряжения в испытываемой 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 рекомендуется 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 мегаомметром.

3.4.3.3 После присоединения к испытываемым 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.

3.4.3.4 После окончания испытаний повторно измерить сопротивление изоляции мегаомметром.

3.4.3.5 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.

3.4.3.6 Если устройства РЗА и вспомогательные цепи не выдержали испытания напряжением 1000 В, то после обнаружения места повреждения и устранения неисправности испытание повторить.

3.4.3.7 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 ИМС. Испытание мегаомметром проводится при тех же условиях, что и испытание напряжением 1000 В переменного тока.

3.4.3.8 После проведения испытания изоляции восстановить схему электрических соединений устройств РЗА и вспомогательных цепей.

3.5 Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА.

Проверка электрических и временных характеристик устройств РЗА производится в соответствии с действующими инструкциями и методическими указаниями по проверке отдельных реле, защит и устройств автоматики.

Приведенные ниже общие указания по проверке электрических и временных характеристик устройств РЗА являются основой, определяющей подход к этим проверкам.

3.5.1 Проверка устройств РЗА, как правило, должна производиться не от рабочих, а от посторонних источников постоянного и переменного напряжения, например, от проверочных устройств. В качестве проверочных устройств могут быть использованы комплексные испытательные устройства, например, устройства У5053, ЭУ5001 (ПО "Точэлектроприбор", Киев), Реле-томограф (НПП "Динамика", Чебоксары) или другие, удовлетворяющие требованиям к регулировке тока и напряжения. Питание проверочных устройств должно осуществляться от специально предусмотренных для этих целей сборок через щитки, обеспеченные защитой, чувствительной к коротким замыканиям на выводах испытательных устройств. Для цепей питания испытательной установки рекомендуется использовать шланговые провода с резиновой изоляцией с сечением проводов 4-6 мм², а для токовых цепей нагрузки и

цепей напряжения переменного и постоянного тока - гибкие многожильные провода с резиновой или хлорвиниловой изоляцией с сечением проводов 2,5-4 мм² и 1-1,5 мм² соответственно.

3.5.2 Проверку устройств РЗА следует производить на месте установки, подводя ток и напряжение от испытательной установки к входным выводам панели. В этом случае учитывается наличие в цепях различных вспомогательных устройств, влияющих на его характеристики, и обеспечивается одновременно проверка правильности монтажа устройств РЗА и взаимодействие реле в схеме.

В случае подвода тока и напряжения от испытательных устройств через контрольные штекеры испытательных блоков при новом включении следует проверить правильность монтажа цепей от ряда выводов панели до испытательных блоков.

При проверке и настройке реле 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, а также должны быть произведена "прозвонка" схемы соединения подключенного реле или устройства РЗА.

3.5.3 Проверку электрических характеристик реле, параметры которых зависят от формы кривой тока, например, некоторых индукционных реле с зависимой характеристикой, реле с насыщающими трансформаторами, быстродействующих полупроводниковых реле и др., следует производить по схемам, обеспечивающим синусоидальность тока, подаваемого на реле защиты, например, питание проверочных устройств от линейных напряжений, от понижающих трансформаторов достаточной мощности, включение активных резисторов в цепь регулируемого тока и т.п.

3.5.4 Определение электрических параметров срабатывания и возврата всех реле следует производить, как правило, при плавном изменении электрических величин, на которые реагируют реле, если в инструкции по проверке данного реле нет других указаний.

Вызвано это тем, что при плавном увеличении легче заметить различные неисправности механизма аппарата - загрязнение зазоров, перекосы механизма, изношенность деталей, вибрацию и т.п.

3.5.5 При проверке необходимо учитывать термическую устойчивость устройств РЗА, проявляя особую осторожность при подведении к проверяемому реле токов или напряжений больших кратностей по отношению к номинальным значениям. В этом случае необходимо подавать ток (напряжения) кратковременно или исключать из схемы термически неустойчивые элементы.

3.5.6 Работу контактов реле следует проверять на ту же нагрузку, на которую они работают в схеме устройства. При необходимости должны быть приняты меры, предотвращающие повреждение контактов (особенно маломощных) во время их многократного срабатывания в процессе проверки.

3.5.7 Реле, подверженные вибрации, которая может привести к неправильным действиям или повышенному механическому износу, необходимо проверять на отсутствие вибрации. Проверку следует производить в диапазоне токов (напряжений) от величины срабатывания до максимально возможных в условиях эксплуатации или до специально заданных значений.

3.5.8 Регулировку и настройку реле необходимо выполнять с учетом следующих условий:

а) для выходных быстродействующих реле постоянного тока (или реле, воздействующих на выходные), ложное срабатывание которых может привести к действию коммутационных аппаратов или устройств противоаварийной автоматики, необходимо устанавливать напряжение срабатывания реле равным 60-65% номинального значения;

б) если в схеме имеются токоограничивающие резисторы, конденсаторы, диоды и другие элементы, влияющие на работу промежуточных реле и реле времени, то такие реле нельзя проверять отдельно от общей схемы;

в) при проверке напряжения срабатывания и возврата промежуточных реле с замедлением на срабатывание или возврат следует очень медленно изменять напряжение на его обмотке, чтобы реле успевало срабатывать и возвращаться. При быстром изменении напряжения получается преувеличенное напряжение срабатывания и преуменьшенное напряжение возврата;

г) проверка шкалы уставок реле должна производиться с учетом имеющихся разбросов параметров реле, зависимости времени срабатывания от фазы включения тока или напряжения. Поэтому уставка должна определяться 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.

д) токовые реле, реле напряжения, времени, сопротивления, мощности, а также пусковые и блокирующие устройства следует проверять только на рабочей уставке, а также на тех делениях шкалы, где уставки изменяются оперативным персоналом;

е) 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, например, при подаче тока или напряжения одновременно в несколько обмоток;

ж) настройка уставки реле сопротивления должна производиться при заданных углах и токах настройки, а если токи настройки не заданы, то ее следует производить при токе, равном или большем двойного значения тока точной работы, за исключением случаев, когда напряжение срабатывания реле сопротивления при указанных токах настройки оказывается выше номинального напряжения реле, например, при настройке третьих ступеней дистанционной защиты. В последнем случае токи настройки должны быть несколько снижены с тем, чтобы напряжение, подаваемое на реле сопротивления, не превышало номинального;

з) после выставления уставок на шкалах и переключателях уставок устройств РЗА необходимо нанести метку, соответствующую выполненной уставке. Способ нанесения метки должен быть выбран таким, чтобы метка легко снималась при изменении уставки, например, мягким простым карандашом или стеклоглафом в виде риски непосредственно на шкале (лицевой плате блока) или на наклеенной на ней узкой бумажной полоске с

нанесением маленькой цветной точки лаком или краской (с возможностью снятия ее соответствующим растворителем) и т.п.

3.5.8 При выполнении работ в устройствах с микроэлектронной элементной базой модульной или блочной конструкции следует дополнительно соблюдать следующие меры предосторожности:

а) при необходимости работы с модулем вне панели заземлить шасси модуля;

б) 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 самозакорачивающиеся токовые штеккерные разъемы не всегда обеспечивают надежное закорачивание цепей при вынужденном модуле (блоке);

в) во избежание повреждений микросхем модули и блоки вынимать из кассет и вставлять их в кассеты следует только при отключенном блоке питания;

г) во избежание повреждения микросхем при ошибочных подключениях к схеме заземленного и потенциального выводов измерительного шнура осциллографа, используемого в качестве измерительного прибора, необходимо его корпус заземлить, заземленный провод шнура изолировать, оставить оголенный лишь потенциальный вывод для производства измерений.

3.5.9 В уставках на устройствах РЗА следует, как правило, указывать полное время работы устройства РЗА или его отдельных ступеней. В случае, когда указанное 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.

Учитывая вышесказанное, целесообразно, проверку времени действия устройств РЗА совмещать с проверкой временных характеристик устройств РЗА (см. п.3.8).

3.5.10 Уставки устройства РЗА следует настраивать при новом включении и при текущем техническом обслуживании в случаях, если отклонения уставок устройств РЗА отличаются от заданных на значения более, чем указанные в табл.4. Допустимое отклонение выражено в единицах измерения параметра или в процентах от заданного значения уставки.

Таблица 4.

Наименование параметра	Допустимое отклонение
1.Выдержка времени быстродействующих защит без элементов задержки	Не должно превышать значения отклонений, указанных в техническом паспорте устройств РЗА
2.Выдержка времени устройств РЗА с элементами задержки на базе электромеханических реле, с:

с реле времени с максимальной уставкой более 3,5 с
с реле времени с максимальной уставкой менее 3,5 с
устройств ВАПВ, УРОВ, противоаварийной
автоматики, выполненной с реле времени
повышенной точности (с максимальной уставкой по
времени 1,3 с)

$\pm 0,1$
 $\pm 0,06$

3.Выдержка времени устройств РЗА с зависимой
характеристикой, с:
в зависимой части (контрольные точки)
в независимой части

$\pm 0,15$
 $\pm 0,1$

4.Выдержка времени встроенных в привод реле в
независимой части (с учетом времени отключения
выключателя), с

$\pm 0,15$

5.Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных
в привод, %

± 5

6.Сопrotивление 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, %

$\pm 3-5$

11.Коэффициент возврата реле:
не встроенного в привод
встроенного в привод

$\pm 0,03$
 $\pm 0,05$

12.Напряжение и ток прямой, обратной и нулевой
последовательности пусковых органов устройств
РЗА, %

± 5

13.Выходные напряжения блоков питания
полупроводниковых защит, %:

± 1

стабилизированные
нестабилизированные

$\pm 1-3$
 $\pm 5-10$

14.Угол между векторами напряжения реле
контроля синхронизма, %

± 10

15.Угол срабатывания панели угловой автоматики,
%

± 2

16.Параметры срабатывания и возврата
поляризованных реле измерительных органов
устройств РЗА, %

$\pm 5-10$

17.Напряжение срабатывания устройства блокировки
неисправности цепей напряжения, %

$\pm 10-15$

18 Сопrotивление компенсации сопротивления
обратной последовательности, %

5-10

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 уставках или
определено в инструкциях или методических
указаниях, %

± 10

3.6 Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов.

3.6.1 Предварительно должна быть произведена механическая
регулировка привода и его сигнально-блокировочных контактов (СБК),
командно-сигнального аппарата (КСА), которая выполняется службой
подстанций ПЭС (участком ремонта электродеха). В обязанности МСРЗА
(ЭТЛ) входит только контроль за правильностью регулировки СБК и КСА.
Регулировку блок-контактов удобно производить при медленном включении и
отключении выключателя вручную (пружинные и ручные приводы) или
домкратом (электромагнитные приводы) с последующей обязательной
проверкой работы блок-контактов при нормальном включении и отключении
выключателя.

При регулировке контактов необходимо соблюдать следующие условия:

а) блок-контакты КСА и подобные, повторяющие положение выключателя, должны четко фиксировать конечные положения вала выключателя;

б) блок-контакты в цепи контактора включения электромагнитного привода должны размыкаться как можно позже, чтобы обеспечить надежное включение и надежный разрыв цепи после окончания включения;

в) блок-контакты КСУ, установленные в цепи электромагнита отключения должны замыкаться при подходе подвижных контактов выключателя к неподвижным для обеспечения работы быстродействующих защит при включении на короткое замыкание. Чтобы цепь отключения разрывалась блок-контактами, а не контактами выходных реле защит, этот блок-контакт должен размыкаться в самом начале хода привода на отключение.

3.6.2 Измерить сопротивления постоянному току электромагнитов управления и контактора электромагнитов включения. Измерение производить с помощью моста постоянного тока или методом амперметра и вольтметра с ближайшей к приводу выводной сборки.

Для электромагнитов с форсировкой это измерение следует произвести как в режиме форсировки, так и в режиме ввода дополнительной части обмотки или сопротивления при дещунтировании блок-контакта электромагнита от руки. Измеренное значение должно соответствовать данным завода-изготовителя.

При новом включении следует измерить также сопротивление постоянному току всей цепи включения и всей цепи отключения от шин постоянного тока как в нормальной схеме, так и при закороченных электромагнитах управления. По измеренным значениям расчетным путем 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 определять при расчетном токе, составляющем 50% от установившегося значения при несработавших электромагнитах (блок-контакты форсировки замкнуты).

Для электромагнитов с внешним токоограничивающим резистором (выключатели ВВД-330, ВВБ-500 и ВВБ-750) при новом включении отрегулировать в соответствии с требованиями завода-изготовителя, а при следующих проверках измерить сопротивление постоянному току от пинок управления петли включения и отключения каждой фазы в режиме форсировки и после ввода дополнительной части сопротивления.

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 шинах управления не будет ниже 80% номинального значения.

3.6.3 Проверить параметры срабатывания и возврата электромагнитов управления и контакторов электромагнитов включения.

При проверках обычно определяется напряжение (ток) срабатывания электромагнитов и контакторов схем управления при плавном увеличении напряжения или тока, т.е. минимальное напряжение (ток), при котором

электромагнит отключает или включает коммутационный аппарат с возможным отклонением временных и скоростных параметров, гарантированных заводом-изготовителем в отличие от напряжения (тока) надежной работы, при котором напряжение (ток) подается толчком и будут обеспечены параметры, гарантируемые заводом. При плавном нарастании тока или напряжения легче обнаруживаются неисправности и ошибки в регулировке, кроме того, многие сердечники электромагнитов обладают малой инерцией и скоростью движения, и заводы-изготовители регулируют приводы по статическому усилию в отключающей планке.

Для проверки электромагнитов отключения и включения и контакторов включения могут быть использованы схемы, приведенные на рис.4.

Схема рис.4,а используется для проверки электромагнитов постоянного и переменного тока малой мощности, а рис.4,в для электромагнитов большой мощности. Для шунтовых электромагнитов переменного тока рекомендуется использовать схему рис.4,б, а для токовых электромагнитов, работающих в схемах дещунтирования, схему 4,в.

При использовании проверочных схем следует иметь в виду:

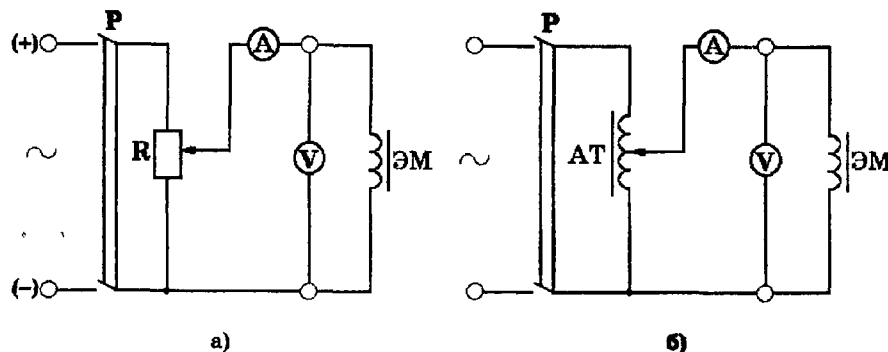
а) сопротивление электромагнитов переменного тока сильно зависит от положения сердечника при втягивании, поэтому для токовых электромагнитов необходимо, чтобы добавочное сопротивление в схеме рис.4,в имело значение $R = |2-3| X_{\Sigma} - R_{\Sigma}$, что обеспечит изменение тока при втягивании электромагнита на более 5-10%,

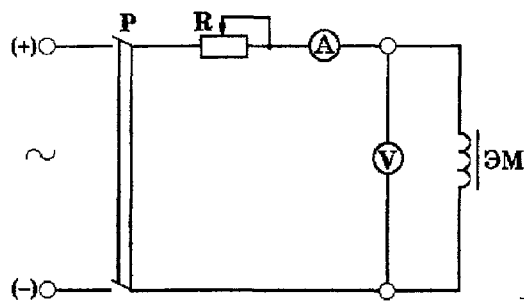
где X_{Σ} - индуктивное сопротивление обмотки электромагнита при втянутом положении сердечника, Ом

R_{Σ} - активное сопротивление обмотки электромагнита, Ом

Аналогично и для электромагнитов переменного напряжения не должно изменяться напряжение при втягивании сердечника, поэтому для их проверки рекомендуется схема по рис.4,б;

б) при проверке электромагнитов постоянного тока сопротивление реостата или части потенциометра, включенного последовательно с обмоткой электромагнита должно быть минимальным, т.к. чем больше значение этого сопротивления, тем быстрее будет нарастать ток в обмотке электромагнита и, следовательно, будет снижаться напряжение срабатывания, что может вызвать ошибки в регулировке.





в)

Рис.4. Схемы для проверки электрических характеристик электромагнитов приводов коммутационных аппаратов с помощью:
а - потенциометра; б - автотрансформатора; в - реостата

3.6.3.1 Для масляных выключателей проверку напряжения срабатывания и возврата выполнять с использованием схемы рис.4,в. Проверка производится непосредственно возле привода выключателя. Напряжение надежного срабатывания не должно превышать 65% номинального значения. Обычно это напряжение должно находиться в пределах 35-65% номинального. Аналогично выполняется проверка контактора включения, напряжение надежного срабатывания которого не должно превышать 65% номинального значения.

3.6.3.2 Для воздушных выключателей проверку работоспособности электромагнитов производить путем снижения напряжения на зажимах электромагнитов до 65% номинального значения при наибольшем рабочем давлении воздуха. Пониженное напряжение подается толчком со щита управления либо от мощного источника пониженного напряжения (зарядного агрегата, отпайки аккумуляторной батареи и т.п.), либо по схеме рис.4,в. В последнем случае за счет увеличения скорости нарастания тока в обмотке электромагнит работает в более легких условиях по сравнению с действительными условиями работы, и, чтобы скомпенсировать это различие, рекомендуется проверить работоспособность электромагнита при более низком напряжении, равном 50%-60% номинального значения вместо нормируемого 65%-снижения. Для получения такого напряжения рекомендуется величину добавочного сопротивления выбирать следующим образом:

а) для выключателей с последовательным соединением электромагнитов трех фаз:

$$R_{доб} = 0,75 R_{ЭМ}, \text{ где } R_{ЭМ} - \text{ суммарное активное сопротивление трех электромагнитов;}$$

б) для выключателей с параллельным соединением электромагнитов с форсировкой при пофазной проверке:

$$R_{доб} = R_{ЭМ}, \text{ где } R_{ЭМ} - \text{ активное сопротивление электромагнита в режиме форсировки.}$$

Сопротивление кабеля от источника питания до электромагнитов не учитывается и идет в запас.

Напряжение, равное 65% номинального значения, можно создать искусственно путем ввода дополнительных электромагнитов в цепи 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.

Для электромагнитов управления воздушных выключателей с внешними токоограничивающими резисторами (ВВД-330, ВВВ-500, ВВВ-750) работоспособность проверяется при снижении до 80% номинального значения напряжения на шинах управления. Способы снижения напряжения такие же, как указано выше. В случае снижения путем подключения добавочного резистора значение его сопротивления подбирается экспериментально.

3.6.3.3 Для короткозамыкателей, отделителей, выключателей с пружинными и грузовыми приводами проверку электромагнитов отключения и включения выполнять аналогично как для масляных выключателей (см. п.3.6.3.1). В случае проверки привода на переменном оперативном напряжении регулирование напряжения осуществляется с помощью автотрансформатора (рис.4 б).

Напряжение срабатывания электромагнитов включения короткозамыкателей, отключения отделителей и масляных выключателей с грузовым и пружинным приводами на постоянном и переменном оперативном напряжении должно быть не выше 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.

3.6.3.4 Для запит на переменном оперативном токе по схеме дешунтирования ток срабатывания электромагнитов регулировать по схеме рис.4 в в соответствии с заданием на наладку. Если в задании не указывается ток срабатывания электромагнитов, то рекомендуется обеспечить ток срабатывания электромагнитов не более 80% тока срабатывания наиболее чувствительной защиты, действующей на этот электромагнит.

3.6.3.5 Для запит использующих энергию предварительно заряженных конденсаторов проверить напряжение четкого срабатывания электромагнитов по схеме рис.5. Напряжение на выходе зарядного устройства, при котором электромагнит четко срабатывает, должен быть не более 260 В (65% номинального значения выпрямленного напряжения).

Проверку проводить в следующей последовательности:

а) запунктировать контакты реле минимального напряжения зарядного устройства;

б) 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 на 1 В;

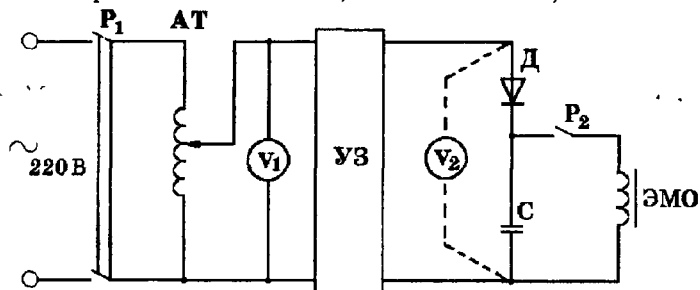


Рис.5. Схема измерения минимального напряжения заряда конденсатора, необходимого для четкой работы электромагнита.

в) подключить к заряженному конденсатору обмотку электромагнита;
г) разрядить конденсаторы и увеличить напряжение на входе зарядного устройства, если электромагнит не работает или работает нечетко;
д) повторить операцию заряда конденсаторов и подключение к ним обмотки электромагнита. Подобные операции произвести несколько раз до четкого срабатывания электромагнита.

3.6.4 Проверить надежность работы приводов коммутационных аппаратов в полной схеме при значениях оперативного напряжения $0,9 U_{ном}$ на включение и $0,8 U_{ном}$ на отключение.

3.6.5 Проверить время включения (отключения) выключателя, время включения короткозамыкателя и отключения отделителя, время готовности привода (для пружинных приводов с АПВ).

3.7 Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА.

3.7.1 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.3.3.2 методом "прозвонки" не производится) и исправности отдельных элементов устройств РЗА.

3.7.2 Проверку взаимодействия 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 напряжения оперативного тока на панели особенно при питании через потенциометр. Поэтому в процессе проверки необходимо по возможности использовать низкоомные потенциометры, контролировать значение напряжения оперативного тока и, при необходимости его корректировать.

3.7.3 Проверку взаимодействия реле в схемах устройств РЗА, выполненных на базе электромеханических реле, 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 реакцию 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 (тока, напряжения, замыкания контактов) на ряды выводов устройства с помощью блоков тестового контроля, имеющихся в таких устройствах. В отдельных случаях, когда объем операций, выполняемых блоком тестового контроля, недостаточен для проведения имитируемых режимов, 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.

3.7.4 При проверке взаимодействия устройств РЗА следует обращать внимание на:

а) отсутствие обходных связей, приводящих к ложному срабатыванию элементов схемы, которые не должны реагировать на подаваемые входные воздействия;

б) правильность действия различных блокировок, например, блокировки при качаниях, при неисправностях цепей напряжения и др.;

в) правильность работы устройства РЗА во всех положениях переключающих устройств: ключей, переключателей, накладок, испытательных блоков, штеккерных 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;

г) надежность отстройки промежуточных реле, обмотки которых включены через добавочные резисторы, от срабатываний, не

предусмотренных схемой (по цепям удерживания), надежность удерживания реле через добавочные резисторы;

д) эффективность работы и правильность включения искрогасительных контуров;

е) 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;

ж) правильность работы схемы сигнализации при действии максимального количества сигналов, цепи которых включаются параллельно одна другой;

з) отсутствие ложных срабатываний устройства при подаче и снятии оперативного напряжения, АПВ блока питания из-за помех, вызванных коммутациями отдельных элементов с большой индуктивностью проверяемого и других (расположенных вблизи проверяемого) устройства РЗА, а также из-за наводок на жилах контрольных кабелей при операциях с выключателями и разъединителями;

3.7.5 Проверку взаимодействия элементов схемы управления коммутационными аппаратами следует производить в следующем порядке

3.7.5.1 Предварительно необходимо 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.) или ограничить 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 это удобно выполнить путем размыкания контакта манометра, разрешающего управление выключателем).

При опробовании цепей управления коммутационными аппаратами следует обратить особое внимание на проверку следующих цепей:

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 уставки блокировки в процессе операции.

3.7.5.2 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 уставок;

в) действие блокировки от многократных включений;

г) отсутствие воздействий на коммутационный аппарат при поочередном шунтировании обмотки "реле положения отключено" или добавочного резистора в ее цепи на отключенном аппарате, а также при поочередном шунтировании обмотки "реле положения включено" и добавочного резистора в ее цепи на включенном аппарате;

д) работу выключателей во всех режимах автоматического повторного включения (ТАПВ, БАПВ, УТАПВ, ОАПВ).

При недостаточной мощности регулировочного устройства, понижающего оперативное напряжение до значения, равного $0,8 U_{ном}$, проверки взаимодействия при подключенных электромагнитах управления производятся при номинальном значении оперативного напряжения.

3.7.6 Отыскание неисправностей, выявленных при опробовании взаимодействия устройства, удобно производить, измеряя напряжение в различных точках проверяемой цепи высокоомным вольтметром по отношению к земле (рис.6), если устройство подключено к сети с включенным устройством контроля изоляции, или по отношению к одному из полюсов источника напряжения оперативного тока, определяя при этом место обрыва или ложную цепь. В обоих случаях по полярности измеренного напряжения определяют, со стороны какого полюса источника оперативного тока имеет место разрыв или ложная цепь.

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.

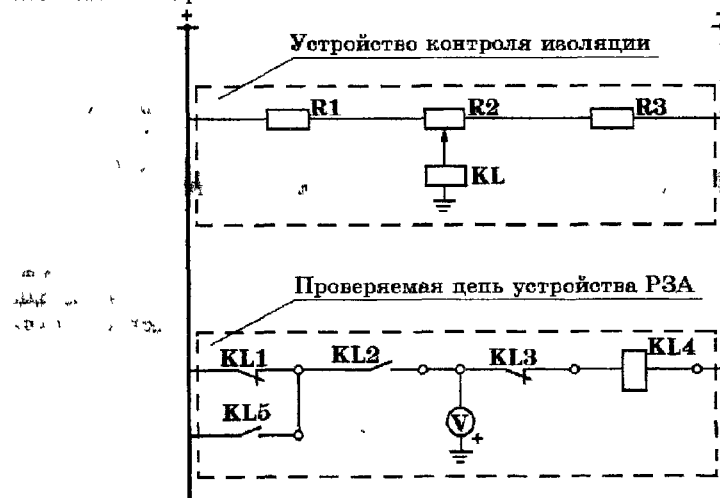


Рис.6. Схема отыскания неисправности с помощью вольтметра.

3.8 Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме.

Проверка заключается в измерении времени действия устройства или его отдельных ступеней, а также надежности работы устройства (ступени) в конце зоны действия и несрабатывания вне зоны (в начале следующей ступени).

3.8.1 Проверку временных характеристик следует производить от постороннего источника тока и напряжения при полностью собранных цепях устройств, закрытых кожухах реле, установленных и зафиксированных модулях, при отключенных кабельных связях, при номинальном оперативном напряжении.

Для этого удобно использовать комплектное устройство У5053 (ЭУ5001). В зависимости от измеряемого интервала времени следует пользоваться встроенными в устройство электросекундомером или миллисекундомером.

3.8.2 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), а 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 защиты 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.

3.8.3 Учитывая имеющиеся разбросы параметров реле, уставки должны определяться как среднее арифметическое значение из трех измерений для электромеханических реле и среднего из десяти измерений для быстродействующих полупроводниковых реле (см. п.3.5.8).

3.8.4 Измерять следует полное время действия устройств, т.е. 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.

Исходя из этого заданную уставку по времени необходимо измерять и регулировать следующим образом:

3.8.4.1 Для устройств релейной защиты с независимыми характеристиками выдержек времени измерять время срабатывания как сумму выдержек времени всех приходящих в действие реле от момента подачи аварийного параметра (соответствующей кратности по отношению к

параметру срабатывания) до замыкания контактов выходных реле. Кратности "аварийных" параметров, подводимых к реле при регулировке выдержек времени, по отношению к параметрам срабатывания должны приниматься следующими:

а) максимальные защиты (реле) всех типов (токовые, напряжения, фильтровые) - 1,3;

б) защиты (реле) минимального тока и напряжения - 0,8;

в) дистанционные защиты при $\varphi_p = \varphi_{м.ч}$ и $I_p = 2 I_{точн} - 0,9 Z_{с.з.}$;

г) устройства, использующие реле понижения частоты $f = f_{уст} - 0,1 Гц$;

д) устройства, использующие повышение частоты $f = f_{уст} + 0,1 Гц$;

3.8.4.2 Для направленных максимальных токовых защит от междуфазных КЗ и КЗ на землю регулировку выдержки времени выполнять при зашунтированных контактах реле мощности (при этом имеется в виду примерно одинаковые времена срабатывания независимо работающих токовых реле и реле мощности). При использовании вместо контактов реле мощности замыкающих контактов их реле-повторителей, регулировка времени срабатывания защиты должна выполняться с учетом времени срабатывания этих реле.

3.8.4.3 Для устройств релейной защиты с зависимыми характеристиками выдержек времени измерять время срабатывания как сумму выдержек времени всех приходящих в действие реле от момента подачи аварийного параметра до замыкания контактов выходных реле (контактов реле РТ-80) для трех-четырех точек на рабочей уставке по шкале времени.

3.8.4.5 Для устройств релейной защиты с токовыми реле прямого действия с зависимыми характеристиками измерять время как сумму времени работы реле и отключения выключателя от момента подачи аварийного параметра. Время замеряется на блок-контакте выключателя или на силовом контакте выключателя либо на специальном вспомогательном контакте.

Для реле с крутыми характеристиками (РТВ-I, II, III) время замерять при токах равных 1,25; 1,5; 2,0 тока срабатывания, для реле с обычной характеристикой (РТВ-IV, V, VI) при токах равных 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 тока срабатывания.

3.8.4.6 Для УРОВ - как сумму выдержек времени всех реле схемы от момента замыкания контактов выходных реле защиты присоединения (т.е. от момента пуска УРОВ) до замыкания контактов выходных реле УРОВ.

3.8.4.7 Для ТАПВ выдержку времени регулировать на реле времени АПВ.

Для АВР - выдержку времени регулировать на реле времени защиты минимального напряжения.

3.8.4.8 Для присоединений, оборудованных схемой УРОВ, необходимо замерить время возврата защит данного присоединения. Время возврата замерить от момента снятия аварийного параметра до размыкания контактов выходного реле защиты. Время возврата должно быть меньше времени срабатывания УРОВ.

3.8.5 При проверках временных характеристик необходимо измерять время действия отдельных ступеней защиты по цепи ускорения. Эти

измерения производятся при подведении к ней тех же кратностей тока и напряжения, что и при контроле (регулировке) времени действия.

3.8.6 Следует измерить время повторной готовности всех элементов схемы, невозврат которых может привести к отказу или излишней работе устройств РЗА.

3.8.7 Проверка надежности работы защиты или ступени защиты определять при следующих кратностях аварийного параметра:

а) для защит максимального действия - 0,9 и 1,1 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях;

б) для защит минимального действия - 1,1 и 0,9 уставки срабатывания для контроля несрабатывания в первом и срабатывания во втором случаях;

в) для дистанционных защит срабатывания и несрабатывания 1,2 и 3 ступеней определять при 0,9 Z_1 ; 1,1 Z_1 ; 0,9 Z_2 ; 1,1 Z_2 ; 0,9 Z_3 и 1,1 Z_3 . Кроме времени срабатывания, измерить длительность замкнутого состояния устройства по "памяти" при имитации близких КЗ в "метровой зоне".

3.9 Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами.

3.9.1 Проверку взаимодействия устройств РЗА следует производить, как правило, на выведенных из работы устройствах РЗА и разобранных разъединителями схемах первичных соединений коммутационных аппаратов.

При невозможности опробования действия устройства РЗА непосредственно на другие устройства РЗА и коммутационные аппараты следует произвести это опробование косвенным способом, например, на реле, вольтметр и т.п. при соответствующем положении коммутационного аппарата.

Проверку взаимодействия следует производить как это было изложено в п.3.7

3.9.2 Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с включенными в работу устройствами РЗА.

Проверку взаимодействия проверяемого устройства РЗА с включенными в работу устройствами РЗА производить при номинальном напряжении оперативного тока в следующей последовательности:

а) проверить отсутствие подсоединения на рядах выводов устройств РЗА цепей связи с проверяемым устройством;

б) проверить отсутствие (наличие) сигналов на соответствующих выводах проверяемого устройства;

в) подсоединить цепи связи с другими устройствами на рядах выводов проверяемого устройства, предварительно проверив "прозвонкой" правильность маркировки жил и их изоляцию (п.3.5);

г) 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;

е) 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;

ж) проверить отсутствие (наличие) сигналов от проверяемого устройства на жилах остальных кабелей со стороны других устройств;

з) подсоединить цепи связи проверяемого устройства к выводам других устройств;

и) 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.

3.9.3 Проверка взаимодействия устройств, реализация действия которых происходит на других энергообъектах, например, с использованием ВЧ каналов устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, должна выполняться по программам (п.2.1) под контролем службы РЗА, в управлении которой находится ВЧ канал.

3.9.4 После проверки действия проверяемого устройства на коммутационные аппараты работы в оперативных цепях не должны производиться.

3.10 Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением.

В случае сомнения в правильности сборки схемы подключения устройств РЗА к вторичным обмоткам трансформаторов тока и напряжения, следует замерить токи и напряжения на всех устройствах РЗА, подключенных к данным трансформаторам тока и напряжения, путем подключения постороннего источника к цепям тока и напряжения.

3.10.1 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 (рис.7) или между фазными проводами, в случае сборки вторичных обмоток трансформаторов тока в треугольник.

При этом прибором ВАФ следует контролировать протекание тока через вторичную обмотку проверяемой фазы трансформатора тока и через каждое из устройств РЗА (на входных выводах 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.

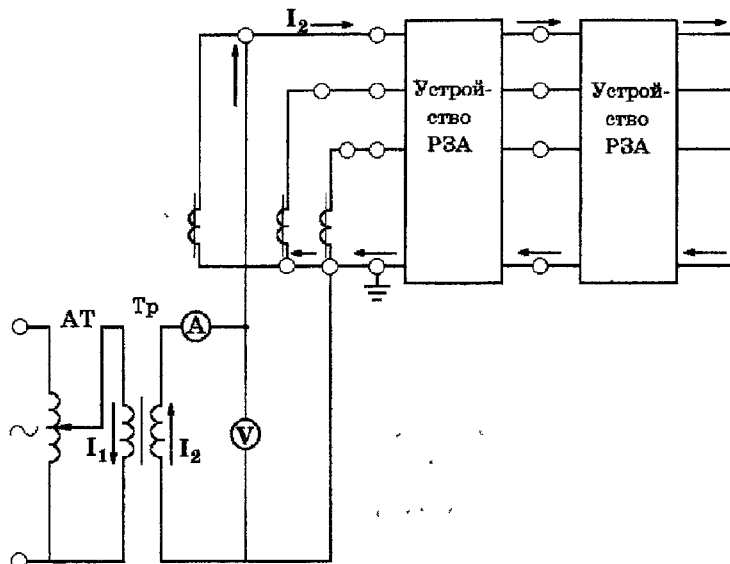


Рис.7. Схема проверки правильности сборки токовых цепей однофазным вторичным током

Если используются нагрузочные устройства без разделительного (нагрузочного) трансформатора Тр, следует отключить проводник, заземляющий токовые цепи.

При проверке первичная обмотка трансформаторов тока не должна быть замкнута.

Поочередно проверяются цепи, подключенные к каждой из обмоток трансформаторов тока.

Подключив амперметр А и вольтметр В (см.рис.7) при этой проверке, можно определить также сопротивление нагрузки на токовые цепи.

3.10.2 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. 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. Поочередно подаются напряжения в цепи "звезды" и "разомкнутого треугольника" или одновременно, если позволяет схема источника, в обе схемы. При этом прибором ВАФ-85 измеряются значения напряжений на всех устройствах

РЗА и на выводах автоматических выключателей трансформаторов напряжения и определяется чередование фаз. Чередование фаз напряжения на устройствах РЗА должно быть такое же, как и на источнике.

Для определения чередования фаз в цепях "звезды" можно использовать прибор ВАФ-85, для этого вывод "В" прибора присоединяется к земле, а выводы "А" и "С" к цепям напряжения с одноименной маркировкой. Аналогично выполняется проверка цепей "Разомкнутого треугольника".

Следует иметь в виду, что обмотки напряжения реле мощности РБМ-178, РБМ-278 и реле напряжения РНН-57 термически неустойчивы и во время проверки их катушки должны быть запунтированы.

3.11 Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением.

3.11.1 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.

3.11.2 Проверку производить при подаче тока и напряжения непосредственно в первичные обмотки трансформаторов тока и напряжения от постороннего источника или током нагрузки и рабочим напряжением.

3.11.3 Для простых дифференциальных и ненаправленных максимальных токовых защит 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 для предварительной проверки исправности цепей тока, устройств РЗА и измерительных трансформаторов тока.

3.11.4 Проверку устройств РЗА током нагрузки и рабочим напряжением следует производить в следующих случаях:

- а) если в защитах есть реле, питающееся одновременно от трансформаторов тока и трансформаторов напряжения;
- б) когда проверка устройства РЗА производится без отключения силового оборудования, на котором оно установлено;
- в) когда проверка первичным током нагрузки и рабочим напряжением выполняется более просто и с меньшей затратой времени, чем проверка от постороннего источника;
- г) при необходимости двусторонней проверки устройств РЗА линии.

3.11.5 Для того, чтобы во время проверки не нарушить токовые цепи, измерения токов следует производить с помощью специальных токоизмерительных клещей, например имеющихся в приборе ВАФ. При отсутствии токоизмерительных клещей измерение токов производится без отключения проводников с помощью измерительных выводов и испытательных блоков. 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 выводам или к выводам испытательных блоков. Векторные диаграммы токов при малых токах нагрузки снимаются способами, указанными в п.3.11.8.4 в.

3.11.6 Во избежание коротких замыканий все переключения в цепях напряжения проверяемого устройства РЗА при проверке рабочим напряжением должны, как правило, производиться с помощью контрольных штеккеров испытательных блоков либо при снятом напряжении с устройства РЗА

3.11.7 При проверке устройств РЗА от постороннего источника ток к первичным обмоткам трансформаторов тока может подаваться различными способами, указанными ниже.

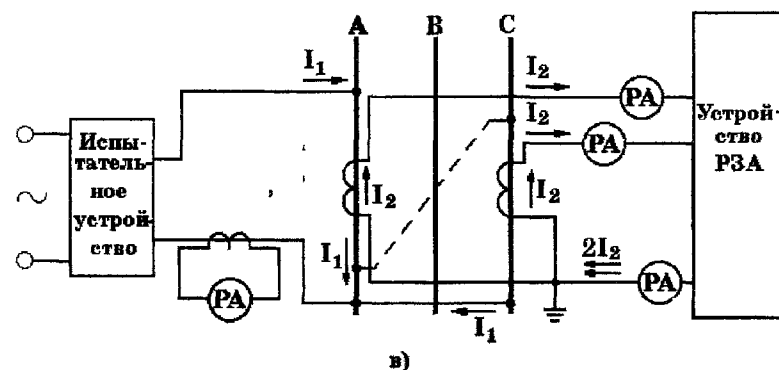
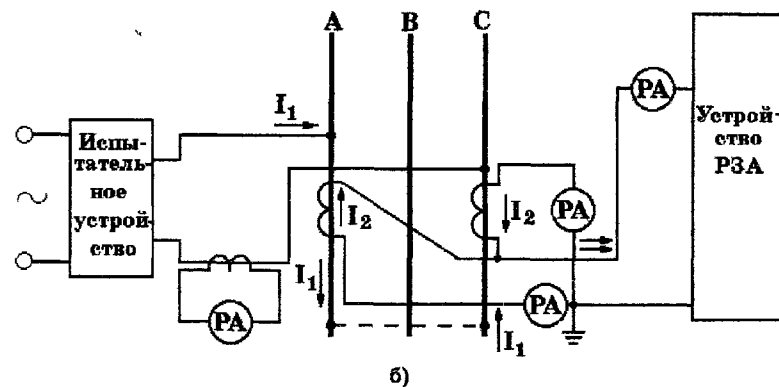
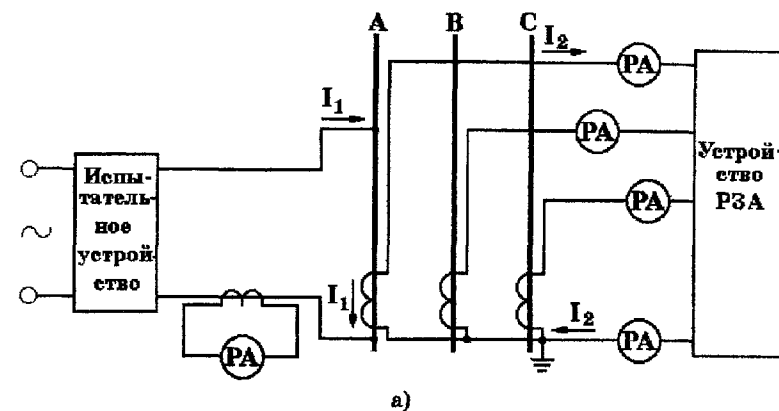
3.11.7.1 От однофазных нагрузочных устройств. Схемы проверки для разных соединений трансформаторов тока приведены на рис.8. Первичный ток от любого достаточно мощного нагрузочного устройства поочередно на каждый трансформатор тока или на два, или три последовательно включенных трансформатора тока в зависимости от схемы соединений трансформаторов тока и увеличивают до тех пор, пока ток во вторичных цепях трансформаторов тока не достигнет 10-20% 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" (рис.8,а) значения токов в фазном проводе проверяемого трансформатора тока и нулевом проводе должны быть практически равны между собой. В схеме "на разность токов" (рис.8,б) значение тока, поступающего в запитку, должно быть в два раза больше токов, протекающих во вторичных обмотках трансформаторов тока. В схемах "неполной звезды" (рис.8,в) и "полной звезды" (рис.8,г) значения токов в фазных проводах должны быть одинаковыми, а значение тока в нулевом проводе должно равно сумме, протекающих в фазных проводах.

После проверки исправности токовых цепей, если позволяет мощность источника, значение тока следует увеличивать до момента срабатывания защиты.

От однофазного источника могут быть проверены также схемы дифференциальных защит крупных двигателей (рис.9)

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, измеренные 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).



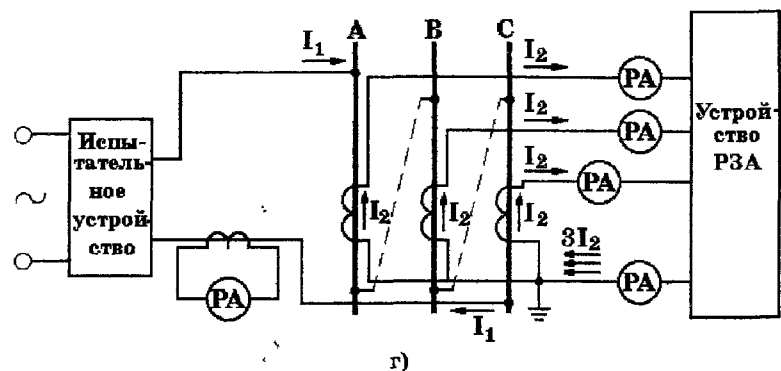


Рис.8. Схемы проверки максимальных токовых защит первичным током от однофазного источника тока при соединении трансформаторов тока:

- а - в "полную звезду" при подаче тока в одну фазу;
- б - "на разность токов"; в - в "неполную звезду";
- г - в "полную звезду" при подаче тока в три фазы

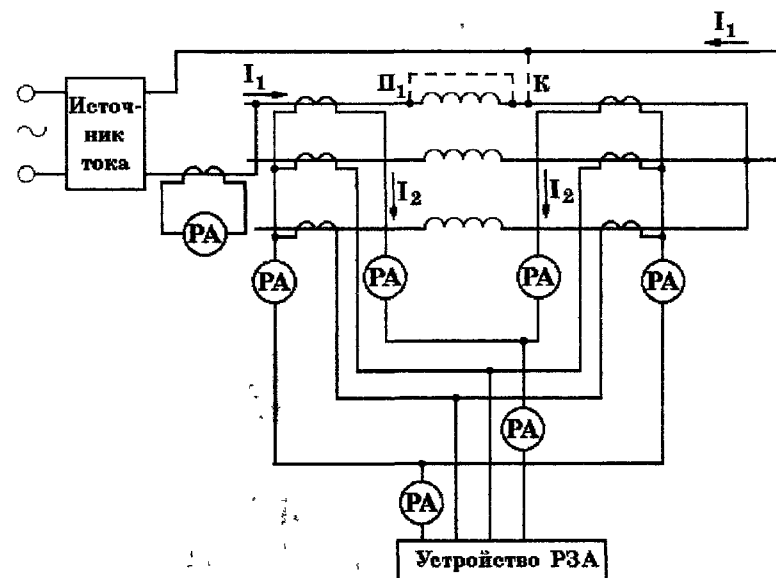


Рис.9. Схема проверки дифференциальной защиты двигателя первичным током от однофазного источника

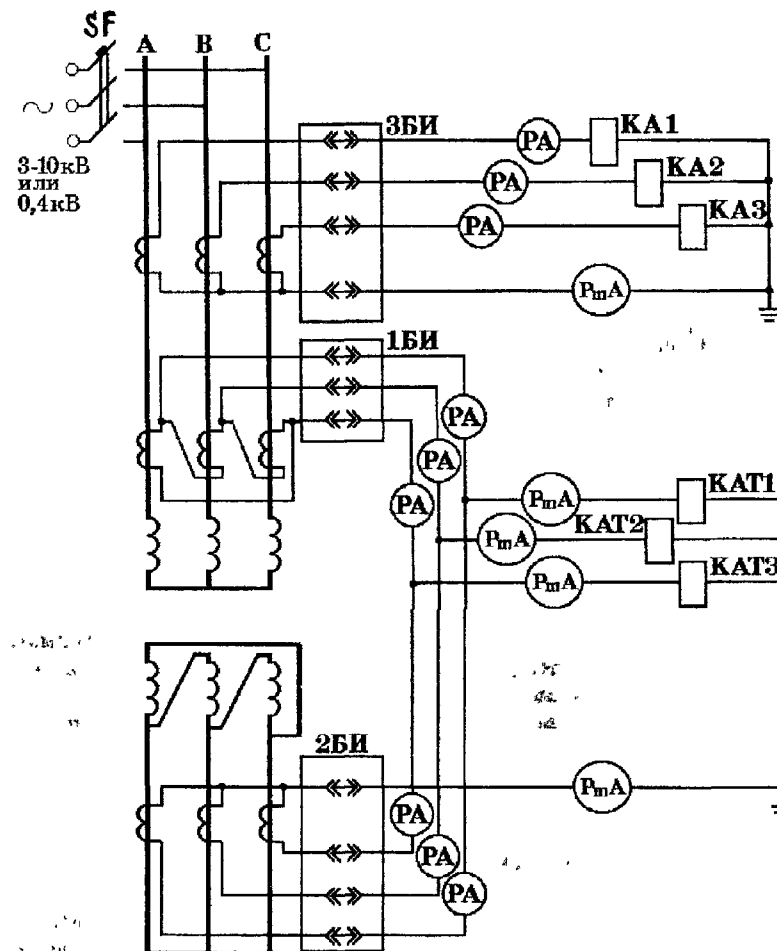


Рис.10. Схема проверки защит трансформатора первичным током от трехфазного источника

3.11.7.2 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 рис.10.

Со стороны низкого напряжения трансформатора следует установить испытательную трехфазную закоротку, а со стороны высокого напряжения подать трехфазное напряжение от сети 0,4; 3-10 кВ или от другого трансформатора. Источник питания подключается 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 ($I_{исп}$), проходящего через трансформатор от источника пониженного напряжения, следует определять по формуле:

$$I_{исп} = \frac{U_{исп}}{\sqrt{3}(Z_c + Z_T)}$$

где $U_{исп}$ - напряжение источника пониженного напряжения, кВ;

Z_c - сопротивление источника питания до выводов силового трансформатора, защита которого проверяется, приведенное к напряжению источника питания, Ом/фазу;

Z_T - сопротивление проверяемого трансформатора в Ом/фазу, определяемое из следующего выражения:

$$Z_T = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}}$$

где U_K - напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора, %;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение проверяемого трансформатора со стороны подключения источника пониженного напряжения, кВ;

$S_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора, МВА.

При использовании в качестве источника питания другого трансформатора его необходимая мощность $S_{исп}$, в МВА может быть подсчитана по формуле:

$$S_{исп} \geq S_{ном} \frac{(U_{исп})^2}{(U_{ном})^2} \frac{100}{U_K}$$

где $U_{исп}$ - номинальное напряжение испытательного трансформатора со стороны обмотки, подключаемой к проверяемому трансформатору, кВ;

$S_{ном}$, U_K - номинальная мощность и напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора соответственно, МВА и %;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение проверяемого трансформатора со стороны обмотки, к которой подключается испытательный трансформатор, кВ.

При расчете токов сопротивления испытательного и проверяемого трансформаторов должны быть приведены к одной и той же ступени напряжения.

Для проверки защит трансформаторов может быть использован уравнильный ток параллельно включенных трансформаторов с РПН. Для этого переключатели ответвлений РПН устанавливают для одного

трансформатора в сторону увеличения вторичного напряжения (U_1), а для другого - в сторону уменьшения вторичного напряжения (U_2). Если допустить, что вторичные напряжения U_1 и U_2 совпадают по фазе, а углы полных сопротивлений трансформаторов Z_{T1} и Z_{T2} равны, то уравнильный ток определяется по уравнению:

$$I_y = \frac{U_1 - U_2}{Z_{T1} + Z_{T2}}$$

При регулировке напряжения на стороне высшего напряжения сопротивления трансформаторов Z_{T1} и Z_{T2} приводятся к стороне низшего напряжения, а напряжения U_1 и U_2 определяются как одинаковые напряжения высшего напряжения, разделенное на истинный коэффициент трансформации первого и второго трансформатора.

3.11.7.3 Первичным током короткого замыкания от специально выделенного генератора. Этот способ следует применять при проверках устройства РЗА генераторов, а также трансформаторов и линий электропередачи, когда имеется возможность выделить генератор для их проверки.

Трехфазная закоротка (должна быть рассчитана на номинальный ток генератора) устанавливается так, чтобы ток от выделенного генератора проходил через трансформаторы тока проверяемых устройств РЗА. 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.

Устройства РЗА генератора могут быть также проверены при вращении невозбужденного генератора валоповоротным устройством при установленной трехфазной закоротке в цепях статора (или за блочным трансформатором) согласно "Методическим указаниям по проведению комплексных электрических испытаний блоков генератор-трансформатор и их устройств релейной защиты и автоматики" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1980). В этом случае векторные диаграммы токов могут быть сняты с помощью приборов ВАФ, двухлучевого осциллографа, самописцев или включением миллиамперметров постоянного тока в измеряемые цепи. В последнем случае из-за большого периода изменения токов в фазах (2-18 с) можно определить угол между токами, протекающими в фазах, измеряя время между одними и теми же точками синусоид с помощью секундомера (например, при прохождении тока через нуль).

3.11.8 Проверка исправности и правильности включения токовых цепей дифференциальной защиты.

Для того, чтобы убедиться в исправности токовых цепей дифференциальной защиты и правильности их подключения необходимо измерить вторичные токи в цепи каждого трансформатора тока и токи небаланса в реле, в нулевом проводе, снять и построить векторную диаграмму токов, протекающих в плечах защиты. Подробный порядок снятия векторных диаграмм будет описан далее. Для проверки правильности

подключения токовых цепей дифференциальной защиты требуется только определить взаимное расположение векторов (что они направлены навстречу друг другу) каждого плеча защиты. Поэтому для снятия диаграммы можно использовать любую симметричную систему напряжения, но обязательно синхронную с измеряемым током. Это напряжение может быть взято от вторичных цепей трансформаторов напряжения или непосредственно от трехфазной сети с линейным напряжением 380 В. В последнем случае, если диаграмма снимается с помощью прибора ВАФ-85 и питание прибора не рассчитано на напряжение 380 В, необходимо ВАФ-85 подключить через три одинаковых резистора ПЭВ-25 сопротивлением 2,2-5,6 кОм или ПЭВ-10 сопротивлением 5,1-5,6 кОм или через три одинаковых конденсатора емкостью 0,05 мкФ.

Снятие векторных диаграмм производить с помощью прибора ВАФ, фазометра или ваттметра во вторичных цепях трансформаторов тока. Наиболее просто диаграмма снимается с помощью прибора ВАФ. Схема для снятия векторных диаграмм, например, с помощью прибора ВАФ-85 приведена на рис.11. Вилки токоизмерительных клещей должны быть вставлены в гнезда прибора и клещей с соблюдением полярности, указанной на рис.11. При измерении фазы тока токоизмерительные клещи должны надеваться на провод фаз тока так, чтобы сторона, обозначенная звездочкой, была направлена в сторону трансформаторов тока. Снятие векторной диаграммы токов дифференциальных защит необходимо производить поочередно от каждого плеча дифференциальной защиты, закорачивая и отсоединяя цепи проверяемого плеча от цепей других групп трансформаторов тока дифференциальной защиты. При этом прибор целесообразно включить в цепь дифференциального реле и подавить поочередно токи в реле от каждого плеча дифференциальной защиты. При правильном включении токовых цепей дифференциальной защиты вектора токов одноименных фаз плеч защиты должны быть сдвинуты друг относительно друга на 180° , токи фаз А, В и С в каждом плече равны между собой и сдвинуты на угол 120° .

Измерение углов между векторами токов в измеряемых цепях можно произвести также с помощью двухлучевого осциллографа, например, С-64 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 ко 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.

Измерение тока (напряжения) небаланса следует производить при нагрузках, когда токи, протекающие во вторичных цепях трансформаторов тока, составляют не менее 15-20% номинальных значений. Ток и напряжение небаланса, измеренные в полной схеме защиты, сравниваются с величинами, измеренными ранее при предыдущих проверках данной защиты или других таких же защит, о которых известно, что они заведомо включены правильно. При этом на трансформаторах с регулировкой коэффициента трансформации

следует учитывать положение переключателя ответвлений, при котором проводилось выравнивание вторичных токов.

Значения небаланса измерять миллиамперметром с малым потреблением (например, миллиамперметром прибора типа ВАФ-85, у которого на пределе 50 мА сопротивление прибора составляет 0,2 Ом, а на пределе 10 мА сопротивление прибора составляет 4,0 Ом) или вольтметром с большим внутренним сопротивлением (не менее 1-2 кОм/В для переменного тока).

В схемах дифференциальных защит, выполненных с магнитным выравниваем (например, реле РНТ и ДЗТ) оценку небаланса производить путем измерения напряжения небаланса на обмотке исполнительного органа реле. Напряжение небаланса, измеренное при подключении к реле всех плеч защиты, не должно превышать 2-4% напряжения срабатывания исполнительного органа при токе нагрузки 0,5-1,0 номинального, т.е. для реле РНТ или ДЗТ величина напряжения небаланса не должна превышать 0,07-0,14 В.

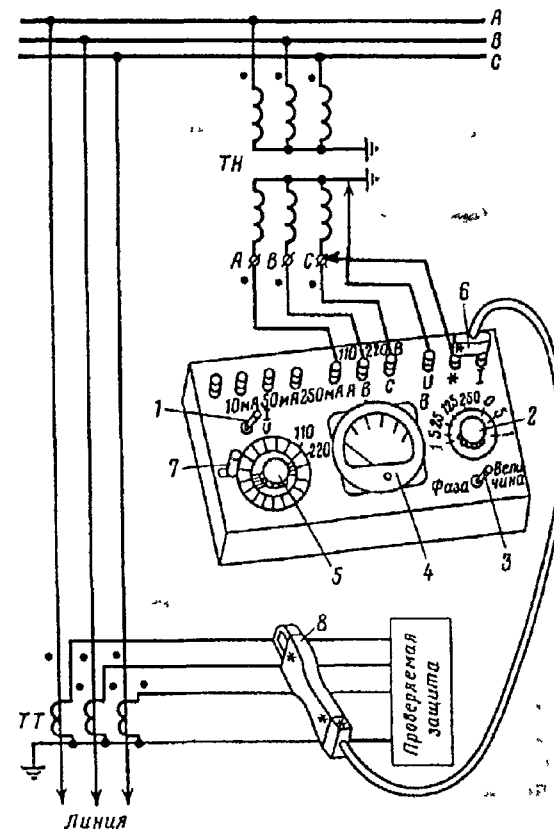


Рис.11. Схема включения прибора ВАФ-85 для снятия векторной диаграммы

3.11.9 Проверка рабочим током и напряжением заключается в следующем:

а) в проверке исправности всех токовых цепей измерением вторичных токов нагрузки в фазах и целостности нулевого провода;

б) в проверке исправности и правильности подключения цепей напряжения;

в) в проверке правильности подключения цепей тока каждой группы трансформаторов тока путем снятия векторной диаграммы и сверкой ее с фактическим направлением мощности в первичной цепи;

г) в проверке работы устройств блокировки при неисправности цепей напряжения поочередным отключением на ряде зажимов панели каждой из фаз, двух и трех фаз одновременно, а также нуля (для тех типов блокировки, где это требуется);

д) в проверке правильности работы и небаланса фильтров тока и напряжения прямой, обратной и нулевой последовательностей, а также комбинированных фильтров;

е) в проверке правильности включения реле направления мощности и направленных реле сопротивления;

ж) в проверке правильности сборки токовых цепей дифференциальных защит замером токов (напряжений) небаланса;

з) в заключительной проверке правильности включения дифференциально-фазных защит, защит с высокочастотной блокировкой, продольно-дифференциальных защит.

При выполнении профилактического восстановления устройств РЗА если разборка токовых цепей и цепей напряжения производилась на испытательных зажимах, то проверка устройств рабочим током и напряжением выполняется в соответствии с п. "а" и "б".

Перед проверкой устройств необходимо произвести осмотр всех реле, блоков, модулей, других аппаратов, рядов зажимов и переключателей на них, проверку наличия заземления в соответствующих цепях, установки накладок, переключателей, испытательных блоков и других оперативных элементов в положения, при которых исключается воздействие проверяемого устройства на другие устройства и коммутационные аппараты, целостности токовых цепей (от нагрузочных устройств, от генератора, на короткую, вторичным током и т.п.), а также правильности сборки токовых цепей дифференциальных защит генераторов и трансформаторов, токовых фильтровых защит.

3.11.9.1 При новом включении перед включением под нагрузку должны быть сфазированы первичные цепи вновь вводимого и действующего оборудования в следующей последовательности:

а) вновь вводимое оборудование опробуется действующим рабочим напряжением по специальной программе. При этом напряжение должно быть подано и на первичные обмотки вновь вводимых трансформаторов напряжения.

б) 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 напряжения прибором ВАФ-85. Измерения производятся в шкафу трансформатора напряжения и на панели пита 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 напряжения небаланса не превышают 1-3 В, то в схеме нет неправильно включенных (перевернутых по полярностям) обмоток. Правильность наименования фаз определяется при определении чередования фаз либо пофазным отключением трансформатора напряжения со стороны высокого напряжения, если там установлены однофазные разъединители или предохранители. При пользовании фазоуказателем или прибором ВАФ-85 вывод В 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 для проверки правильности сборки цепей разомкнутого треугольника можно произвести также построением потенциальной диаграммы напряжений. 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 В и К построение векторной диаграммы приведено на рис.12, а значение измеренных напряжений в табл.5.

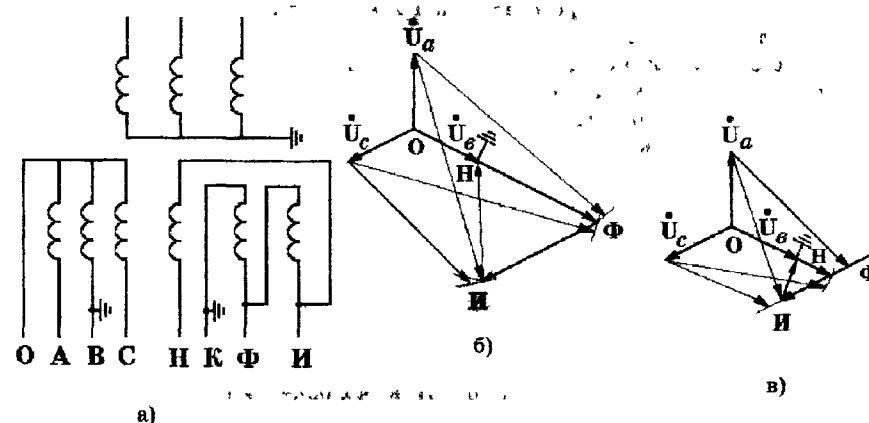


Рис.12. Проверка цепей напряжения:

а - принципиальная схема вторичных цепей напряжения сети 35 кВ и выше;

б - векторная диаграмма напряжений для сети с заземленной нейтралью;

в - то же для сети с изолированной нейтралью

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 трансформаторов 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 ее неправильным действиям при КЗ в защищаемой сети. Напряжение вывода К относительно "земли" должно быть равно нулю, а вывода Н - напряжению небаланса 1-3 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.

На ряде выводов панели, на которую подведены кабели от трансформатора напряжения, временно отсоединяют жилу кабеля с маркой Н в сторону трансформатора напряжения (рис.13). Между выводами И и К включают резистор R сопротивлением 50-100 Ом, при этом в цепях между выводами К и И протекает ток 1-2 А. С помощью клещей прибором ВАФ-85 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 в шкафу трансформатора напряжения в цепях с маркировкой К и И должен протекать ток 1-2 А, а в цепях с маркировкой Н ток должен отсутствовать;

в) подается напряжение на первичные обмотки проверяемого и заведомо исправного трансформатора напряжения от одного и того же источника напряжения и производится фазировка вторичных цепей проверяемого трансформатора напряжения с цепями заведомо исправного трансформатора напряжения, измеряя вольтметром напряжение между всеми вторичными цепями проверяемого и заведомо исправного трансформатора 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.5.

Аналогично указанным выше способом следует проверить правильность подвода напряжений от проверяемого ТН к колонке синхронизации и к другим устройствам РЗА;

г) отключением коммутационных аппаратов разделяются первичные цепи проверяемого и действующего оборудования и на проверяемое оборудование подается напряжение от вновь вводимого источника.

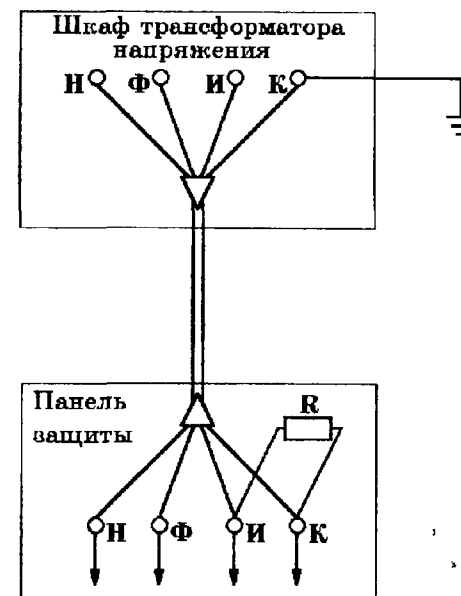


Рис.13.Схема определения выводов Н и К "разомкнутого треугольника"

Таблица 5

Вид сети	Значения напряжений между фазами вторичных цепей напряжения, В										
	АО	ВО	СО	АВ	ВС	СА	НИ	ИФ	ФК	НК	АН
С заземленной нейтралью	58	58	58	100	100	100	100	100	100	1-3	100
С изолированной нейтралью	58	58	58	100	100	100	33	33	33	1-3	100

Окончание таблицы 5

Вид сети	Значения напряжений между фазами вторичных цепей напряжения, В										
	АИ	АФ	АК	ВН	ВИ	ВФ	ВК	СН	СИ	СФ	СК
С заземленной нейтралью	195	195	100	1-3	100	100	0	100	142	195	100
С изолированной нейтралью	130	129	100	1-3	33	33	0	100	105	130	100

Проверяется фазировка цепей между вторичными цепями вновь вводимого трансформатора напряжения и цепями одного из трансформаторов напряжения действующего оборудования. Этим проверяется фазировка первичных напряжений между проверяемым и действующим оборудованием.

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. Фазировка цепей считается правильной, если одноименные векторы напряжений совпадают или сдвинуты один относительно другого на небольшой угол, соответствующий углу нагрузки на шунтирующих связях. При правильной фазировке поступающих напряжений первичное оборудование может ставиться под нагрузку (замыкаться в транзит линии электропередачи, подключаться нагрузка к трансформаторам и т.д.).

3.11.9.2 Проверку исправности всех токовых цепей производить путем измерения токов в фазных и нулевых проводах (проверкой "оттекания" токовых цепей). Ток в нулевом проводе следует измерять с помощью миллиамперметра, включаемого в цепь нулевого провода через измерительный зажим или контрольный штеккер испытательного блока. 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).

3.11.9.3 Проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения.

Ниже приведен полный объем работ, который необходимо выполнить в процессе проверки (объем работ, выполненных при фазировании первичных источников, может не повторяться):

а) проверить 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-85. При определении чередования фаз и снятии векторных диаграмм вывод В фазоуказателя (прибора ВАФ-85) должен быть подсоединен к земле. При этом также измеряются напряжения цепей всех фаз относительно земли. Измеренные значения должны соответствовать приведенным в табл.5, напряжение небаланса на выходе "разомкнутого треугольника" не должно превышать 1-3 В.;

б) измерить значения напряжений цепей "звезды" и "разомкнутого треугольника" на рядах выводов всех вводимых устройств РЗА, после чего сфазировать 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 фазировку напряжений на выводах отдельных реле и аппаратов и на выводах ряда соединений устройств РЗА, если имеется сомнение в достаточности предыдущих проверок для определения правильности выполнения монтажа панели.

3.11.9.4 Проверить правильность подключения устройств РЗА к цепям тока снятием векторной диаграммы.

Снятие векторных диаграмм представляет собой определение углов между векторами токов и напряжений во вторичных цепях защиты.

Снятие векторных диаграмм позволяет в дифференциальных токовых защитах определить векторы токов от каждой группы трансформаторов тока и по их взаимному расположению проверить правильность схемы соединений, в направленных и дистанционных защитах проверить правильность включения реле направления мощности или направленных реле сопротивления сравнением фактического поведения реле с тем, которое должно быть при данном сочетании токов и напряжений.

Основные правила снятия векторных диаграмм следующие:

а) для снятия векторных диаграмм необходимо использовать синхронные с токами симметричные напряжения, имеющие строго определенное чередование фаз;

б) при проверке защиты, работа которой зависит от взаимного расположения векторов тока и напряжения (направленной токовой или дистанционной) векторную диаграмму следует снимать на рядах выводов устройств. В отдельных случаях 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 выводов устройства, а на выводы реле, комплектов и т.п.

В остальных случаях, например, при проверке дифференциальной токовой защиты, векторную диаграмму можно снимать с помощью любого симметричного напряжения, но обязательно синхронного с определяемыми токами.

в) приборы, применяемые для снятия векторных диаграмм, должны иметь проверенную и обозначенную полярность включения их обмоток. Если полярность фазометра неизвестна, она может быть определена при включении его по схеме на рис.14. В этом случае на прибор подаются совпадающие по фазе напряжения и ток, поэтому фазометр показывает угол, равный нулю.

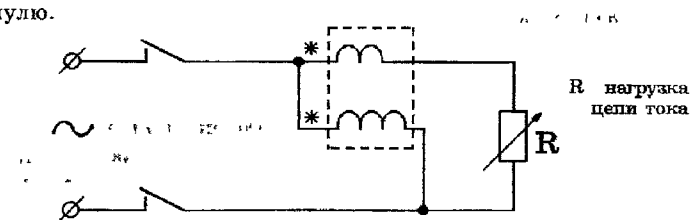


Рис.14.Схема проверки однополярных выводов обмоток фазометра

Для проверки правильности измерения углов прибором ВАФ-85 необходимо к контактным зажимам фаз "А", "В", "С" подвести напряжение трехфазного тока, (подать напряжение питания прибора) переключатель диапазонов измерений установить на предел 1А, переключатель "фаза - величина" установить в положение "фаза", переключатель "V, R, mA" установить в положение "V, A", охватить токоизмерительными клещами

провод питания прибора фазы "С" таким образом, чтобы звездочка на клещах была обращена в сторону прибора. Вращая лимб фазовращателя таким образом, чтобы стрелка прибора двигалась в ту же сторону, что и лимб, установить стрелку прибора на нуль. При этом отсчет по лимбу должен быть равен нулю.

Для обеспечения возможности снятия векторной диаграммы при малых значениях токов нагрузки (меньше 50-100 мА во вторичных цепях трансформаторов тока) применяются следующие методы: в рассечку токовых цепей на контрольных штеккерах испытательных блоков или на контактных мостиках измерительных выводов ряда соединений включаются катушки из нескольких витков изолированного провода и токоизмерительными клещами при измерении охватываются все витки катушки (значения токов, измеренных ВАФ, в этом случае следует разделить на число витков катушки, охватываемых токоизмерительными клещами), между токоизмерительными клещами и прибором ВАФ-85 включаются приставки - усилители тока (схемы таких приставок разработаны в ряде энергосистем) для увеличения тока, поступающего к прибору.

д) снятие векторных диаграмм производить с помощью прибора ВАФ, или фазометра во вторичных цепях трансформаторов тока и напряжения. Положение векторов тока и напряжения на снятой диаграмме будет соответствовать положению этих векторов в первичной цепи только в том случае, если токи и напряжения, подводимые к прибору, при снятии диаграммы совпадают по фазе с соответствующими первичными токами и напряжениями. Для этого прибор включают так, чтобы его однополярные зажимы были присоединены к "началам" вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения; при этом показания прибора будут такими же, как и при включении его непосредственно в первичные цепи, минуя измерительные трансформаторы тока и напряжения. На рис.11 приведена схема включения прибора ВАФ-85 для снятия векторной диаграммы. Питание прибора (зажимы А, В,С) подается с рядов выводов устройства для получения сразу углов между подводимыми к устройству токами и напряжениями.

При измерении фазы тока токоизмерительные клещи должны надеваться на провод фазы тока так, чтобы сторона обозначенная звездочкой, была направлена в сторону трансформаторов тока.

При измерениях должно быть обеспечено плотное прилегание плоскостей магнитопроводов токоизмерительных клещей без зазоров и перекосов, направление вращения лимба и направления движения стрелки к нулю должны обязательно совпадать.

При использовании для снятия векторных диаграмм фазных напряжений "начало" обмотки напряжения прибора подключают к напряжению фазы, а "конец" - к нулевой точке.

При использовании для снятия векторных диаграмм междофазных напряжений "начало" обмотки напряжения прибора подключают к первой по чередованию фазе, а "конец" - ко второй.

Наиболее просто снятие векторной диаграммы производить с помощью прибора ВАФ. Рекомендуется следующий порядок снятия векторных диаграмм (предполагается, что используется прибор типа ВАФ-85):

а) установить точное направление и значение первичной активной и реактивной мощностей и тока, протекающих по данному присоединению.

Определение направления и значений мощностей и тока следует производить по соответствующим ваттметрам и амперметрам и уточнять у диспетчера энергосистемы (стабильность направления и значения активной и реактивной мощностей при проверке токовых цепей под нагрузкой следует периодически контролировать). Для повышения достоверности определения направления перетоков мощности следует, по возможности, снимать также векторные диаграммы на противоположных концах присоединения.

В некоторых режимах направления мощности заранее известны, например, при прогрузке защит током реактора или емкостным током ВЛ, в режиме одностороннего питания. В последнем случае всегда активная мощность направлена от источника к потребителю. То же самое относится к направлению реактивной мощности, если только на приемной стороне нет синхронных компенсаторов, статических конденсаторов, синхронных двигателей и других источников реактивной мощности. При наличии таких источников направление реактивной мощности может быть любым и в режиме одностороннего питания. Направление реактивной мощности по линии может быть определено по известным величинам напряжений на соседних подстанциях; реактивная мощность всегда направлена от шин подстанции с более высоким напряжением к шинам подстанции с более низким напряжением.

Положение вектора первичного тока, протекающего по присоединению, по отношению к вектору напряжения может быть определено из диаграммы мощностей P , Q (рис.15). На диаграмму следует нанести (с учетом направления) значения активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению, после чего по имеющимся двум проекциям следует построить вектор полной мощности S . Направление векторов тока и мощности совпадает. Угол между векторами напряжения и тока одноименных фаз равен углу между векторами оси $+P$ и S . Поэтому удобно по оси $+P$ направить вектор U_{AO} , а в направлении вектора S - вектор I_{AO} ;

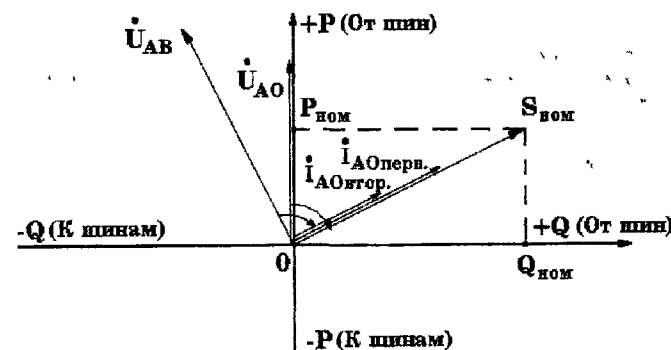


Рис.15. Вектор первичного тока по значениям и направлению активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению

кратности токов, протекающих в выходном реле, при обрывах отдельных цепей напряжения и небалансов при подводе исправных цепей напряжения должны соответствовать нормам, приведенным в заводской документации.

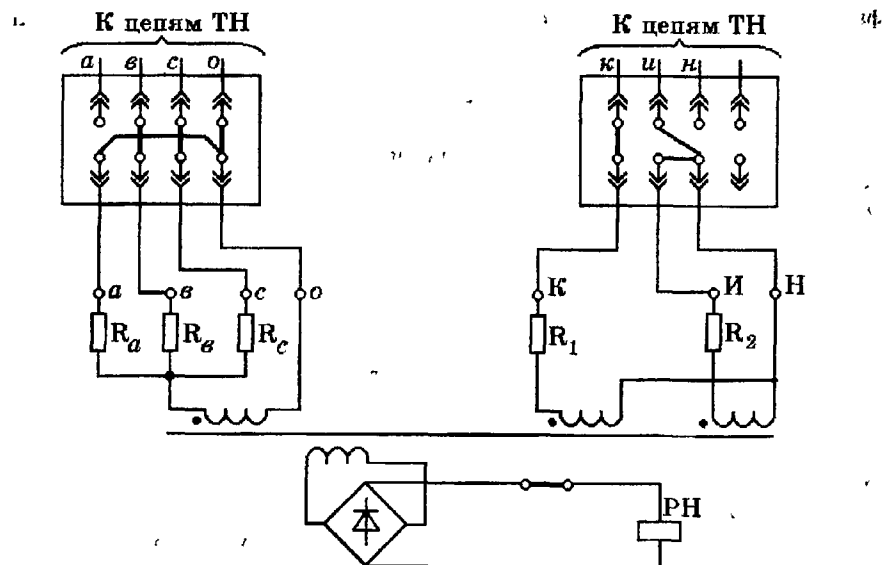


Рис.17. Схема проверки блокировки при неисправности цепей напряжения при имитации однофазного короткого замыкания на фазе А цепей напряжения

3.11.96 При достаточных значениях вторичных токов, не менее 10-20% номинального значения тока трансформаторов тока, измерить токи и напряжения небаланса фильтров тока прямой, обратной и нулевой последовательности. Для фильтров обратной последовательности измерить значение небаланса при подаче прямого чередования фаз воздействующих величин и значение выходного параметра при подаче обратного чередования фаз, а для фильтров прямой последовательности - наоборот.

Значение небаланса, умноженное на отношение номинального тока к значению первичного тока при замере небаланса, должно быть меньше значения параметра возврата выходного реле. Если устройство, включенное на фильтр, не должно срабатывать при коротком замыкании, то значение небаланса, умноженное на отношение тока короткого замыкания к первичному току при замере небаланса, должно быть меньше значения параметра срабатывания устройства. Следует иметь в виду, что повышенные токи (напряжения) небаланса при правильной настройке фильтра могут быть вызваны наличием в первичной сети высших гармонических составляющих (третьей и кратной ей для фильтров нулевой последовательности, пятой - для фильтров обратной последовательности), наличием несимметрии в первичной сети или отличием частоты сети от номинальной. Для выяснения причин

повышенного небаланса необходимо на вход фильтра включить осциллограф и определить форму входного тока (напряжения).

Если при замере тока небаланса в фильтре тока нулевой последовательности или в нулевом проводе трансформаторов тока, соединенных в полную звезду, ток небаланса равен нулю, то необходимо проверить целостность нулевого провода. Для этого пропустить ток одной из фаз через нулевой провод фильтра путем шунтировки на нулевой провод фазы трансформатора тока на клеммнике трансформатора тока.

Комбинированные фильтры проверить способами, указанными в специальных инструкциях или методических указаниях.

3.11.97 Проверка током нагрузки правильности включения реле направления мощности (собственно реле направления мощности, реле сопротивления и т.п.) заключается в проведении следующих операций:

а) построение угловой характеристики реле направления мощности, т.е. определяется зона работы, зона заклинивания, угол максимальной чувствительности и линия изменения знака вращающего момента (линия нулевого момента);

б) определяется направление и значения первичных активных и реактивных мощностей согласно п.3.11.9.4;

в) снимается векторная диаграмма согласно п.3.11.9.4;

г) проверяется поведение реле при подаче к его зажимам поочередно трех комбинаций токов и напряжений, т.е. проверяется непосредственно вручную или электрическим прибором работает или не работает реле при подаче на него циклически переключаемых токов при неизменной подаче напряжения (или наоборот). Записывается при каких сочетаниях реле срабатывало, не срабатывало или находилось в неопределенном состоянии (вблизи линии нулевого момента);

д) проверяется, что углы между первичными одноименными фазами тока и напряжения одинаковы с вторичными, полученными при снятии векторной диаграммы.

е) на угловой характеристике, приняв за опорный вектор напряжения, строятся три вектора тока под углами, полученными при снятии векторной диаграммы. Определяется, при каких токах реле должно срабатывать, не работать или находиться вблизи линии нулевого момента. Сравнивают действительное поведение реле согласно п."г" с необходимым в соответствии с угловой характеристикой. Если поведение реле соответствует тому, которое получается согласно векторной диаграмме, то реле включено правильно, иначе, неправильно.

Более подробно проверка правильного включения реле, имеющих несколько обмоток, включенных в разные фазы тока и напряжения, рассмотрены в специальных инструкциях или методических указаниях по отдельным реле или защитам и поэтому в данной работе не приведены.

Литература по технике безопасности

1. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТРМ-016-2001. РД-153-34.0-03.150-00. Изд. НЦ ЭНАС, М., 2001 г.
2. Правила организации работы с персоналом на предприятиях и в учреждениях энергетического производства. РД 34.12.102-94 ОРГРЭС, М., 1994 г.
3. Приказ Минздрава СССР от 29.09.89 № 555.
4. "Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации". - 15-е изд. - М., 1996 г.
5. Методические указания по техническому обслуживанию устройства КИВ. МУ 34-70-39-83. Союзтехэнерго 1983 г.
6. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями. Энергоатомиздат, 1989 г.
7. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, технические требования к ним". Изд. 9, М., 1983 г.
8. Извещение об изменении № 1 "Правил безопасности при работе с инструментом и приспособлениями". ОРГРЭС, М., 1991 г.
9. Инструкция по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями по обслуживанию энергетического оборудования. Энергоатомиздат, 1987 г.
10. Методические указания по составлению оперативных планов и карточек тушения пожаров на энергетических предприятиях. РД 34.03.306-93. ОРГРЭС, М., 1994 г.

Литература

1. "Правила устройств электроустановок". 6-е изд. - М., Энергоиздат, 1985.
2. "Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации". РД 34.20.501-95. 15-е изд. - М., 1996 г.
3. "Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ", РД 153-34.0-35.617-2001. - М., СПО ОРГРЭС, 2001 г.
4. "Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики электрических сетей 0,4-35 кВ", РД 153-34.3-35.613-00. - М., СПО ОРГРЭС, 2000 г.
5. "Сборник руководящих материалов Главтехуправления Минэнерго СССР", электротехническая часть, 4-е изд., части 1 и 2. - М., ОРГРЭС, 1992 г.
6. "Инструкция по расследованию и учету технологических нарушений в работе энергосистем, электростанций, котельных, электрических и тепловых сетей", РД 34.20.801-2000. - М., 2000 г.
7. "Инструкция по учету и оценке работы релейной защиты и автоматики электрической части энергосистем", РД 34.35.516-89. - М., 1990 г.
8. "Типовое положение о службах релейной защиты и электроавтоматики". - РД 153-34.0-04.418-98. - М., СПО ОРГРЭС, 1998 г.
9. "Правила организации работы с персоналом на предприятиях и в учреждениях энергетического производства", РД 34.12.102-94. - М., ОРГРЭС, 1994 г.
- 10.1. "Нормы времени на техническое обслуживание устройств релейной защиты и автоматики", - М., 1994 г.
- 10.2. "Нормы времени на техническое обслуживание устройств релейной защиты на базе ИМС", - М., 1993 г.
- 10.3. "Нормы времени на техническое обслуживание устройств автоматики на базе ИМС", - М., 1993 г.
11. "Нормы времени на испытание электрооборудования", РД 34.05.303-87. - М., Союзтехэнерго, 1989 г.
12. "Объем и нормы испытаний электрооборудования", РД 34.45-51.300-97, изд. 6 - М., ЭНАС, 1998 г.
13. "Типовая инструкция по переключениям в электроустановках", ТИ 34-70-040-85. - М., Союзтехэнерго, 1985 г.
14. "Образцы программ проведения сложных типовых операций с устройствами РЗА". - М., Союзтехэнерго, 1980 г.
15. "Нормы расхода запасных реле и запасных частей для устройств релейной защиты и автоматики в электрических сетях напряжением 35 кВ и выше", РД 34.10.395-90. - М., Союзтехэнерго, 1990 г.
16. "Временные нормы расхода запасных реле и запасных частей для устройств релейной защиты и автоматики тепловых электростанций", НР 34-70-090-85. - М., Союзтехэнерго, 1986 г.
17. "Справочник по наладке вторичных цепей электростанций и подстанций", 2-е изд. под редакцией Э.С.Мусаэяна. - М., Энергоатомиздат, 1989 г.
18. "Справочник реле защиты и автоматики" п/р Какуевецкого, М., 1977 г.

19. "Типовая инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций", РД 34.35.302-90. - М., ОРГРЭС, 1991.
20. "Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем".- М., Союзтехэнерго, 1978.
21. Инструкции и методические указания по проверкам и эксплуатации отдельных реле и защит.

Содержание

1. Введение.....	3
2. Организационные мероприятия при проведении работ в устройствах РЗА.....	6
2.1. Разработка программ работ.....	6
2.2. Оформление оперативной заявки.....	7
2.3. Подготовка к проведению работы.....	8
2.4. Порядок проведения работ.....	13
2.5. Подготовка устройств РЗА к включению в работу.....	14
2.6. Приемка устройств РЗА и вторичных цепей оперативным персоналом и включение их в работу.....	14
2.7. Требования к оформлению технической документации.....	15
3. Технические мероприятия по проверке устройств РЗА.....	17
3.1. Внешний осмотр.....	17
3.2. Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры.....	18
3.3. Проверка схемы соединения устройств РЗА.....	19
3.4. Проверка изоляции.....	21
3.5. Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА.....	28
3.6. Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления.....	33
3.7. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА.....	38
3.8. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме.....	42
3.9. Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами.....	44
3.10. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением.....	45
3.11. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением..	47
Приложение. Основная литература по технике безопасности.....	68
Литература.....	69

А.М. Александров

Основы наладки и эксплуатационных проверок устройств РЗА и вторичной коммутации.

Учебное пособие. Издание 2-е

Научный редактор кандидат технических наук, доцент М.А.Шабад

Ризограф, объем п.л. 3, тираж 500 экз.

Заказ № 15 Цена договорная

ПЭИпк, 196135, Санкт-Петербург, Авиационная ул., 23

Перепечатка запрещена