

---

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

---



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-  
33.040.20.181-2014**

---

**Типовая инструкция по организации и производству работ в  
устройствах релейной защиты и электроавтоматики подстанций**

Стандарт организации

Дата введения: 10.07.2014

ОАО «ФСК ЕЭС»  
2014

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним – ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2004.

## **Сведения о стандарте организации**

1. РАЗРАБОТАН: ОАО «Фирма ОРГРЭС».
2. ВНЕСЁН: Департаментом релейной защиты, метрологии и автоматизированных систем управления технологическими процессами, Департаментом инновационного развития.
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:  
Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 10.07.2014 № 301.
4. ВВЕДЁН: ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: [vaga-na@fsk-ees.ru](mailto:vaga-na@fsk-ees.ru).

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения  
ОАО «ФСК ЕЭС».

## СОДЕРЖАНИЕ:

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ .....	5
2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ .....	6
3. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ .....	7
4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	18
5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ В УСТРОЙСТВАХ РЗА .....	19
5.1. Разработка программ работ .....	24
5.2. Оформление заявок .....	28
5.3. Общие требования к производству работ .....	28
5.4. Подготовка к проведению работ .....	33
5.5. Подготовка устройств РЗА к вводу в работу .....	33
5.6. Приемка устройств РЗА и ввод их в работу .....	35
5.7. Требования к оформлению технической документации .....	36
6. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРОВЕРКЕ УСТРОЙСТВ РЗА .....	40
6.1. Подготовительные работы .....	40
6.2. Внешний осмотр .....	42
6.3. Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры .....	46
6.4. Проверка схемы соединения устройства РЗА .....	49
6.5. Проверка изоляции .....	51
6.6. Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА .....	59
6.7. Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационными аппаратами .....	67
6.8. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА .....	77
6.9. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме .....	84
6.10. Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами .....	86
6.11. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением .....	88
6.12. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением .....	90
6.13. Текущая эксплуатация устройств РЗА .....	126
7. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРОВЕРКЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗА .....	128
7.1. Принципиальные особенности выполнения и проверки микропроцессорных устройств РЗА (МП РЗА) .....	128
7.2. Подготовительные работы .....	131
7.3. Осмотр МП терминалов и всего оборудования шкафа .....	132
7.4. Проверка изоляции .....	133
7.5. Основные проверки и настройки МП РЗА .....	133
7.6. Приемка из наладки .....	137
7.7. Техническое обслуживание МП РЗА .....	138
7.8. Внеплановые и послеаварийные проверки .....	138
7.9. Технические осмотры .....	138
8. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ .....	139
Приложение А (рекомендуемое). Порядок производства ремонтных работ на печатных платах .....	143
Приложение Б (справочное). Рекомендации по производству измерений при техническом обслуживании устройств РЗА .....	146
Приложение В (рекомендуемое). Общие требования к испытательной аппаратуре .....	159
Приложение Г (рекомендуемое). Краткое описание наиболее распространенных	

испытательных устройств.....	163
Приложение Д (справочное). Примеры программ и записей.....	197
Пример типовой программы переключений по выводу устройства РЗА.	
Пример рабочей программы вывода в проверку устройств РЗА.	
Пример записей в рабочий журнал РЗА	
Приложение Е (рекомендуемое). Общая методика фазировки панелей диффазных защит.....	205
Приложение Ж (рекомендуемое). Итоговая комплексная проверка устройств (комплексов) РЗА. Общие положения и рекомендации.....	212
Приложение И (справочное). Перечень рекомендуемой для использования при проведении технического обслуживания устройств РЗА нормативно- технической, методической документации и литературы.....	218
Библиография.....	221

## Область применения

1.1. Настоящий стандарт организации «Типовая инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики подстанций» (далее – Инструкция) определяет порядок организации, общие методы и последовательность производства работ при техническом обслуживании устройств релейной защиты и электроавтоматики подстанций ОАО «ФСК ЕЭС».

1.2. К устройствам РЗА, на которые распространяется действие настоящей Инструкции, относятся: низковольтные комплектные устройства (панели, шкафы, блоки, ящики, пульта) и связанные с ними вспомогательные (вторичные) цепи (оперативного напряжения, сигнализации, управления коммутационными аппаратами, связи со вторичными обмотками измерительных трансформаторов тока и напряжения и т.п.), предназначенные для управления электрооборудованием подстанций и линий электропередачи, для релейной защиты и электроавтоматики (включая автоматику регулирования и противоаварийную, как локальную, так и системную), для сигнализации неисправностей этого оборудования, и для взаимодействия с автоматизированными системами управления (АСУ).

1.3. Службы РЗА МЭС, ПМЭС и подстанций являются ответственными за выполнение комплекса организационно-технических мероприятий (в объеме, определяемом для каждой службы) по оснащению, эксплуатации и поддержанию на высоком техническом уровне устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации (далее - устройств РЗА) на подстанциях, в том числе:

- а) релейной защиты;
- б) электроавтоматики (в том числе противоаварийной - ПА):
  - автоматического повторного включения (АПВ),
  - автоматического включения резерва (АВР),
  - автоматических синхронизаторов;
  - автоматического предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ),
  - автоматической ликвидации асинхронного режима (АЛАР),
  - специального автоматического отключения нагрузки (САОН),
  - автоматической частотной разгрузки (АЧР) и частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ) и др.;
  - систем автоматического регулирования режима по частоте и перетокам активной мощности (АРЧМ, АОП) энергосистем;
- в) автоматических осциллографов, регистраторов аварийных событий (РАС);
- г) устройств телепередачи отключающих, разрешающих или блокирующих команд по ВЧ каналам, кабельным линиям связи и ВОЛС (приемопередатчики ВЧ защит линий, аппаратура передачи команд по ВЧ

каналу (ВЧТО, АНКА-АВПА, АКПА, АКА Кедр и т.п.), фильтры присоединения, ВЧ кабели, элементы настройки и т.п.);

д) определения мест повреждения (ОМП) по параметрам аварийного режима на линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше (фиксирующие амперметры, вольтметры, омметры, цифровые регистраторы и т.п.);

е) вторичных цепей перечисленных выше устройств; а также цепей и аппаратуры управления выключателей, короткозамыкателей, отделителей, разъединителей, тележек выключателей и заземляющих ножей на напряжение выше 1000 В; внутриобъектовой аварийной и предупредительной сигнализации; вторичных цепей автотрансформаторов, трансформаторов, реакторов, шин и присоединений на напряжение выше 1000 В; вторичных цепей присоединений собственных нужд напряжением до 1000 В; шинок оперативного тока, рядов зажимов, контрольных кабелей, релейной аппаратуры;

ж) электрической части электромагнитной блокировки коммутационных аппаратов (выключателей, разъединителей, отделителей, заземляющих ножей, тележек выключателей), в том числе устройств питания выпрямленным напряжением цепей этой блокировки (в части эксплуатации);

з) автоматики систем охлаждения трансформаторов, автотрансформаторов и реакторов; автоматического и дистанционного регулирования напряжения трансформаторов и автотрансформаторов под нагрузкой (АРПН); электрической автоматики компрессорных установок воздушных выключателей;

и) систем питания устройств РЗА (преобразовательных блоков и шкафов питания), устройств контроля изоляции системы постоянного тока, устройств регулирования напряжения на постоянном токе.

1.4. Требования настоящей Инструкции не распространяются на работы в устройствах и вспомогательных цепях управления, автоматики и сигнализации котельных, нагревательных, вентиляционных, осветительных, бытовых установок, а также устройств пожаротушения, охранной сигнализации и в других аналогичных цепях.

1.5. Взаимоотношения между службами РЗА разных уровней управления регламентируются СТО 59012820.29.020.002-2012 «Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики, потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и организации эксплуатации» (1).

## **2 Нормативные ссылки**

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями № 1 – 4).

ГОСТ 12.2.091-12 Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования.

ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP).

ГОСТ ИЕС 60950-1-11 Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования.

ГОСТ Р 51039-97 Платы печатные. Требования к восстановлению и ремонту.

ГОСТ Р 51522.1-11 Совместимость технических средств электромагнитная. Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения.

### **3 Термины и определения, сокращения**

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 Диспетчерская заявка:** Документ, в котором оформляется ответственное намерение эксплуатирующей организации (МЭС, ПМЭС, подстанции) изменить технологический режим работы или эксплуатационное состояние объекта диспетчеризации, передаваемый на рассмотрение и принятие решения в соответствующий диспетчерский центр.

**3.2 Диспетчерский персонал:** Работники субъекта оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике (диспетчеры), уполномоченные при осуществлении оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике от имени субъекта оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике отдавать обязательные для исполнения диспетчерские команды и разрешения или осуществлять изменение технологического режима работы и эксплуатационного состояния объектов диспетчеризации, непосредственно воздействуя на них с использованием средств дистанционного управления, при управлении электроэнергетическим режимом энергосистемы.

**3.3 Диспетчерский центр (ДЦ):** Совокупность структурных единиц и подразделений организации – субъекта оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, обеспечивающая в пределах закрепленной за ней операционной зоны выполнение задач и функций оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике.

**3.4 Диспетчерское ведение:** Организация управления электроэнергетическим режимом энергосистемы, при которой

технологический режим работы или эксплуатационное состояние объектов электроэнергетики, энергопринимающих установок потребителей электрической энергии, оборудования и устройств изменяются только по согласованию с соответствующим диспетчерским центром (с разрешения диспетчера соответствующего диспетчерского центра).

**3.5 Диспетчерское управление:** Организация управления электроэнергетическим режимом энергосистемы, при которой технологический режим работы или эксплуатационное состояние объектов электроэнергетики, энергопринимающих установок потребителей электрической энергии, оборудования и устройств изменяются только по диспетчерской команде диспетчера соответствующего диспетчерского центра или путем непосредственного воздействия на технологический режим работы или эксплуатационное состояние объектов диспетчеризации с использованием средств дистанционного управления из диспетчерского центра.

**3.6 Журнал РЗА:** Журнал записей указаний по вопросам эксплуатации устройств РЗА, находящийся на рабочем месте оперативного персонала, осуществляющего круглосуточное и непрерывное оперативно-технологическое управление.

**3.7 Журнал учета работы РЗА:** Журнал учета всех случаев работы и неисправностей (отказов) устройств РЗА.

**3.8 Задание по настройке устройства РЗА:** Документ на реализацию параметров настройки (уставок), алгоритмов функционирования комплексов и устройств РЗА, включающий список изменяемых параметров (настроек) устройств РЗА с указанием их значений, и/или согласованные принципиальные (полные) схемы.

**3.9 Исполнительные схемы устройства РЗА:** Выверенные и полностью соответствующие настройке алгоритма функционирования и фактически выполненному монтажу схемы устройства РЗА, выполненные на основании принципиальных (полных) схем и схем монтажных (соединений), содержащие информацию обо всех внесенных изменениях с указанием ссылок на соответствующие документы.

**3.10 Карта уставок:** Технические данные об основных параметрах срабатывания и алгоритме функционирования устройств РЗА, находящиеся на щите управления объекта электроэнергетики, центра управления сетями, ДЦ, представленные в наглядной форме, необходимые для оценки действия устройств РЗА или допустимости режима работы оборудования или линий электропередачи (ЛЭП) по условиям настройки устройств РЗА.

**3.11 Команда на производство переключений (команда):** Указание совершить (воздержаться от совершения) конкретное действие (действия) при переключениях, выдаваемое диспетчерским персоналом диспетчерскому или оперативному персоналу или оперативным персоналом оперативному персоналу<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Команда на производство переключений, выдаваемая оперативным персоналом ЦУС или НСО, не является диспетчерской командой в соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике» и Правилами



**3.12 Комплексная программа:** Оперативный документ, определяющий порядок ввода в работу ЛЭП, оборудования и устройств РЗА при строительстве, реконструкции, модернизации объектов электроэнергетики или проведении испытаний, в котором указывается (в том числе путем ссылки на подлежащие применению программы ( типовые программы) переключений, бланки ( типовые бланки) переключений, программы производства работ) строгая последовательность операций при производстве переключений, а также действий персонала по организации и выполнению работ по монтажу и наладке оборудования, устройств РЗА, осуществляемых в процессе испытаний или ввода соответствующих ЛЭП, оборудования и устройств РЗА в работу.

**3.13 Комплекс РЗА:** Совокупность взаимодействующих между собой устройств РЗА, предназначенных для выполнения взаимосвязанных функций защиты и автоматики оборудования или ЛЭП.

**3.14 Конфигурация цифрового устройства:** Функционально-логическая схема цифрового устройства релейной защиты и электроавтоматики, отображенная на одном чертеже и включающая в себя «жесткую» логику, свободно-программируемую «гибкую» логику, изображения кнопок управления, светодиодов, осциллограф и уставки. Конфигурацией цифрового устройства РЗА также является файл, «скачанный» с цифрового устройства РЗА.

**3.15 Конфигурирование МП РЗА:** процесс создания конфигурации цифрового устройства.

**3.16 Объекты диспетчеризации:** ЛЭП, оборудование подстанции и электрических сетей, устройства РЗА, средства диспетчерского и технологического управления, оперативно-информационные комплексы, иное оборудование объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии, технологический режим работы и эксплуатационное состояние которых влияют или могут влиять на электроэнергетический режим энергосистемы в операционной зоне диспетчерского центра, а также параметры технологического режима работы оборудования в операционной зоне диспетчерского центра, включенные соответствующим диспетчерским центром в перечень таких объектов с распределением их по способу управления (ведения).

**3.17 Оперативная заявка:** Документ, в котором оформляется ответственное намерение эксплуатирующей организации (подстанции) изменить технологический режим работы или эксплуатационное состояние ЛЭП, оборудования, комплексов и устройств, не являющихся объектом диспетчеризации.

Примечание. Далее по тексту, если не требуется уточнение, термин «заявка» обозначает «диспетчерскую заявку» и «оперативную заявку».

**3.18 Оперативное обслуживание устройств РЗА:** Действия оперативного персонала объекта электроэнергетики с устройствами РЗА при

срабатывании, неисправности, переключениях по выводу из работы (вводу в работу) устройства РЗА или изменении режима работы устройств РЗА, осмотр.

**3.19 Оперативный персонал:** Работники субъектов электроэнергетики (потребителей электрической энергии), уполномоченные ими при осуществлении оперативно-технологического управления на осуществление в установленном порядке действий по изменению технологического режима работы и эксплуатационного состояния линий электропередачи, оборудования и устройств, в том числе с использованием средств дистанционного управления, на принадлежащих таким субъектам электроэнергетики (потребителям электрической энергии) на праве собственности или ином законном основании объектах электроэнергетики (энергопринимающих установок) либо в установленных законодательством случаях – на объектах электроэнергетики и энергопринимающих установках, принадлежащих третьим лицам, а также координации указанных действий.

Примечание. К оперативному персоналу относятся:

- диспетчеры ЦУС (ПЭС, ПО, РЭС), выполняющие операционные функции (далее по тексту – оперативный персонал ЦУС);

- начальник смены электростанции, начальник смены цеха электростанции, дежурный персонал структурных подразделений потребителя электрической энергии (энергодиспетчер дистанции электроснабжения железной дороги, начальник смены электроцеха (цеха сетей и подстанций) потребителя и т.п.), выполняющий операционные функции в отношении всех или части объектов электросетевого хозяйства, находящихся в эксплуатации данного потребителя (далее – начальник смены объекта или НСО)<sup>1</sup>;

- дежурный персонал электростанций, подстанций, энергопринимающих установок потребителей электрической энергии (дежурный инженер (электромонтер) подстанции, дежурный электромонтер главного щита управления электростанции и т.п.), персонал оперативно-выездных бригад (ОВБ) (далее – оперативный персонал объекта электроэнергетики).

**3.20 Операция с устройством РЗА:** Действие с переключающими устройствами в цепях устройства РЗА (ключ, переключатель, накладка, испытательный блок, рубильник, кнопка, виртуальный ключ или накладка в видеокадре АРМ и т.п.), проверочное действие, выполняемое оперативным персоналом объекта электроэнергетики или персоналом РЗА.

**3.21 Осмотр устройств РЗА:** Периодически проводимый оперативным персоналом и персоналом РЗА осмотр состояния аппаратуры и вторичных цепей с проверкой соответствия положения указательных реле, сигнальных элементов, контрольных приборов и переключающих устройств режиму работы ЛЭП и оборудования.

**3.22 Паспорт-протокол:** Документ, предназначенный для учета результатов технического обслуживания устройства РЗА во время

---

<sup>1</sup> Диспетчеры ЦУС, НСО относятся к категории дежурных работников субъектов электроэнергетики в соответствии с Правилами оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, утвержденными Правительством Российской Федерации, и не являются лицами, осуществляющими профессиональную деятельность, связанную с оперативно-диспетчерским управлением в электроэнергетике в соответствии с законодательством Российской Федерации (диспетчерским персоналом).

эксплуатации, начиная с наладки и приемочных испытаний при новом включении.

Примечание. Паспорт - протокол устройства РЗА состоит из:

- формуляра регистрации изменения уставок;
- формуляра регистрации исполнительных схем и сведений об их изменениях;
- формуляра регистрации результатов технического обслуживания;
- протокола проверки устройства РЗА при новом включении;
- протоколов проверки при последующих технических обслуживаниях.

**3.23 Параметрирование МП РЗА:** настройка параметров (уставок и характеристик) и логики действия (в том числе, ввод в действие или блокировка отдельных функций), введенных в цифровое устройство РЗА с использованием специализированных прикладных программ и встроенных в цифровой комплекс РЗА сервисных функций.

**3.24 Персонал РЗА:** Персонал, обученный и допущенный распорядительным документом эксплуатирующей организации к самостоятельной проверке соответствующих устройств и комплексов РЗА.

**3.25 Подтверждение возможности изменения технологического режима работы или эксплуатационного состояния:** Сообщение, выдаваемое оперативным персоналом, о возможности изменения технологического режима работы или эксплуатационного состояния линий электропередач, оборудования и устройств, находящихся в его технологическом ведении.

**3.26 Принципиальные (полные) схемы устройств РЗА:** Документ, определяющий полный состав элементов (функций, схем программируемой логики) и взаимосвязи между ними, дающий полное представление о принципах работы устройства РЗА, подключении к цепям тока и напряжения, взаимодействии с другими устройствами РЗА.

**3.27 Программа переключений:** Оперативный документ, в котором указывается строгая последовательность операций при переключениях в электроустановках разных уровней управления и/или разных объектов электроэнергетики (энергопринимающих установок).

**3.28 Программа по техническому обслуживанию устройства РЗА:** Документ, применяемый персоналом РЗА на объекте электроэнергетики (подстанции) при производстве работ по техническому обслуживанию устройства РЗА в случае, когда требуется проверка внешних связей проверяемого устройства (панели, шкафа): с другими устройствами РЗА, коммутационными аппаратами или когда требуется координация отдельных этапов работ (особенно охватывающих несколько объектов или связанных с большим объемом работ по сложной реконструкции устройств РЗА).

**3.29 Проектная документация по РЗА:** Комплект технических документов, разрабатываемых для строительства, технического перевооружения, реконструкции и модернизации объектов электроэнергетики и включающих в себя принципиальные технические решения по комплексам и устройствам РЗА в виде графического и текстового материала, обоснованные

техническими и экономическими расчетами, подтверждающими правильность принципиальных решений.

**3.30 Противоаварийная автоматика; ПА:** Совокупность устройств, обеспечивающая измерение и обработку параметров электроэнергетического режима энергосистемы, передачу информации и команд управления и реализацию управляющих воздействий в соответствии с заданными алгоритмами и настройкой для выявления, предотвращения развития и ликвидации нарушения нормального режима энергосистемы.

**3.31 Протокол проверки устройства РЗА:** Документ, содержащий в зависимости от назначения и вида технического обслуживания, необходимые сведения и результаты, полученные при проверке устройства РЗА, а также информацию о средствах измерения и работниках, выполнивших эту работу.

**3.32 Рабочая документация по РЗА:** Документация, которая разрабатывается в целях реализации проекта реконструкции (модернизации), отражающая принцип работы и логику функционирования комплексов и устройств РЗА и предназначенная для их монтажа, наладки, приемки, эксплуатации и технического обслуживания.

**3.33 Рабочая программа вывода из работы (ввода в работу) устройства РЗА:** Документ, применяемый на объекте электроэнергетики (подстанции) оперативным персоналом, персоналом РЗА для вывода из работы (ввода в работу) сложного устройства РЗА при подготовке к техническому обслуживанию (подготовке к вводу в работу).

**3.34 Разрешение на производство переключений:** Разрешение, выдаваемое диспетчерским персоналом диспетчерскому или оперативному персоналу на совершение операций по производству переключений на оборудовании и устройствах, находящихся в его диспетчерском ведении.

Примечание. Если не требуется уточнение, термин «разрешение» включает в себя разрешение на производство переключений, выдаваемое диспетчерским персоналом, и подтверждение возможности изменения технологического режима работы или эксплуатационного состояния, выдаваемое оперативным персоналом.

**3.35 Режимная автоматика; РА:** Совокупность устройств, обеспечивающая измерение и обработку параметров электроэнергетического режима энергосистемы, передачу информации и команд управления и реализацию управляющих воздействий в соответствии с заданными алгоритмами и настройкой для регулирования параметров режима энергосистемы (частоты электрического тока, напряжения, активной и реактивной мощности).

**3.36 Релейная защита; РЗ:** Совокупность устройств, предназначенных для автоматического выявления коротких замыканий, замыканий на землю и других ненормальных режимов работы линий электропередачи и оборудования, которые могут привести к их повреждению и/или нарушению устойчивости энергосистемы, формирования управляющих воздействий на отключение коммутационных аппаратов с целью отключения этих линий

электропередачи и оборудования от энергосистемы, формирования предупредительных сигналов.

**3.37 Релейная защита и автоматика; РЗА:** Релейная защита, сетевая автоматика, противоаварийная автоматика, режимная автоматика, регистраторы аварийных событий и процессов, технологическая автоматика объектов электроэнергетики.

**3.38 Регистраторы аварийных событий и процессов:** Устройства, регистрирующие аварийные события и процессы в энергосистеме (регистраторы аварийных событий, регистраторы системы мониторинга переходных процессов, устройства определения места повреждения).

**3.39 Сетевая автоматика:** Совокупность устройств, реализующих функции автоматического повторного включения, автоматического ввода резерва, автоматического опережающего деления сети.

**3.40 Сложные переключения с устройствами РЗА:** Переключения по изменению эксплуатационного состояния или технологического режима работы одного или нескольких устройств РЗА на одном или нескольких объектах электроэнергетики при выводе из работы (вводе в работу) устройства РЗА, требующие строгого соблюдения последовательности операций и/или координации действий оперативного персонала объектов электроэнергетики во время этих переключений.

**3.41 Сложное устройство РЗА:** Устройство РЗА со сложными внешними связями, для которого при выводе в проверку для технического обслуживания (вводе в работу после технического обслуживания) требуется принятие мер, предотвращающих воздействия на оборудование и другие устройства РЗА.

**3.42 Техническое обслуживание устройств РЗА:** Деятельность по предотвращению отказов функционирования устройств РЗА, осуществляемая при выполнении работ по настройке параметров (уставок) срабатывания (возврата), алгоритмов функционирования, периодической проверке работоспособности, выявлению причин отказов и устранению обнаруженных неисправностей устройства.

**3.43 Технологическое ведение:** Подтверждение возможности изменения технологического режима работы или эксплуатационного состояния линий электропередач, оборудования и устройств, осуществляемое оперативным персоналом.

Примечание. Если не требуется уточнение, термин «ведение» включает в себя «диспетчерское ведение» и «технологическое ведение».

**3.44 Технологическое управление:** Выполняемые оперативным персоналом координация действий по изменению технологического режима работы или эксплуатационного состояния линий электропередач, оборудования и устройств и (или) сами действия с использованием средств дистанционного управления или непосредственно на объектах электроэнергетики или энергопринимающих установках потребителей

электрической энергии, исключая случаи, когда эти действия выполняются по диспетчерской команде или координируются оперативным персоналом.

Примечание. Если не требуется уточнение, термин «управление» включает в себя «диспетчерское управление» и «технологическое управление».

**3.45 Типовая программа переключений:** Оперативный документ, в котором указывается строгая последовательность операций и команд при выполнении повторяющихся сложных переключений в электроустановках разных уровней управления и/или разных объектов электроэнергетики (энергопринимающих установок).

**3.46 Типовой бланк переключений:** Разработанный заранее административно-техническим персоналом оперативный документ, в котором указывается строгая последовательность операций при выполнении повторяющихся сложных переключений в электроустановках для определенных схем электрических соединений и состояний устройств РЗА.

**3.47 Устройство РЗА:** Техническое устройство (аппарат, терминал, блок, шкаф, панель) и его цепи, реализующее заданные функции РЗА и обслуживаемое (оперативно и технически) как единое целое.

**3.48 Центр управления сетями; ЦУС:** Структурное подразделение сетевой организации, осуществляющее функции технологического управления и ведения в отношении объектов (части объектов) электросетевого хозяйства, находящихся в зоне эксплуатационной ответственности данной сетевой организации, или в установленных законодательством случаях – в отношении объектов электросетевого хозяйства и энергопринимающих установок, принадлежащих третьим лицам.

**3.49 Эксплуатация РЗА:** Комплекс технических и организационных мероприятий по поддержанию РЗА в режиме постоянной готовности к использованию по назначению, включающий:

- оперативное обслуживание устройств РЗА;
- техническое обслуживание устройств РЗА;
- анализ функционирования комплексов и устройств РЗА, разработка мероприятий по повышению надежности их работы;
- расчет и выбор параметров срабатывания (возврата), алгоритмов функционирования комплексов и устройств РЗА.

**3.50 Эксплуатационное состояние устройства РЗА:** Состояние устройства РЗА: введено в работу, оперативно выведено (не для производства работ), выведено для технического обслуживания.

Примечание. Устройство РЗА считается:

- введенным в работу, если все входные и выходные цепи, в том числе контакты выходных реле этого устройства, с помощью переключающих устройств подключены к цепям управления включающих или отключающих электромагнитов управления коммутационных аппаратов и/или взаимодействия с другими устройствами РЗА;
- оперативно выведенным, если все выходные цепи отключены переключающими устройствами;
- выведенным для технического обслуживания, если все входные и выходные цепи, необходимые по условиям производства работ, отключены с помощью переключающих устройств или отсоединены на клеммах.

**3.51 Заказчик:** Организация-собственник, организующая эксплуатацию устройств РЗА на объектах электросетевого хозяйства ОАО «ФСК ЕЭС» (филиалы ОАО «ФСК ЕЭС» - МЭС).

**3.52 Заказчик-застройщик:** Организация, осуществляющая по поручению Заказчика функции генерального заказчика по проектированию и строительству объектов электросетевого хозяйства ОАО «ФСК ЕЭС» (ОАО «ЦИУС ЕЭС» или другая организация).

**3.53 Подрядчик (генеральный подрядчик):** Организация, выполняющая проектные работы, поставку оборудования, монтажные работы, пусконаладочные работы устройств РЗА, ПА, АСУ ТП, ТМ на вновь вводимых и реконструируемых объектах электросетевого хозяйства ОАО «ФСК ЕЭС».

**3.54 Подстанции нового поколения:** Подстанции, оснащенные современными устройствами РЗА, ПА, АСУ ТП, ТМ на микропроцессорной (цифровой) технике и современным электрооборудованием в соответствии с «Положением о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС».

**3.55 АСУ (или АСУ ТП):** Автоматизированная система управления подстанции (АСУ технологическим процессом, в данном случае - процессом распределения электроэнергии).

**3.56 Вольт-амперфазометр (кратко – ВАФ):** Прибор для измерения напряжений, токов без разрыва цепи, а также углов сдвига между векторами напряжений и токов.

**3.57 ИМС:** Интегральная микросхема, цифровая или аналоговая.

**3.58 Зажимы и ряды зажимов, измерительные зажимы:** Устройства для перехода от кабельных связей к проводам панели (клеммы) в отличие от выводов реле и аппаратов, измерительные зажимы позволяют без отсоединения проводов размыкать цепи тока, напряжения, отключения и т.п.

**3.59 Оперативное напряжение:** Постоянное, выпрямленное или переменное напряжение, предназначенное для питания логических цепей устройства РЗА, приводов коммутационных аппаратов и т.п.

**3.60 Отключающее устройство:** Накладка, ключ, испытательный блок, автоматический выключатель, – элементы аппаратуры, специально предназначенные для вывода устройства РЗА из работы без нарушения цепей вторичной коммутации, в отличие от вывода устройства РЗА, например, на рядах зажимов панели. Как правило, предназначено для использования оперативным персоналом.

**3.61 Переключающее устройство:** Также накладка, ключ и т.п., предназначенное для изменения схемы подключения устройства РЗА, например, переключатель цепей напряжения, испытательный блок перевода цепей защиты на обходной выключатель. Как правило, предназначено для использования оперативным персоналом.

**3.62 Рабочий журнал:** Журнал производителя работ, в котором заносятся все предварительные данные по проверке устройства РЗА. Ведение

журнала является обязательным для квалифицированного и безошибочного выполнения технического обслуживания.

**3.63 Цепи напряжения:** Цепи вторичной коммутации, подключающие устройство РЗА к измерительным трансформаторам напряжения.

**3.64 Цепи тока или токовые цепи:** Цепи вторичной коммутации, подключающие устройство РЗА к измерительным трансформаторам тока.

**3.65 Штекер испытательного блока (иначе - контрольный штепсель):** Устройство, вставляемое вместо крышки испытательного блока, для подачи испытательных величин (тока, напряжения и т.п.) в панель помимо ряда зажимов. На лицевой стороне штекера имеются 8 или 12 клемм (в зависимости от типа испытательного блока, например, - БИ-4 или БИ-6), к которым подключаются провода от испытательной установки или требуемые перемычки.

**3.66 Электромагнитная совместимость; ЭМС:** уровень существующих помех в месте установки устройства РЗА (электромагнитная обстановка) с запасом ниже уровня помех, от которого отстроено устанавливаемое устройство.

**3.67 ИКП:** Итоговая комплексная проверка устройств (комплексов) РЗА.

**Принятые сокращения:**

МЭС	-	филиал ОАО «ФСК ЕЭС» - Магистральные электрические сети
ОАО «ФСК ЕЭС»	-	Открытое акционерное общество «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы»
ОАО «СО ЕЭС»	-	Открытое акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы»
ПМЭС	-	предприятие Магистральных электрических сетей
РЗА	-	релейная защита и автоматика
АВР	-	автоматический ввод резерва
АРМ	-	автоматизированное рабочее место
АПВ	-	автоматическое повторное включение
АСУ ТП	-	автоматизированная система управления технологическим процессом
АТ	-	автотрансформатор
БАПВ	-	быстродействующее автоматическое повторное включение
БНН	-	блокировка при неисправностях в цепях напряжения
ВЛ	-	воздушная линия
ВН	-	высокое напряжение
ВЧ	-	высокочастотный
ГЩУ	-	главный щит управления
ДЗ	-	дистанционная защита
ДЗЛ	-	дифференциальная защита линии с торможением



ДЗТ	- дифференциальная защита с торможением
ДЗО	- дифференциальная защита ошиновки
ДФЗ	- дифференциально-фазная защита
ЗНР	- защита от неполнофазного режима
ИО	- измерительный орган
КЗ	- короткое замыкание
КИН	- контроль исправности цепей напряжения
КИВ	- контроль изоляции ввода
МП	- микропроцессор
МТЗ	- максимальная токовая защита
МФО	- междугазная отсечка
НН	- низшее напряжение
ОКН	- орган контроля напряжения
ОКС	- органа контроля синхронизма
ОНМ	- орган направления мощности
ОМП	- определение места повреждения
ПА	- противоаварийная автоматика
ПТЭ	- правила технической эксплуатации
ПУЭ	- правила устройства электроустановок
РАС	- регистратор аварийных событий
РМОП	- реле мощности обратной последовательности
РНТ	- дифференциальное реле с насыщением
РПН	- регулирование напряжения под нагрузкой
РУСН	- распределительное устройство собственных нужд
СВ	- секционный выключатель
СН	- собственные нужды
ССПТИ	- система сбора и передачи технологической информации
СШ	- система шин
ТНЗНП	- токовая направленная защита нулевой последовательности
ТНЗФ	- токовая защита не отключенных фаз
ТАПВ	- трехфазное автоматическое повторное включение
ТО	- техническое обслуживание
ТТ	- трансформатор тока
УРОВ	- устройство резервирования отказа выключателя
ФНОП	- фильтр напряжения обратной последовательности
ФТОП	- фильтра тока обратной последовательности
ЦАУ	- цепи автоматического ускорения
ШСВ	- шиносоединительный выключатель
ЩПТ	- щит постоянного тока
МЭК 61850 (IEC 61850)	- стандарт передачи данных в цифровом виде на подстанции
GOOSE	- Generic Object Oriented Substation Event –

общеподстанционное сообщение, служащее для передачи дискретных сигналов между МП терминалами (часть стандарта МЭК 61850)

## **4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

4.1. Настоящая инструкция обязательна для работников, занимающихся наладкой и эксплуатацией устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) на объектах ОАО «ФСК ЕЭС», в том числе для персонала:

- предприятий магистральных электрических сетей (МЭС, ПМЭС);
- подстанций.

Инструкция рекомендуется для электростанций и предприятий - потребителей электрической энергии других собственников (для устройств и комплексов РЗА, находящихся на противоположных концах ВЛ) с целью обеспечения единой системы выполнения ТО.

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

4.2. Порядок работ по оперативному обслуживанию устройств РЗА регламентирован СО 34.35.502 «Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем» (7) и поэтому в настоящей Инструкции отражен не полностью.

4.3. При производстве работ наряду с настоящей Инструкцией необходимо пользоваться заводской документацией, местными и отраслевыми инструкциями, методическими указаниями по обслуживанию отдельных видов устройств и аппаратуры. Перечень рекомендуемой для использования при техническом обслуживании устройств РЗА нормативно-технической, методической документации и литературы приведен в Приложении И к настоящей Инструкции.

4.4. При отсутствии нормативно-технических документов по техническому обслуживанию отдельных видов устройств РЗА работа в этих устройствах производится по программам и местным инструкциям, подготовленным с учетом указаний материалов заводов и фирм-изготовителей, положений настоящей Инструкции и утвержденным техническим руководителем эксплуатирующей организации.

4.5. Наряду с методами проверок, указанными в настоящей Инструкции, могут применяться и другие методы, не снижающие надежность работы устройств РЗА.

4.6. Виды, объемы и периодичность работ по ТО устройств РЗА определяются СТО 56974007-33.040.20.141-2012 (8).

Стандарт (Правила технического обслуживания устройств РЗА) определяет следующие виды технического обслуживания устройств РЗА:

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

4.7. При подготовке настоящей Инструкции были использованы материалы «Инструкции по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций» (СО 34.35.302), предложения персонала МЭС и ПМЭС, предложения и материалы организаций-разработчиков и заводов-изготовителей устройств РЗА. В инструкцию включены материалы, касающиеся особенностей технических и организационных мероприятий по проверке и испытаниям микропроцессорных устройств РЗА (Раздел 7). Вместе с тем, общие указания и положения всех других разделов инструкции могут в соответствующей части относиться и к МП РЗА.

4.8. С выходом настоящей Инструкции утрачивают силу для организаций ОАО «ФСК ЕЭС»:

- Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций (СО 34.35.302;
- СТО 56947007-29.240.30.004-2008 Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций.

## **5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ В УСТРОЙСТВАХ РЗА**

### **5.1. Разработка программ работ**

5.1.1. Работы в действующих электроустановках (на подстанциях) по техническому обслуживанию устройства РЗА должны выполняться только при наличии у обслуживающего персонала рабочей программы вывода из работы (ввода в работу) устройства РЗА (для сложных устройств РЗА), исполнительных схем устройства РЗА, протокола проверки устройства РЗА и параметров настройки (уставок) устройства РЗА.

В том случае, когда требуется проверка внешних связей проверяемого устройства (панели, шкафа): с другими устройствами РЗА, коммутационными аппаратами или когда требуется координация отдельных этапов работ (особенно охватывающих несколько объектов или связанных с большим объемом работ по сложной реконструкции устройств РЗА) – должна составляться программа технического обслуживания устройств РЗА.

5.1.2. При организации и проведении работ по ТО в устройствах РЗА разрабатываются и применяются следующие виды программ;

- программы переключений (бланки переключений) по выводу (вводу) устройства РЗА;
- типовые программы переключений по выводу (вводу) устройства РЗА;
- рабочие программы вывода в проверку (ввода в работу) устройства РЗА.

Подготовка программ переключений и бланков переключений, типовых программ переключений выполняется в соответствии с указаниями «Требований к разработке и содержанию программ и бланков переключений по выводу из работы и вводу в работу устройств релейной защиты и автоматики» (5).

5.1.3. Программы переключений (бланки переключений) по выводу (вводу) устройств РЗА на проведение технического обслуживания устройств РЗА.

Основное назначение программ - определение последовательности коммутационных операций и операций с переключающими устройствами РЗА при выводе из работы и вводе в работу устройств РЗА, проводимых оперативным персоналом, координация действий оперативного персонала и персонала РЗА при выводе из работы и вводе в работу устройств РЗА.

Программа должна составляться ответственным лицом СРЗА, согласовываться ответственным лицом ОДС - назначенных приказом и утверждаться техническим руководителем (главным инженером, заместителем главного инженера или другим ответственным лицом, назначаемого приказом) организации, осуществляющей эксплуатацию устройств РЗА подстанций.

Программа переключений для последующего проведения технического обслуживания служит основанием для составления бланка переключения оперативным персоналом.

Программы переключений могут быть, как разовыми под конкретный вид работы, так и типовыми.

Типовые программы переключений должны храниться на щите управления и пересматриваться по мере необходимости, их перечень должен входить в состав Перечня документации на рабочем месте диспетчера ПС.

Разовые программы должны храниться в течение месяца в отдельной папке на рабочем месте диспетчера ПС.

5.1.4. Рабочие программы вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА.

Основное назначение рабочих программ - определение порядка работы персонала РЗА по последовательности, способу и местам отсоединения выходных цепей, цепей тока и напряжения при выводе устройства РЗА для технического обслуживания.

Рабочие программы могут быть типовыми или разовыми.

Типовые программы должны составляться и утверждаться работником из числа персонала РЗА, ответственным за эксплуатацию устройств РЗА на данной подстанции. Типовые программы должны храниться у персонала службы РЗА и пересматриваться по мере необходимости.

При использовании для вывода (ввода) устройства РЗА типовой программы, она должна быть проверена (до начала работ) непосредственно производителем работ для исключения ошибочных действий из-за возможных изменений в принципиальной схеме устройства РЗА или его режима работы; датирована датой начала работ по заявке; подписана производителем работ.

Разовые рабочие программы могут составляться на отдельные виды технического обслуживания или ремонта устройств РЗА, не требующие полного вывода устройства (например, незначительное изменение уставок или логики устройств без работы в цепях тока и напряжения). Разовые рабочие программы должны составляться и утверждаться непосредственно производителем работ, срок действия этих программ – до окончания выполнения данной работы.

После выполнения работы по техническому обслуживанию устройств РЗА и вводе устройства в работу, рабочие программы (с отметками производителя работ о выполнении всех пунктов программы по вводу устройства в работу) должны храниться у оперативного персонала ПС до следующего технического обслуживания.

5.1.5. Перечень сложных устройств РЗА, на которые должны быть составлены рабочие программы, утверждается техническим руководителем энергопредприятия (15, п. 5.9.10). Остальные устройства РЗА на объекте, не вошедшие в данный перечень, следует считать простыми и не требующими составления для них рабочих программ. При выводе (вводе) таких устройств РЗА производитель работ должен делать записи в свой рабочий журнал, указывая маркировки цепей и номера клемм на выводимом устройстве (пример записей – в Приложении Д).

5.1.6. Без наличия рабочей программы вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА персонал к работам на устройствах РЗА не допускается.

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

5.1.8. В программах производства работ должны быть указаны объемы и порядок производства тех этапов работ, проведение которых связано с возможным нарушением режимов работы энергооборудования и

технологических систем электрических сетей, энергосистем, либо при их проведении возможно ложное действие или отказ какого-либо устройства РЗА при ошибочных действиях персонала, осуществляющего техническое обслуживание устройств РЗА.

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

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

5.1.9. По устройствам РЗА, отнесенным к объектам диспетчеризации ОАО «СО ЕЭС» оперативные переключения в устройствах РЗА по выводу/вводу РЗА в работу осуществляются по типовым программам, разрабатываемым ОАО «СО ЕЭС», в которых также расписано взаимодействие диспетчерского персонала ОАО «СО ЕЭС» и оперативного персонала энергообъекта и которые должны быть учтены при разработке местных программ.

Программы переключений по оперативному выводу (вводу) устройств РЗА для выполнения ТО должны содержать:

5.1.9.1. Объект, наименование, цель, объем и последовательность работы (расширение объема по сравнению с объемом, указанным в программе, не допускается).

5.1.9.2. Исходное состояние прилегающей сети, оборудования и устройств РЗА, если это требуется по условиям производства работ.

5.1.9.3. Указания о состоянии схемы первичных соединений и режимах работы электрооборудования к моменту окончания работ с устройствами РЗА. Указания о выполнении схемы первичных соединений и режимах работы электрооборудования, которые требуются по завершении работы (при необходимости).

5.1.9.4. Перечень мер, предотвращающих непредусмотренные воздействия на оборудование (как работающее, так и выведенное в ремонт) и на цепи других устройств РЗА. Если программа не составляется, то содержание этого пункта должно быть изложено в заявке (п. 5.2.14). В программе указываются:

а) устройства РЗА, которые должны быть выведены для обеспечения проведения работы, исключаяющей излишнее действие на работающее оборудование;

б) устройства РЗА, которые остаются в работе для защиты от повреждений или нарушений режима электрооборудования или линий электропередачи;

в) устройства РЗА, которые включаются только на время проведения работы или замены отключаемых устройств (например, подменные устройства при проверке вновь включаемых защит рабочим током), и их уставки;

г) устройства РЗА, которые должны отключаться только на время подготовки вспомогательных цепей (тока, напряжения, оперативных), необходимых для проведения работы, а затем обратно включаться в работу, продолжительность их отключения и способ проверки восстановления цепей, если такая проверка требуется;

д) устройства РЗА, режим работы которых необходимо изменять (ввод оперативного ускорения, вывод направленности защит, изменение уставок и т.п.);

е) порядок операций с устройствами РЗА при выводе их из работы и порядок ввода устройств РЗА после окончания работы.

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

а) переключения неоперативными переключающими устройствами;

б) отсоединение и изолирование проводов в цепях, не имеющих переключающих устройств (например, вспомогательных цепях трансформаторов напряжения), подсоединение отключенных проводников, снятие перемычек;

в) закрытие (при необходимости, по требованиям ПТБ) изоляционным материалом действующих цепей, находящихся непосредственно в зоне работы, проходящих через место работы, последующее удаление этого материала;

г) закорачивание и отсоединение цепей тока и т.п., последующее их восстановление;

д) проверка работоспособности устройств РЗА, цепи которых нарушались при работе (измерение токов и напряжений, опробование действий устройств РЗА на реле, вольтметры и т.п.).

5.1.10. Программа на проведение технического обслуживания устройств РЗА должна составляться ответственным исполнителем и утверждаться:

а) Техническим руководителем эксплуатирующей организации или начальником СРЗА эксплуатирующей организации (по решению технического руководителя) – если ТО проводится силами персонала РЗА эксплуатирующей организации.

б) Техническим руководителем эксплуатирующей организации – если ТО проводится силами стороннего персонала РЗА.

5.1.11. Рабочие программы вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА с указанием последовательности, способа и места отсоединения их цепей от остающихся в работе устройств РЗА, цепей управления оборудованием, цепей тока и напряжения, должны находиться в

службе РЗА МЭС, ПМЭС (энергопредприятия). Перечень устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы, утверждается техническим руководителем энергопредприятия. Пример рабочей программы приведен в Приложении Д2.

5.1.12. Для облегчения составления рабочих программ при проведении технического обслуживания устройств РЗА службами РЗА могут составляться типовые рабочие программы вывода в проверку и ввода в работу. При разработке рабочих программ или их составных частей могут быть использованы: «Правила» (11, 12), инструкции и методические указания по техническому обслуживанию устройств РЗА (Приложение И), «Образцы программ проведения сложных типовых операций с устройствами РЗА» (21), «Требования» (5).

## **5.2. Оформление заявок**

5.2.1. Оформление заявок на вывод из работы (ввод в работу) для проведения ТО устройств РЗА выполняется в соответствии с «Положением о порядке оформления, подачи, рассмотрения и согласования диспетчерских заявок на изменение технологического режима работы или эксплуатационного состояния объектов диспетчеризации ОАО «СО ЕЭС» (4) и «Положения о порядке подачи и проработки диспетчерских заявок на вывод в ремонт ЛЭП, оборудования и устройств для производства ремонтных работ и реконструкции на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» (3).

5.2.2. На все работы по техническому обслуживанию и испытаниям устройств РЗА действующих электроустановок, входящих в объекты диспетчеризации, оформляются диспетчерские заявки.

5.2.3. При работах по организации ТО устройств РЗА на подстанциях не входящих в объекты диспетчеризации оформляются оперативные заявки (местные заявки) в ЦУС.

5.2.4. Монтажно-наладочные работы на новых устройствах РЗА не подключенных к действующим устройствам РЗА, расположенных в непосредственной близости к действующим устройствам, должны выполняться по местным заявкам. При этом, должны быть приняты меры исключающие воздействие на действующие устройства РЗА (в том числе установлено ограждение и вывешены предупреждающие плакаты).

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

Ввод в действие новых устройств РЗА при необходимости их подключения к действующим цепям должен оформляться заявкой, в которой должны быть предусмотрены необходимые операции с другими устройствами РЗА, находящимися в действии, и содержаться указания, необходимые для ввода нового устройства РЗА (должна быть указана разовая программа, утвержденная и согласованная соответствующим образом).



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

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

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 комплексную программу по включению нового оборудования. При этом срок производства работ определяется сроком действия общей заявки на производство работ по данной программе. После включения оборудования под нагрузку и истечения срока действия заявки на работу по программе дальнейшее производство работ по вводу новых устройств РЗА должно оформляться отдельными заявками.

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

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

5.2.7. Заявки делятся на следующие виды:

а) плановые - оформляются, если отключение оборудования, ЛЭП или устройств предусмотрено утвержденным месячным графиком ремонта ВЛ и оборудования ПС.

б) неотложные диспетчерские заявки - оформляются в случаях:

- наступления обстоятельств, вызванных необходимостью выполнения работ для предотвращения повреждения оборудования и аварийных отключений;

- иных, возникших в процессе эксплуатации объектов причин, которые невозможно было предвидеть заранее и которые требуют безотлагательного изменения эксплуатационного состояния работы объекта.

в) аварийные диспетчерские заявки - оформляются в случаях автоматического отключения объекта действием устройств РЗА, технологических защит или вследствие отключения оборудования оперативным персоналом при возникновении неисправности, а также

вследствие отключения устройств РЗА оперативным персоналом в случае их неисправности или ложных (излишних) срабатываний.

5.2.8. Заявки подаются в порядке и сроки, определяемые действующими Положениями о порядке подачи, прохождения и проработки заявок на производство работ, разрабатываемых ОАО «СО ЕЭС», соответствующими территориальными ОДУ, региональными ДУ, электрическими сетями в диспетчерскую службу, в оперативном управлении которой находится соответствующее устройство РЗА.

5.2.9. На работы в устройствах РЗА, которые находятся в оперативном ведении и управлении только дежурного подстанции, диспетчера электрической сети, оформляется местная (оперативная) заявка. Порядок оформления и подачи местной заявки определяется руководством электрических сетей.

5.2.10. В отдельных, не терпящих отлагательства, случаях 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. Разрешение на более длительный срок должно быть дано главным диспетчером (начальником диспетчерской службы) энергопредприятия, РДУ, ОДУ, ОАО «СО ЕЭС».

Аварийная диспетчерская заявка оформляется в возможно короткий срок, но не более 24 часов с момента отключения объекта, и должна содержать причины отключения и ориентировочный срок окончания ремонта.

5.2.11. Диспетчерская заявка на продление установленного срока ремонта должна подаваться не менее чем за 48 часов до истечения согласованного ранее срока окончания ремонта с указанием причины продления и нового срока окончания ремонта. Срок начала работ по заявке на продление должен соответствовать сроку окончания работ по продлеваемой заявке.

Диспетчерская заявка на продление установленного срока ремонта должна оформляться как:

- плановая, если заявка подана в сроки, установленные регламентом подачи и проработки заявок, и срок окончания ремонта не превышает запланированный в утвержденном месячном Графике ремонта ВЛ и оборудования ПС;
- неплановая, если заявка подана в сроки, установленные регламентом подачи и проработки заявок, но срок ее окончания превышает запланированный в утвержденном месячном Графике ремонта ВЛ и оборудования ПС;
- неотложная, если заявка подана в сроки, менее установленных регламентом подачи и проработки заявок, и срок ее окончания превышает

запланированный в утвержденном месячном Графике ремонта ВЛ и оборудования ПС;

- аварийная, если продление ремонта по инициативе эксплуатирующей организации связано с невозможностью включения оборудования в установленные сроки и из-за неисправности. Все последующие заявки на продление этого ремонта относятся к категории «аварийные».

5.2.12. Заявка на работы в устройствах РЗА и во вспомогательных цепях подготавливается персоналом СРЗА.

5.2.13. Заявка должна быть тщательно подготовлена, при ее составлении должны быть предусмотрены следующие меры:

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

б) Предотвращение возможности ошибочного отключения работающего оборудования и линий электропередачи при проведении работы.

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

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

д) Обеспечение одновременной (совместной) работы персонала на устройствах РЗА на противоположных концах ЛЭП смежных подстанций.

5.2.14. 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. 5.1.9.4.

б) время аварийной готовности ввода устройств РЗА в работу, включающее в себя: восстановление цепей УРЗА, оформление сдачи допуска с соответствующими записями в журнале РЗА, расчетное время ввода устройств РЗА в работу.

в) все другие условия проведения работы по заявке в соответствии с п. 5.2.13.

5.2.15. 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.

5.2.16. При ошибочном отключении присоединения (присоединений) в связи с проводимыми работами по заявке, персонал, допущенный к выполнению работ, должен быть удален с места работ до выяснения причин отключения.

### **5.3. Общие требования при производстве работ**

5.3.1. Порядок и общая методика проведения работ по техническому обслуживанию (ТО) устройств РЗА приведены в разделе 6.

5.3.2. Производитель работ в устройствах РЗА действующих электроустановок должен назначаться из числа персонала СРЗА, эксплуатирующей организации, обученного и допущенного к самостоятельным проверкам соответствующих устройств. Персонал специализированных организаций, проводящих работы по ТО устройств РЗА в действующих электроустановках эксплуатирующей организации может быть допущен в качестве членов бригады.

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

Во всех случаях, когда работы на устройствах РЗА производятся персоналом, не допущенным к их самостоятельной проверке, ответственность за выполняемую этим персоналом работу несет технический руководитель, разрешивший ее проведение.

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

5.3.4. Включения и отключения первичных коммутационных аппаратов, требующиеся по условиям производства работы и выполняемые персоналом, производящим эти работы, должны проводиться в соответствии с ПТБ (13).

### **5.4. Подготовка к проведению работы**

5.4.1. К любым работам по разрешенной заявке и оформленным в соответствии с правилами техники безопасности нарядами или распоряжениями можно приступать только по разрешению диспетчера или дежурного подстанции, в управлении которых находится данное устройство РЗА, полученному непосредственно перед началом работ. Перед выдачей

такого разрешения диспетчер и перед обращением за его получением дежурный подстанции должны проверить, не возникли ли какие-либо причины, препятствующие проведению работ в сроки и в условиях, указанных в разрешенной заявке.

5.4.2. До начала допуска для работы по ТО устройств РЗА персонал, допускаемый к работе по заявке, обязан:

а) подготовить необходимую для проведения работы документацию на устройство РЗА (паспорта-протоколы, принципиальные и монтажные схемы, рабочую программу вывода в проверку (ввода в работу) сложного устройства РЗА (п. 5.1.4), техническое описание и инструкции по эксплуатации, методические указания или инструкции по техническому обслуживанию, рабочие журналы и, в случае необходимости, письма, циркуляры, указания по изменению уставок, пояснительные записки по параметрированию и т.п.);

б) при проверке устройств РЗА не входящих в перечень устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы по п. 5.1.4, записать в рабочем журнале маркировку цепей, которые должны быть отключены при выводе устройств РЗА из работы, с указанием номеров клемм на рядах зажимов, 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 (Приложение Д);

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

г) подготовить необходимый инструмент и приспособления для удобного и безопасного проведения работ, в частности, стремянки для обслуживания верхней части панелей;

д) обеспечить достаточную по нормативам освещенность рабочего места.

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

Вывод устройств РЗА (оперативный и для технического обслуживания), находящихся в диспетчерском управлении ОАО «СО ЕЭС», осуществляется при участии диспетчера ОАО «СО ЕЭС».

5.4.4. После получения разрешения диспетчера на подготовку рабочего места и на допуск к работе по заявке оперативный персонал должен выполнить следующее:

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

б) Для проведения работы отключить (вывести из работы) отключающими устройствами, которыми имеет право оперировать оперативный персонал (накладками, ключами, предохранителями, испытательными блоками и т.п.) устройства РЗА, указанные в заявке. Перед работами на устройствах РЗА, состоящих из нескольких полуккомплектов, расположенных на разных объектах, эти устройства должны быть выведены на всех объектах.

в) Закрыть изолирующими шторками или оградить панели (или их отдельные части) устройств РЗА, находящиеся рядом с теми, на которых будут проводиться работы по заявке. Панели должны закрываться как с лицевой, так и с задней сторон. Там, где отсутствует техническая возможность выполнить закрытие части остающихся в работе устройств РЗА шторками или ограждениями, допускается это требование не выполнять, но предупредить производителя работы о необходимости работать с особой тщательностью и повышенной осторожностью. Для ограждения остающихся в работе устройств РЗА следует, по возможности, привлекать производителя работ по заявке, поскольку это повышает надежность данного мероприятия.

г) Выполнить все мероприятия в соответствии с требованиями ПТБ (13).

д) Провести целевой инструктаж бригады, которая будет производить работы, в том числе производителя работы по заявке, обязательно указав, какое время отведено при разрешении заявки на выполнение работы, время аварийной готовности ввода устройства РЗА в работу и какие дополнительные условия и ограничения должны выполняться при этом.

е) Произвести допуск к работе бригады в соответствии с нарядом или распоряжением на проведение работы по заявке.

5.4.5. Во время допуска ответственный руководитель (если он назначен) и производитель работ должны выяснить у допускающего, какие меры приняты при подготовке рабочих мест, и проверить эту подготовку личным осмотром в пределах рабочих мест. Они должны убедиться в следующем:

а) Первичная схема соединений соответствует условиям производства работ по положению коммутационной аппаратуры. При допуске к работе в открытых и закрытых распределительных устройствах коммутационная аппаратура должна быть осмотрена на месте. При проведении работы в релейных залах и на щитах управления проверка первичной схемы соединений производится по положению сигнальных устройств, свечению сигнальных ламп, показаниям измерительных приборов, отображениям на мониторе автоматизированного рабочего места дежурного персонала (при наличии АСУ ТП).

б) Правильны 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 ответственности оперативного персонала за правильность положения отключающих устройств, которыми ему разрешено выполнять операции.

в) Выполнены все остальные требования разрешенной заявки на проведение данной работы.

г) Достаточны ограждения места работы, соседних панелей, рядов зажимов и остающейся в работе аппаратуры, выполненные согласно п. 5.4.4, в.

В случае совмещения производителем работ обязанностей допускающего (п. 8.5 ПТБ (13)) выполнение п. 5.4.5 возлагается на производителя работ.

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

Подготовка рабочего места персоналом СРЗА заключается в надежном отсоединении устройств РЗА, на которых должны производиться работы по заявке. Отсоединение необходимо производить либо мостиками измерительных зажимов, либо отключением и изолированием проводников на рядах зажимов шкафа/панели с соблюдением мер предосторожности, исключающих возможность ошибочного отключения или включения выключателей, нарушения исправности цепей напряжения, тока, оперативных и пр. Таковыми мерами являются следующие:

а) Выполненное оперативным персоналом при подготовке рабочего места предварительное отключение устройств РЗА по п. 5.4.4, б. При необходимости производителем работ выполняются дополнительные отключения устройствами, не находящимися в управлении оперативного персонала (крышками испытательных блоков, ключами, предохранителями и т.п.).

б) Применение специального изолирующего инструмента.

в) Тщательный контроль вторым лицом, входящим в состав бригады, за правильностью отсоединения цепей по рабочим программам (п. 5.1.4) или предварительно составленным таблицам для устройств, по которым рабочие программы не требуются.

5.4.7. При выводе из работы устройств РЗА для выполнения на них работ по ТО рекомендуется следующая очередность отсоединения цепей (этот же порядок должен быть отражен и в предварительно составленной рабочей программе или таблице – см. Приложение Д2 ):

а) Размыкаются путем отсоединения выходные цепи, через которые может произойти непосредственное отключение и включение выключателей, отделителей, короткозамыкателей, другие непредусмотренные воздействия, изменяющие режимы работы энергетического оборудования, а также те цепи, через которые указанные воздействия могут произойти косвенно (цепи УРОВ, АПВ, устройства телеотключения, противоаварийной автоматики, пожаротушения и т.п.). Указанные цепи должны быть отсоединены либо

мостиками измерительных зажимов, либо отключением проводников при отсутствии или ненадежности измерительных зажимов, в последнем случае отсоединяемые проводники должны быть надежно изолированы.

б) Отключаются цепи оперативного напряжения автоматическими выключателями или предохранителями. Отключаются (размыкаются путем отсоединения) и изолируются цепи оперативного напряжения.

в) Отсоединяются цепи тока отключаемого устройства без размыкания цепей устройств, остающихся в работе. На время переключений в указанных цепях, если подключенные к ним другие устройства РЗА, остающиеся в работе, могут сработать ложно от несимметрии, и это оговорено в программе (заявке), они должны быть временно выведены оперативным персоналом. Перед их обратным вводом в работу персоналу СРЗА под наблюдением оперативного персонала следует проверить исправность цепей тока, остающихся в работе устройств РЗА.

Устройства РЗА, которые соединены по цепям тока с отключаемым устройством РЗА для производства работ внутри панели и не могут быть отсоединены от него с помощью испытательных блоков или на рядах зажимов, должны быть выведены отключающими устройствами на все время работы. Действующие цепи этих устройств (отключения, включения, напряжения, оперативного тока и пр.) должны быть, по возможности, закрыты изолирующими шторками.

г) Отключаются (размыкаются путем отсоединения) и изолируются цепи напряжения. Оперативный персонал должен быть предупрежден о производимых отключениях цепей напряжения для принятия мер в случае возможного короткого замыкания в этих цепях и необходимости быстрого включения автоматических выключателей или замены предохранителей. На устройствах РЗА без надежного отключения на мостиках измерительных зажимов, а при их ненадежности или отсутствии – без отсоединения и изолирования действующих цепей напряжения производить работы запрещается, за исключением проверок рабочим током и напряжением и измерений напряжения.

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

5.4.8. В рабочей программе вывода в проверку устройств РЗА, а при ее отсутствии (для простых видов работ) в рабочем журнале должны делаться отметки обо всех произведенных отсоединениях цепей.

5.4.9. При невозможности выполнения мероприятий, указанных в п. 2.4.7, работа на устройствах РЗА должна производиться либо при отключенных аппаратах, на которые может подействовать устройство РЗА, либо по заявке, в которой предусматриваются возможность ошибочного



отключения (включения) выключателей и мероприятия для их быстрого обратного включения.

5.4.10. После вывода устройств РЗА по рабочей программе вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА во время проведения ТО производителю работ разрешается и согласовывается временное включение автоматов (предохранителей) питания оперативных цепей, включение накладок, ключей, подключение цепей сигнализации для проверки взаимодействия элементов схемы. После завершения работ по проверке взаимодействия элементов схемы и комплексных проверок устройств РЗА положение коммутационных устройств должно соответствовать исходному состоянию.

## **5.5. Подготовка устройств РЗА к вводу в работу**

5.5.1. После окончания проверки устройства РЗА от посторонних источников тока производится их проверка (током нагрузки и рабочим напряжением) методами, указанными в п. 6.12, а также в инструкциях и методических указаниях по проверкам отдельных устройств РЗА. Эту проверку целесообразно совместить с приемкой (п. 5.6), если работа выполнялась наладочной организацией.

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

При работах в цепях тока (в том числе при проверке устройства током нагрузки) должны быть выведены из работы устройства РЗА, указанные в п. 2.4.7, в.

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

Анализ поведения устройств РЗА при проверке рабочим током и напряжением должен производиться в соответствии с п. 6.12, а также согласно инструкциям и методическим указаниям по проверке отдельных устройств РЗА сразу же после снятия векторных диаграмм и проведения необходимых имитаций.

5.5.2. По окончании проверки рабочим током и напряжением производится соединение всех цепей, отсоединявшихся ранее в соответствии с п. 5.4.7, в порядке, указанном в п. 5.5.3, кроме цепей, которые уже были подсоединены для проверки устройства рабочим током и напряжением.

Обо всех соединениях делается отметка в рабочей программе или рабочем журнале против отметки, выполнявшейся при отсоединении. Такой порядок обеспечивает соединение всех отсоединявшихся ранее цепей.

По окончании соединения цепей измеряются напряжения от трансформатора напряжения на устройстве РЗА во всех цепях, на которых

производились работы, токи в фазном и нулевом проводах цепей тока. После проверки рабочим током и напряжением производить какие-либо работы в токовых цепях, цепях напряжения и измерительных органах устройства РЗА запрещается.

5.5.3. При работах на устройствах РЗА действующего электрооборудования работу по присоединению цепей рекомендуется производить в следующем порядке:

а) Подключаются цепи напряжения.

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

в) Подключаются цепи оперативного напряжения, если это не сделано в предыдущем пункте. При этом проверяются положения реле на панели или показания на дисплее микропроцессорного терминала. Если положение реле или отображение на дисплее правильное, работа выполняется дальше.

г) Подключаются цепи сигнализации.

д) Подключаются цепи связей данного устройства РЗА с другими устройствами РЗА и АСУ ТП.

е) Подключаются цепи отключения и включения коммутационных аппаратов.

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

5.5.5. После полного окончания всех работ необходимо проверить отсутствие «плюса» оперативного напряжения на отключающих устройствах (накладках, ключах и т.п.) в цепях отключения и включения коммутационных аппаратов, связей устройств РЗА с другими устройствами.

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

## **5.6. Приемка устройств РЗА и ввод их в работу**

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

Приемка производится представителем СРЗА, за которым закрепляется вновь вводимое устройство РЗА, или другим лицом, допущенным к самостоятельной проверке вновь вводимых типов устройств РЗА, назначаемым руководством СРЗА или руководством вышестоящей службы РЗА. Приемка производится с участием представителя наладочной организации, проводившего наладку. В процессе приемки принимающий должен проверить, что наладочные работы были выполнены с необходимым качеством и в объеме, не меньшем регламентированного действующими правилами технического обслуживания при новом включении. Следует проверить, что исполнительные схемы устройств РЗА соответствуют проектным принципиальным схемам с учетом выполненных в установленном порядке корректировок. При проведении приемки производятся внешний осмотр, выборочная проверка отдельных элементов устройств, проверка временных характеристик устройства РЗА в полной схеме, проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, проверки устройств РЗА, расположенных на разных объектах (например, диффазные защиты), проверка устройств РЗА первичным током и напряжением. Проверки взаимодействия вновь вводимой аппаратуры и проверку первичным током и напряжением по п. 5.5. целесообразно выполнять совместно принимающим лицом и персоналом наладочной организации с целью уменьшить общий объем работ и переключений. Для проведения работ представляется техническая документация согласно п. 5.7.4.

5.6.2. При проведении приемки микропроцессорных устройств РЗА следует руководствоваться положениями п. 7.6 настоящей Инструкции.

5.6.3. Особенности (порядок) приемки микропроцессорных устройств и комплексов РЗА и ПА для подстанций нового поколения приводится в специальных организационно-распорядительных документах ОАО «ФСК ЕЭС».

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

Перед вводом таких устройств в работу производитель работ (представитель СРЗА) должен подробно проинструктировать оперативный персонал с демонстрацией (имитацией) на месте операций, предусмотренных местной инструкцией по оперативному обслуживанию устройства РЗА. Инструктаж проводится для одной работающей смены оперативного персонала. Остальным сменам инструктаж передается старшим оперативным лицом при сдаче-приемке дежурства. Оперативный персонал подстанций без постоянного дежурства для получения инструктажа должен прибыть на

подстанцию. Без проведения инструктажа оперативного персонала включение в работу устройств РЗА не должно допускаться. Аналогичный инструктаж производится после реконструкции устройства РЗА, повлекшей изменение порядка его обслуживания оперативным персоналом.

5.6.5. По окончании работ проводивший их производитель должен сделать запись в журнале релейной защиты на щите управления о проведенной работе, состоянии устройства РЗА и его готовности к включению в работу согласно п. 5.7.9.

Если проводились пусконаладочные работы, то запись в журнале релейной защиты делают ответственные исполнители наладочной организации (о проведенной работе и возможности включения) и представители службы РЗА (о приемке из наладки и возможности включения), принявшей в эксплуатацию устройство РЗА.

Запрещается ввод в работу устройств РЗА при отсутствии этих записей в журнале релейной защиты, указывающих на возможность такого включения.

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

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

## **5.7. Требования к оформлению технической документации**

5.7.1. Вводимые в работу и находящиеся в эксплуатации устройства РЗА должны быть обеспечены следующей технической документацией:

- паспорта-протоколы;
- инструкции по эксплуатации и оперативному обслуживанию комплексов и устройств РЗА для оперативного персонала;
- методические указания или инструкции по техническому обслуживанию устройств РЗА;
- технические данные о настройке устройств РЗА, для цифровых устройств РЗА должен храниться файл параметрирования, и актуальная версия программного обеспечения устройства РЗА;
- карты уставок;

- исполнительные схемы;
- типовые программы переключений по вводу в работу (выводу из работы) устройств РЗА;
- типовые бланки переключений по вводу в работу (выводу из работы) устройств РЗА;
- рабочие программы по вводу в работу (выводу из работы) устройств РЗА;
- перечень сложных устройств РЗА;
- перечень устройств РЗА, которые могут ложно сработать при операциях с цепями тока;
- перечень устройств РЗА, которые могут ложно сработать при операциях с цепями напряжения;
- перечень устройств РЗА, подлежащих опробованию оперативным персоналом;
- перечень устройств РЗА, нормально выведенных из работы;
- перечень устройств РЗА, для работы на которых требуется отключать первичное оборудование;
- перечень ВЛ, на которых автоконтроль ДФЗ выводит защиту из работы;
- порядок действий оперативного персонала при массовом ухудшении ВЧ канала;
- перечень мероприятий при отключении быстродействующих защит;
- журнал релейной защиты и автоматики;
- журнал учёта работы релейной защиты и автоматики;
- результаты расчетов токов коротких замыканий (в том числе полученные от соответствующего ДЦ), на основе которых собственником осуществляется расчет, выбор параметров настройки (уставок) и алгоритмов функционирования устройств РЗА;
- графики технического обслуживания устройств РЗА.

5.7.2. Принципиальные схемы устройств РЗА до начала наладочных работ согласовываются со службой РЗА той ступени управления, к которой относится устройство РЗА (по оперативному управлению, в соответствии с диспетчерской подчиненностью). На схемах должна быть надпись «Согласовано» и подпись ответственного лица службы РЗА.

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

схемы в электронном виде, что позволяет оперативно вносить в исполнительные схемы изменения при реконструкциях.

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

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

Исполнительные принципиальные схемы устройств РЗА должны высылаться в вышестоящие службы РЗА и в ОАО «СО ЕЭС» в объеме, определяемом действующими нормативными документами, определяющими взаимоотношения между службой РЗА и вышестоящими ступенями управления.

5.7.3. Инструкции по оперативному обслуживанию вводимых устройств РЗА должны быть подготовлены соответствующей службой РЗА МЭС (ПМЭС) и утверждены техническим руководителем этой организации перед вводом в работу устройств РЗА. Также должны быть подготовлены таблицы положений переключающих устройств для используемых режимов. Инструкции должны соответствовать инструкциям ДЦ ОАО «СО ЕЭС».

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

а) скорректированные исполнительные схемы, в том числе функциональные схемы микропроцессорных терминалов;

б) протоколы наладки устройств РЗА, оформленные в соответствии с действующими формами протоколов. Допускается также применение вместо протоколов наладки паспортов-протоколов, разработанных МЭС (ПМЭС) в соответствии с действующими формами протоколов.

Если отсутствуют действующие формы протоколов на вводимое устройство, то временно, до разработки типовой формы протоколов, допускается применение протоколов, разработанных наладочной организацией.

Для тех устройств РЗА, окончательная приемка которых производится в процессе проведения завершающих этапов наладочных работ, протоколы временно, на период проведения предварительной приемки, передаются лицу, осуществляющему приемку. Оформление в них результатов завершающих этапов проверок (проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и

коммутационными аппаратами, проверка рабочим током и напряжением и т.д.) и передача эксплуатационному персоналу производится в двухмесячный срок после полного окончания работ.

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

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

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

5.7.8. 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. Порядок внесения изменений в инструкции определяется эксплуатирующей организацией.

5.7.9. Кроме указанных в пунктах 5.7.5-5.7.7 мероприятий перед вводом устройства РЗА 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. Журнал РЗА должен периодически просматриваться в целях контроля правильности внесенных записей руководством СРЗА и администрацией структурного подразделения, что также удостоверяется их подписями. Периодичность просмотра устанавливается по местным условиям.

5.7.10. 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.

В кратчайший срок персонал СРЗА, допущенный к самостоятельной проверке вводимого устройства РЗА, должен передать в СРЗА, выдавшую уставки, сведения о выполненных уставках.

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

## **6 ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРОВЕРКЕ УСТРОЙСТВ РЗА**

### **6.1. Подготовительные работы**

6.1.1. Подготовительные работы включают:

- работы, выполняемые заблаговременно, например, при реализации проектов на вновь вводимые устройства, при выполнении реконструктивных работ и т.п.;

- объем подготовки, требуемый для проведения технического обслуживания (ТО), который выполняется непосредственно перед началом работы по заявке. При плановом ТО действующего устройства работы по пунктам 6.1.2 - 6.1.3 выполняются по мере необходимости.

6.1.2. При новом включении или реконструкции следует произвести проверку спроектированной аппаратуры РЗА, принципиальных и монтажных схем на предмет проектных ошибок, в особенности в части стыковки вновь вводимой аппаратуры с действующими устройствами, на выполнение заданных технических требований, предъявляемых к устройству, на соответствие аппаратуры, поставляемой фирмами-изготовителями, проектным решениям и требованиям «Правил» (14, 15). Следует произвести анализ правильности работы схемы по отдельным цепям (переменного тока и напряжения, по оперативным цепям управления, блокировок, защиты, автоматики и т.п.) и всего устройства в целом. Целью анализа является устранение возможностей появления ложных цепей или неправильной работы схемы при повреждении в отдельных элементах схемы. Проверяется, в частности, следующее:

- а) Соответствие устанавливаемой аппаратуры РЗА первичному оборудованию, в частности, по коэффициентам трансформации трансформаторов тока и напряжения, по параметрам приводов коммутационных аппаратов и т.д.

- б) Соответствие заданных уставок шкалам используемых реле или пределам регулирования уставок микропроцессорных устройств.

- в) Соответствие источника оперативного напряжения условиям работы аппаратуры, в частности, по коэффициенту пульсаций выпрямленного напряжения, по допустимой длительности перерывов питания микропроцессорных защит и т.д.



г) Правильность выбора помехозащищенности аппаратуры и цепей вторичной коммутации в заданной электромагнитной обстановке, определенной заранее, согласно положениям СТО 56947007-29.240.044-2010 «Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства» (10).

д) Достаточность и надежность связей вновь вводимого или реконструируемого устройства РЗА с АСУ ТП, необходимость и достаточность объема информации, выводимой на каждое автоматизированное рабочее место АСУ ТП от анализируемого устройства РЗА.

е) Выполнение требований директивных документов.

ж) Правильность выполнения цепей переменного тока защит, схем соединений токовых цепей направленных и дифференциальных защит, правильность заземлений токовых цепей и т.п. В отдельных случаях (изменение проекта, реконструкция токовых цепей и т.п.) следует произвести проверку трансформаторов тока на допустимую погрешность.

з) Правильность выполнения цепей трансформаторов напряжения, в частности, правильность заземления вторичных обмоток, правильность выбора защиты от токов короткого замыкания, соответствие работы трансформатора напряжения заданному классу точности и т.д.

и) Селективность автоматических выключателей и предохранителей, установленных в оперативных цепях; правильность работы схемы управления коммутационными аппаратами, в частности, блокировки от многократного включения выключателя на короткое замыкание, блокировки от несинхронного включения генераторов и т.п.

к) Надежность работы контактных систем (по допустимому напряжению, по коммутационной способности и т.д.). Проверка надежности контактных систем выходных реле микропроцессорных защит имеет особую важность, поскольку выход из строя контактов этих реле приводит к выходу из строя всего дорогостоящего терминала.

л) Правильность подключения цепей указательных реле в цепях сигнализации, особенно при стыковке вновь вводимого устройства с действующей схемой центральной сигнализации, правильность работы схемы при одновременном появлении максимально возможного количества сигналов.

м) Правильность функционирования устройств РЗА при подаче и снятии оперативного напряжения.

н) Соответствие монтажных схем принципиальным схемам.

Настоящий перечень не является исчерпывающим и может быть расширен, исходя из конкретных условий.

Для устройств на электромеханической элементной базе весь указанный выше анализ удобно производить в процессе составления развернутых принципиально-монтажных схем. При использовании микропроцессорных

защит анализ производится с использованием логических схем отдельных терминалов и схем внешних соединений.

6.1.3. При необходимости следует разработать, согласовать со всеми заинтересованными сторонами и утвердить в порядке подчиненности программу работ согласно п. 5.1.

6.1.4. Непосредственно перед проведением работы следует подготовить необходимую документацию:

а) Исполнительные принципиальные и монтажные схемы, а также развернутые принципиально-монтажные схемы, если таковые имеются, функциональные схемы микропроцессорных терминалов. Производить какие-либо работы на устройствах РЗА без исполнительных принципиальных и монтажных схем запрещается.

б) Инструкции или методические указания по ТО (наладке) проверяемых устройств РЗА.

в) Технические описания и инструкции по эксплуатации (заводская документация) на проверяемые устройства РЗА. При отсутствии такой документации должны быть направлены запросы на заводы-изготовители.

г) Паспорта устройств РЗА и оборудования (данные заводских испытаний) и бланки протоколов наладки для внесения в них результатов проверки (только при новом включении).

д) Паспорта-протоколы (исключая новое включение).

е) Рабочие журналы (для текущих записей и сверки результатов с результатами предыдущего ТО). Эти журналы, хотя и не являются официальным документом, но в распоряжении производителя работ являются важным средством качественного проведения ТО.

ж) Уставки защит, выданные службой РЗА.

з) Документы по изменению схем и уставок РЗА (письма СРЗА, циркуляры и т.п.).

и) рабочие программы по выводу в проверку (вводу в работу) сложных устройств РЗА.

6.1.5. Следует подготовить испытательные устройства, измерительные приборы, инструмент, приспособления, соединительные провода и необходимые запасные части, дополнительные светильники (при недостаточной освещенности рабочего места). Для микропроцессорных устройств РЗА следует подготовить персональный компьютер с необходимым для данных устройств программным обеспечением.

6.1.6. После допуска к работе следует произвести подготовительные работы согласно п.п. 5.4.6-5.4.8.

## **6.2. Внешний осмотр**

6.2.1. Осмотру подлежат все элементы проверяемого устройства: релейная и коммутационная аппаратура; проводка и ряды зажимов на щитах управления, в релейных залах, в распределительных устройствах, в приводах выключателей и разъединителей, в шкафах сборок зажимов; кабельные

каналы и лотки, контрольные кабели, их концевые разделки и соединительные муфты, трансформаторы тока и напряжения, высокочастотное оборудование и т.д. Осмотр выполняется персоналом в соответствии с положениями местных инструкций по эксплуатации устройств РЗА.

6.2.2. При внешнем осмотре проверяется следующее:

а) Выполнение требований «Правил устройства электроустановок» (14), «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» (15, § 5.9-5.10) и других директивных документов, относящихся к проверяемому устройству или к отдельным его узлам, а также соответствие проекту установленной аппаратуры и контрольных кабелей в пределах доступности для внешнего осмотра.

б) Надежность крепления и правильность выполнения заземлений самой панели, ящиков, пультов с устройствами РЗА и установленной там аппаратуры.

в) Отсутствие механических и коррозионных повреждений аппаратуры. Отсутствие следов попадания на аппаратуру воды. Оценивается внешний вид состояния изоляции выводов реле и другой аппаратуры. На шпильки реле заднего присоединения старых типов должны быть надеты изоляционные трубки, а в случае переднего присоединения под выводы реле должны быть подложены изолирующие прокладки (за исключением разъемов типа СУРА).

г) Состояние монтажа проводов на панелях, шкафах, ящиках и т.п. Должны отсутствовать неизолированные провода и жилы кабеля. В местах прохода проводов через отверстия не должно быть острых углов и заусенцев.

д) Отсутствие на смежных зажимах цепей, случайное соединение которых может вызвать отключение и включение присоединения, короткое замыкание в цепях постоянного или переменного тока.

е) Надежность и правильность выполнения ответвлений от шин управления и сигнализации (должна обеспечиваться возможность отсоединения и присоединения любого отходящего провода под напряжением и без нарушения разводки основной цепи).

ж) Соответствие марки и сечения кабелей проекту (отступление от проекта должно быть в установленном порядке согласовано с проектной организацией или соответствующей службой РЗА в порядке подчиненности).

з) 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, рекомендуется выполнять при наладке или капитальном ремонте энергообъекта, с учетом разграничения ответственности между эксплуатационными подразделениями.

и) 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).

к) Достаточность длины резервных жил, которая должна позволять подключение с запасом к наиболее удаленному зажиму. Концы резервных жил должны быть изолированы, и на одной из жил должна быть надпись с указанием принадлежности к кабелю. Недопустимо объединять в один жгут резервные жилы разных кабелей. Подключенные рабочие жилы кабеля должны иметь нестирающуюся маркировку с указанием схемного обозначения жилы и принадлежности к конкретному кабелю.

л) Правильность и качество выполнения концевых разделок кабелей, исключающих 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.

Подводка к газовым реле должна выполняться кабелями с маслостойкой изоляцией. Подключение кабелей непосредственно к газовым реле производить через специальные коробки, которые обеспечивают необходимую герметичность.

м) Герметичность уплотнений отверстий и крышек в шкафах, исправность замков, правильность и надежность крепления кабелей, уплотнений выводных отверстий для кабелей, наличие и соответствие проекту нагревательных элементов.

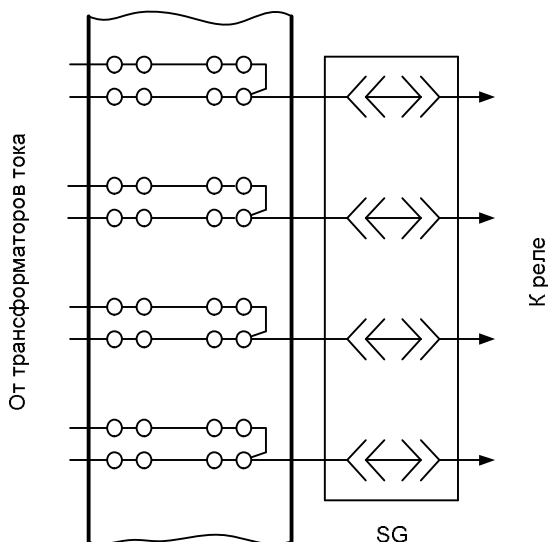
н) Отсутствие течи масла у маслонаполненных трансформаторов тока и напряжения, отсутствие течи мастики, отсутствие трещин на выводных изоляторах вторичных обмоток, исправность и затяжка выводов, наличие маркировки.

о) Наличие в цепях каждой группы гальванически связанных вторичных обмоток трансформаторов тока (или напряжения) одного отдельного заземления в регламентированном месте. 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.

п) Отсутствие закорачивающих перемычек в испытательных блоках цепей напряжения и оперативных цепей, правильность сборки перемычек в испытательных блоках токовых и других цепей, если это предусмотрено

схемой. Цепи от трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и источников оперативного напряжения должны подходить к испытательным блокам снизу. При снятой крышке блоков, установленных в токовых цепях, их цепи должны закорачиваться и оставаться заземленными со стороны трансформаторов тока.

Если суммирование тока от разных комплектов трансформаторов тока производится на измерительных клеммах рядов зажимов панели, то соединение этих клемм надо производить со стороны панели в соответствии с рисунком 1.



**Рис. 1 Схема суммирования вторичных токов на клеммах панели**

р) Направление перевода накладок и ключей установки режима из положений, соответствующих основному рабочему режиму, в положения, соответствующие другим режимам, всегда должно быть справа налево.

с) Состояние и правильность выполнения заземлений конденсаторов связи и фильтров присоединения высокочастотных каналов защиты и автоматики.

т) Наличие на панелях надписей с обслуживаемых сторон, указывающих присоединение, к которому относится панель, ее назначение и порядковый номер, а на установленной на панелях аппаратуре – наличие надписей, указывающих ее наименование и назначение в соответствии с исполнительными схемами и оперативными наименованиями элементов первичной схемы. Таблички с надписями должны устанавливаться под аппаратурой, к которой они относятся. Если конструкция или заводское исполнение панели или шкафа не позволяет выполнить указанное требование (например, на панелях каркасно-реечного типа), допускается устанавливать таблички с надписями в другом месте, но как можно ближе к правому нижнему углу аппарата, к которому табличка относится. Надписи должны быть четкими и не допускать их различного толкования.

На панелях с аппаратурой, относящейся к разным присоединениям или разным устройствам РЗА одного присоединения, должны быть четкие

разграничительные линии. Эти линии могут наноситься непосредственно на панели или на дополнительно устанавливаемые полосы из картона и подобного изоляционного материала (на панелях каркасно-реечного типа).

у) Правильность надписей на бирках и достаточность бирок, маркирующих кабели, правильность маркировки жил кабелей и проводов.

ф) Наличие маркировок крышек испытательных блоков и разъемов, если они выполнены по специальной схеме, отличной от стандартной (например, на панелях перевода присоединений на обходной выключатель).

х) Соответствие условий работы изделий состоянию окружающей среды. В частности, места установки панелей и шкафов устройств РЗА должны быть защищены от попадания брызг воды, масел, эмульсий, а также от прямого воздействия солнечной радиации.

### **6.3. Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры<sup>1</sup>**

6.3.1. При осмотре необходимо проверить следующее.

а) Целостность кожухов и стекол реле, комплектов и надежность их уплотнений в соответствии со степенью защиты, оговоренной в технической документации.

б) Наличие и целостность всех деталей аппаратуры.

в) Надежность креплений всех деталей аппаратуры. Все жестко закрепленные (или скрепленные) детали не должны иметь люфта. Крепящие винты, гайки и контргайки должны быть затянуты до отказа. Выводные контактные винты и шпильки не должны проворачиваться.

г) Правильность установки подвижных систем, отсутствие препятствий для их перемещения в требуемых пределах при любой уставке реле, наличие и надежность упоров, наличие и надежность зазоров между вращающимися и неподвижными деталями, отсутствие искривлений осей, наличие необходимого продольного люфта и др.

д) Целостность, правильность установки, надежность крепления противодействующих, возвратных, ведущих и других пружин; равномерность зазоров между витками спиральных пружин при любой их затяжке, возможной при изменении настройки или положения подвижной системы реле. Правильность установки безмоментных контактных подвижных соединений.

е) Правильность установки механических передач, наличие свободного хода шестеренок и червячных пар, достаточность глубины их зацепления.

ж) Четкость хода часовых механизмов (проверяется без их разборки, на слух), надежность и равномерность вращения их подвижных частей при работе механизма.

---

<sup>1</sup> Приведены общие указания по осмотру и проверке механической части аппаратуры. Особенности аппаратуры и проверки ее механической части рассматриваются в специальных инструкциях или методических указаниях по отдельным типам реле и устройств. Внутренний осмотр терминалов микропроцессорных устройств не производится, если иное не указано в заводском руководстве по эксплуатации.

з) Целостность и правильность установки подпятников и правильность заточки осей. Оценка состояния подпятников и концов осей производится по отсутствию затираний без разборки реле. Только при наличии затираний подпятник вывертывают и проверяют. Исправность агатовых подпятников (отсутствие трещин и выкрашиваний) проверяют, прощупывая кратер стальной иглой. Бронзовые подпятники и концы осей осматривают через лупу. Подпятники ни в коем случае не следует смазывать.

и) Правильность установки тормозных постоянных магнитов, равномерность зазоров, отсутствие затираний в междуполюсном пространстве.

к) Целостность выводов и катушек реле, резисторов, отсутствие их механических повреждений, отсутствие следов термического разрушения изоляции.

л) Состояние и целостность изоляции соединительных проводов внутри аппаратуры. Применение в аппаратуре проводов в резиновой изоляции не допускается (резина выделяет серу, покрывающую серебряные контакты реле темным налетом).

м) Правильность регулировки, ход, нажим и чистоту контактов.

н) Надежность контактных соединений и паек, которые можно проверить без разборки элементов. Все винты и гайки, прикрепляющие соединительные провода к контактам, выводным зажимам и другим элементам реле, должны быть надежно закреплены. Оконцеватели проводов, установленных под разные винты, не должны касаться один другого. Оконцеватели должны быть удалены от кожухов реле. Пайка должна иметь чистую поверхность, достаточную механическую прочность и лаковое или иное покрытие, если оно предусмотрено техническими условиями на аппаратуру. Наличие антикоррозионного покрытия на выводах и контактных соединениях, установленных на открытом воздухе и в помещениях с агрессивной средой.

о) Отсутствие грязи, пыли и посторонних предметов (металлических стружек и опилок) на деталях реле и зазорах.

п) Состояние и правильность регулировки блок-контактов приводов выключателей, разъединителей, автоматических выключателей и другой аппаратуры (размеры люфтов, правильность регулировки рычажной передачи, надежность замыкания и размыкания контактов, их чистота), соответствие их положений принципиальной схеме, наличие незамерзающей смазки всех движущихся частей за исключением контактов.

6.3.2. Для аппаратуры и панелей РЗА, выполненных с применением полупроводниковых элементов, ИМС, для микропроцессорной аппаратуры дополнительно проверяется следующее:

а) Надежность крепления направляющих планок для установки модулей и блоков в кассете, надежность крепления разъемов.

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

в) 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.

г) Надежность соединительных разъемов и качество пайки проводников, подходящих к разъемам, состояние контактных поверхностей. При выявлении неудовлетворительного механического состояния контактного соединения, выполненного навивом, перемонтаж можно осуществить пайкой. Выполнять навив без специальных приспособлений недопустимо ввиду ненадежности контакта.

6.3.3. Обнаруженные при осмотре дефекты следует устранить.

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 стружки из зазоров магнитов и магнитопроводов удаляют тонкой стальной пластинкой, деревянной палочкой из лиственных пород (несмолистой) или бумагой. Загрязненные подпятники прочищают заостренной деревянной несмолистой палочкой.

б) 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.

в) Для реле прямого действия типов РТВ, РТМ, РНИ, РНВ в приводах выключателей, короткозамыкателей и отделителей присоединений на переменном оперативном токе произвести разборку, чистку и сборку механизмов электромагнитов включения и отключения. После сборки проверить четкость работы механизмов и отсутствие затираний сердечников и ударников с деталями привода и реле.

г) Следует заменить поломанные или изношенные детали, детали крепежа (винты, гайки) с сорванной резьбой.

д) Заменить или дополнительно заизолировать провода с поврежденной изоляцией.

е) Произвести полную затяжку всех резьбовых соединений.

ж) Устранить дефекты регулировки контактов.

е) Выполнить ремонт печатных плат аппаратуры с использованием полупроводников и ИМС согласно Приложению А. Печатные платы микропроцессорных устройств ремонту не подлежат и должны заменяться исправными.



#### **6.4. Проверка схемы соединений устройства РЗА**

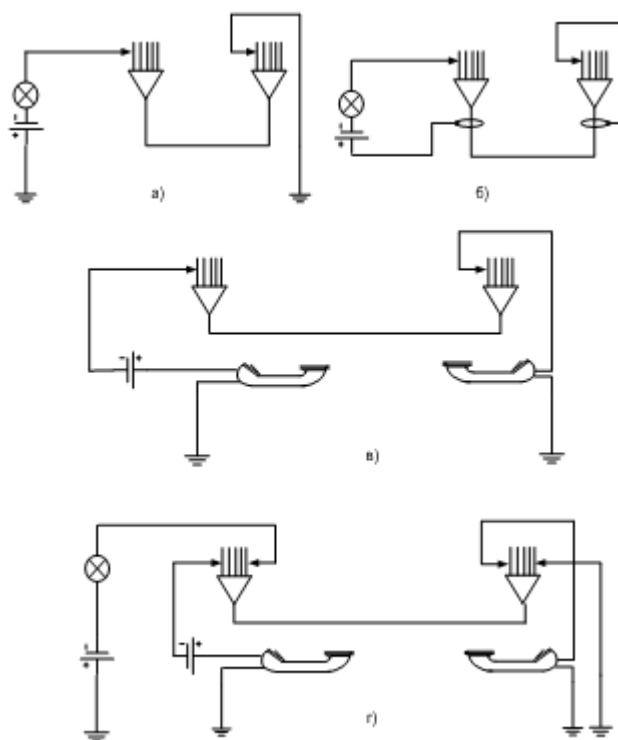
6.4.1. Проверку правильности выполненной схемы и маркировки жил и проводов следует произвести осмотром и проверкой наличия цепи, в том числе методом «прозвонки». Следует проверить фактическое выполнение кабельных связей, соединений между отдельными элементами в панелях, шкафах, ящиках и т.п., а также цепи связи проверяемого устройства с другими устройствами РЗА, АСУ ТП и коммутационными аппаратами. В схемах, где не имеет особого значения способ разводки монтажа отдельных цепей внутри панели, шкафа и т.п., а важно только их принципиальное исполнение, фактическое выполнение схемы может быть проверено при проверке взаимодействия элементов проверяемого устройства РЗА (п. 6.8).

6.4.2. Осмотр можно применять в простых наглядных схемах, например, при однослойном плоском монтаже, когда все провода и места их присоединения хорошо видны. В этом случае осмотром проверяется правильность присоединения каждого провода от одного зажима к другому по монтажной и принципиальной или развернутой принципиально-монтажной схеме. Особое внимание должно быть обращено на наличие проводов, подключенных к зажимам и не учтенных в схемах. Эти провода должны быть отключены от зажимов и изолированы или демонтированы.

6.4.3. Метод проверки наличия цепи следует применять при скрытом монтаже (перфорации, в жгутах и при многослойном монтаже), а также при проверке кабельных связей.

6.4.4. Проверку правильности внутреннего многослойного монтажа панелей, шкафов, пультов, агрегатных шкафов выключателей и т.п. заводского исполнения производить не следует за исключением случаев видимых повреждений, вызванных нарушением условий транспортировки и хранения.

6.4.5. При проверке наличия цепей («прозвонке») схемы на проверяемый провод подается напряжение от внешнего вспомогательного источника, присоединяемого между проверяемым и вспомогательным проводами по схеме, приведенной на рисунке 2. На другом конце между проверяемым и вспомогательным проводами подключается любой указатель наличия тока или напряжения. Указатель дает показания при подключении к проверяемому проводу и не дает при подключении к другим проводам. В качестве источников питания следует применять: сухие батареи, аккумуляторы. Во всех случаях должны быть выполнены требования «Правил» (13, 2.16, 2.17). Указателем может быть малая лампа накаливания, светодиод, вольтметр, телефонные трубки, звонок, сигнальное реле и пр. Обычно источник питания и указатель объединяются в одном устройстве, называемом пробником. Для «прозвонки» можно применять также различные омметры, например, в комбинированных приборах, а также приборы, построенные на базе различных генераторов с выходным зуммером. Вспомогательным проводом может быть земля, металлическая оболочка или другая жила проверяемого кабеля, специально проложенный временный провод.



**Рис. 2 Основные схемы «прозвонки» цепей**

а – с использованием в качестве пробника батарейки и лампы, а в качестве обратного провода - земли; б – то же, а в качестве обратного провода оболочки (брони) кабеля; в – с использованием микротелефонных трубок; г – то же, что и на рисунках а или б, и с использованием микротелефонных трубок для связи.

Вместо телефонных трубок удобно использовать микротелефонные гарнитуры, которые не нужно держать в руке.

Для «прозвонки» можно использовать пробники промышленного изготовления, если они соответствуют требованиям (16, 17). Преимуществом таких пробников является то, что они обеспечивают кроме проверки целостности электрических цепей также индикацию наличия напряжения на проверяемой цепи. При проверке схем соединений, содержащих полупроводниковые элементы и ИМС, не следует применять такие пробники, выходные уровни сигналов которых опасны для полупроводниковых элементов и ИМС. Обычно для этой цели используют омметры комбинированных приборов с соответствующими пределами.

Следует иметь в виду, что при «прозвонке» кабеля по схеме, приведенной на рисунке 2, в, разговор при «прозвонке» может заглушаться блуждающим током, протекающим в земле, или токами, наведенными в проверяемом проводе от сильноточных устройств. В таком случае в качестве вспомогательного провода вместо земли можно использовать ранее проверенную жилу проверяемого кабеля или жилу другого кабеля, концы которого находятся вблизи проверяемого.

6.4.6. Рекомендуется следующий порядок «прозвонки» кабелей сложных схем:

а) на основании монтажных и принципиальных схем использовать проектный или составить кабельный журнал по следующей форме:

Кабель № \_\_\_\_\_

Номера зажимов панели 1	Марка жилы кабеля	Номера зажимов панели 2

б) отключить заземляющие проводники, имеющиеся в схемах;

в) отсоединить провода от схемы с обеих сторон путем разъединения мостиков измерительных зажимов, снятием крышек испытательных блоков, приведением в разомкнутое состояние контактов реле, отсоединением проводов на рядах зажимов и на выводах аппаратуры;

г) по одной из схем, приведенных на рисунке 2, проверить правильность монтажа, при этом желательно отмечать цветным карандашом проверенный провод в месте его маркировки, в кабельном журнале и в развернутой принципиально-монтажной схеме;

д) после «прозвонки» очередной жилы целесообразно сразу подсоединить ее на место с обеих сторон.

6.4.7. При «прозвонке» следует обратить особое внимание на проверку соответствия проекту положения контактов реле и кнопок, а также диаграмме переключателей, согласование полярностей обмоток реле и измерительных трансформаторов, а также на согласование подключения реле с несколькими обмотками и контактов с магнитами гашения дуги к схеме оперативного тока. Кроме того, следует контролировать место подключения перемычек на ряде зажимов (со стороны подключения кабелей или со стороны подключения внутренней коммутации панели). Это обстоятельство необходимо учитывать при сборке токовых цепей и при сборке схем, в которых различные режимы устанавливаются снятием или установкой контактных мостиков на испытательных выводах.

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

## **6.5. Проверка изоляции**

6.5.1. Проверка изоляции включает в себя измерение сопротивления изоляции и испытание электрической прочности.

6.5.2. Проверку изоляции при новом включении следует производить в два этапа:

I этап – предварительное измерение сопротивления изоляции отдельных узлов устройств РЗА (трансформаторы тока и напряжения, приводы коммутационных аппаратов, панелей, шкафов, пультов РЗА, контрольных кабелей и т.д.);

II этап – измерение и испытание электрической прочности изоляции устройств в полностью собранной схеме.

При техобслуживании действующих устройств РЗА первый этап может не выполняться, если результаты измерений в полной схеме удовлетворяют нормам. Второй этап целесообразно выполнять после предварительной проверки временных характеристик (п. 6.6.1).

Измерение сопротивления изоляции следует производить:

- а) относительно земли (корпуса);
- б) между отдельными электрически не связанными между собой группами цепей, в частности, между группами цепей тока, цепей напряжения, оперативных цепей, цепей сигнализации и др.;
- в) между жилами контрольных кабелей тех цепей, где имеется повышенная вероятность замыкания между жилами с серьезными последствиями; к таким цепям относятся: токовые цепи отдельных фаз, где имеется реле или устройства с двумя и более первичными обмотками (реле КРС, КРБ, РТФ и др.), токовые цепи трансформаторов тока с номинальным значением тока 1 А, цепи газовой защиты, цепи конденсаторов, используемых как источник оперативного напряжения и т.п.;
- г) 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.

6.5.3. Для проверки изоляции нужно провести следующие подготовительные работы:

а) Проверить, что проверяемые цепи полностью отсоединены от действующих цепей. Для этого необходимо отключить автоматические выключатели или предохранители в цепях оперативного напряжения, сигнализации, вторичных обмоток трансформатора напряжения (во избежание обратной трансформации напряжений на высокую сторону). Цепи, не имеющие автоматических выключателей или предохранителей, необходимо отсоединить от общих шин.

б) Тщательно очистить всю проверяемую аппаратуру, кабельные разделки, ряды зажимов от пыли, грязи, ржавчины, влаги и т.п.

в) Отключить от схемы все заземляющие проводники.

г) Исключить из проверяемой схемы все аппараты, изоляция которых проверяется более низкими уровнями напряжений. Для этого надо снять с панелей магнитоэлектрические, поляризованные реле, платы полупроводниковых нуль-индикаторов, герконовые реле, закоротить выводы конденсаторов, диодов, стабилитронов, неоновых и электронных ламп, цепей выходных напряжений блоков питания полупроводниковых устройств РЗА, входных выводов промежуточных реле РП18, если они не закорачиваются обмотками других реле, резисторами или перемычками, установленными на выводах для проверки изоляции. От испытуемой схемы отсоединяются также терминалы микропроцессорных защит.

д) В пределах испытуемой схемы установить в рабочее положение переключатели, накладки, рабочие крышки испытательных блоков, кожухи аппаратуры.

е) Для панелей, выполненных на полупроводниковой элементной базе, установить в рабочее положение задние крышки кассет, переключатели защит и автоматические выключатели блоков питания, отсоединить от корпуса панели шинки питания, переключатели контроля изоляции блоков питания установить в отключенное положение (для устройств с блоками питания БП-180).

ж) Цепи, входящие в состав проверяемой схемы и отделенные от нее контактами реле или другой коммутационной аппаратурой, соединить с ней установкой в соответствующее положение ключей, накладок, контактов реле и т.п. или присоединить их к проверяемой схеме временными перемычками.

з) На рядах зажимов устройства РЗА целесообразно собрать все цепи, электрически связанные между собой в отдельные группы, объединив выводы с помощью гибкого неизолированного провода или иным способом, например, специально изготовленными перемычками с учетом конструктивных особенностей зажимов. Такими группами являются, например, токовые цепи проверяемой защиты, цепи напряжения, оперативные цепи и т.д. Оперативные цепи и цепи сигнализации, подключаемые к разным автоматическим выключателям или предохранителям, относят к разным группам.

При наличии на устройстве цепей, питающихся от двух аккумуляторных батарей, эти цепи должны быть объединены в разные группы. В случаях, когда в схемах имеются реле или измерительные приборы с обмотками, расположенными на общем каркасе (ваттметры, счетчики и т.п.), следует эти обмотки выделить из схемы, соединить одну с другой и подключить к одной из испытываемых групп цепей.

6.5.4. Процесс измерения сопротивления изоляции регламентируется нормативными документами (11, 12, 14, 15, 20) и настоящей Инструкцией. В случае расхождений между этими документами следует пользоваться документом с более поздней датой выпуска. При этом нормируются напряжения, используемые для измерения сопротивления изоляции, и минимально допустимые значения сопротивления изоляции. Методика измерения и выявления мест с ослабленной изоляцией рассматривается в настоящем пункте.

6.5.4.1. Напряжение, используемое для измерения сопротивления изоляции, зависит от рабочего напряжения испытываемых цепей. Измерение сопротивления изоляции цепей с рабочим напряжением выше 60 В следует производить мегаомметром с номинальным напряжением, указанным в Таблице 1.

При проверке изоляции между фазами в токовых цепях, где имеются двухобмоточные реле с обмотками, включенными в разные фазы, необходимо учитывать, что они имеют пониженную электрическую прочность изоляции между обмотками (особенно, если они выполнены одновременной намоткой на общий каркас, и, следовательно, их провода касаются один другого). Эту проверку следует производить с помощью мегаомметра с номинальным напряжением 500 В.

Измерение сопротивления изоляции цепей с рабочим напряжением 60 В и ниже следует производить мегаомметром с номинальным напряжением 500 В.

Измерение сопротивления изоляции цепей устройств РЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе с рабочим напряжением 24 В и ниже следует производить в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

6.5.4.2. Значение сопротивления изоляции относительно земли и между электрически не связанными цепями должно быть не менее значений, приведенных в Таблице 1.

Таблица 1

Испытываемый элемент	Напряжение мегаомметра, В	Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции, МОм
1. Шины постоянного тока на щитах управления и в распределительных устройствах (при отсоединенных цепях)	1000-2500	10
2. Вторичные цепи каждого присоединения и цепи питания приводов выключателей и разъединителей <sup>1)</sup>	1000	1
3. Цепи управления, защиты, автоматики и измерений, а также цепи возбуждения машин постоянного тока, присоединенные к силовым цепям	1000	1
4. Токовые цепи с многообмоточными реле, включенными в разные фазы токовых цепей	500	1
5. Вторичные цепи и элементы при питании от отдельного источника или через разделительный трансформатор, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже <sup>2)</sup>	500	0,5
6. Вторичные цепи микропроцессорных и микроэлектронных устройств на рабочее напряжение 24 В и ниже	По рекомендациям завода-изготовителя (но не менее 100 Мом)	

<sup>1)</sup> Измерение производится со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, пускатели, автоматические выключатели, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т.п.).

<sup>2)</sup> Должны быть приняты меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности, микроэлектронных и полупроводниковых элементов

6.5.4.3. Для оценки состояния изоляции отдельных элементов схемы можно ориентироваться на средние опытные значения сопротивления изоляции, приведенные в Таблице 2.

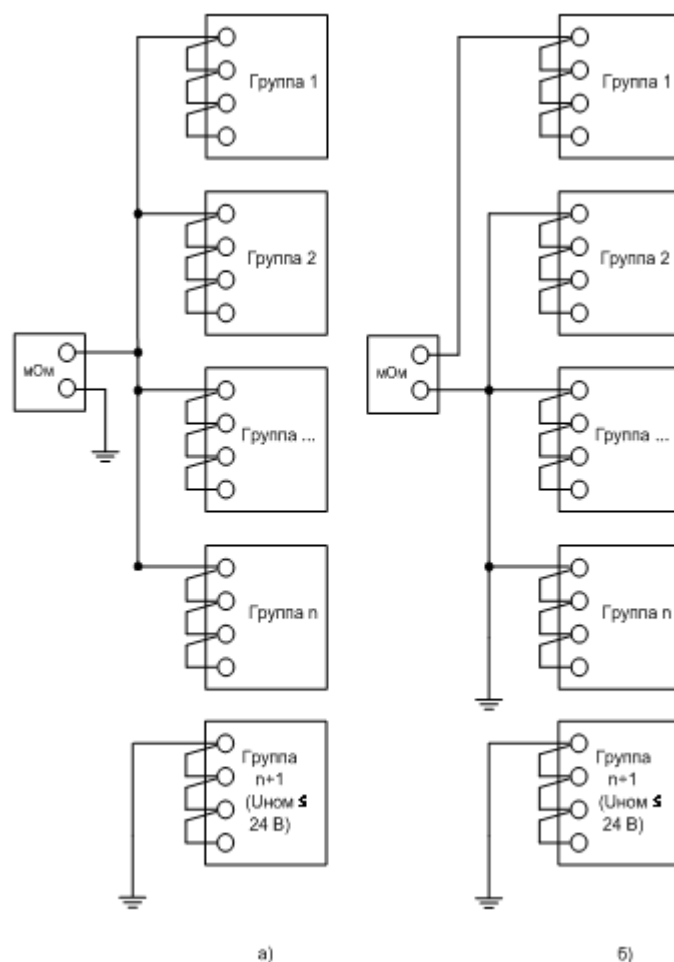
Таблица 2

Наименование	Ориентировочное значение сопротивления исправной изоляции относительно «земли», МОм
1. Отдельные панели устройства РЗА с отключенными контрольными кабелями	50-100
2. Вторичные обмотки встроенных трансформаторов тока	10-20
3. Вторичные обмотки трансформаторов напряжения и выносных трансформаторов тока	50-100
4. Обмотки электромагнитов управления	15-25
5. Контрольный кабель длиной до 300 м	20-25

6.5.4.4. Измерение сопротивления изоляции следует производить в следующем порядке:

а) соединить все группы цепей, проверяемые мегаомметрами с одним и тем же номинальным напряжением, между собой с помощью вспомогательной шинки (удобно выполнить из гибкого оголенного проводника), измерить сопротивление изоляции относительно земли (рисунок 3, а);

б) заземлить вспомогательную шинку и, поочередно отключая от нее каждую группу, измерить сопротивление изоляции этой группы относительно всех остальных групп, объединенных между собой и заземленных (рисунок 3, б). При этом группа (группы) цепей, для которой предусмотрена проверка мегаомметром с меньшим номинальным напряжением (группа  $n + 1$  на рисунке 3, б), должна быть заземлена и отключена от вспомогательной шинки.



**Рис. 3 Схемы измерения изоляции**

а – всех групп относительно земли (корпуса);  
б – выделенной группы относительно других групп и земли

6.5.4.5. Для панелей, выполненных на базе полупроводниковых элементов и ИМС, измерение сопротивления изоляции следует производить сначала при вынутых из кассет модулях или блоках, а затем при вставленных. Вращение ручки мегаомметра с ручным приводом следует начинать медленно, постепенно доводя до номинальных оборотов. При бросках стрелки мегаомметра в направлении нулевого значения шкалы вращение ручки мегаомметра прекратить во избежание повреждения полупроводниковых элементов. При использовании электронного мегаомметра измерение сопротивления изоляции необходимо производить, переходя с помощью переключателя выходных напряжений мегаомметра от меньших значений испытательного напряжения к большим.

6.5.4.6. В случае пониженного значения сопротивления изоляции необходимо:

а) выяснить место и причину ухудшения изоляции (дефекты конструкции, неправильный монтаж или случайные местные дефекты, грязь, сырость, порча изоляции и пр.). Для этого следует разделить схему на участки и выделить те из них, которые имеют пониженное значение сопротивления изоляции. Затем, разделяя эти участки на более мелкие: отдельные обмотки,



провода и детали и, проверяя сопротивление изоляции каждого из них, определить дефектный элемент;

б) устранить причины, вызвавшие ухудшение изоляции, затем повторить измерение.

6.5.5. Следует произвести испытание электрической прочности изоляции всех объединенных в группы цепей (п. 6.5.4.4, за исключением цепей с номинальным напряжением до 60 В) устройств РЗА, подвергшихся реконструкции, ремонту или вновь смонтированных, напряжением 1000 В синусоидального переменного тока частоты 50 Гц в течение 1 мин относительно земли. Такое же испытание следует произвести при первом профилактическом контроле.

6.5.5.1. Испытание электрической прочности изоляции производят с помощью специальных испытательных установок, изготавливаемых различными фирмами (Приложение Г).

При отсутствии испытательных установок испытания могут проводиться по схеме, приведенной на рисунке 4.

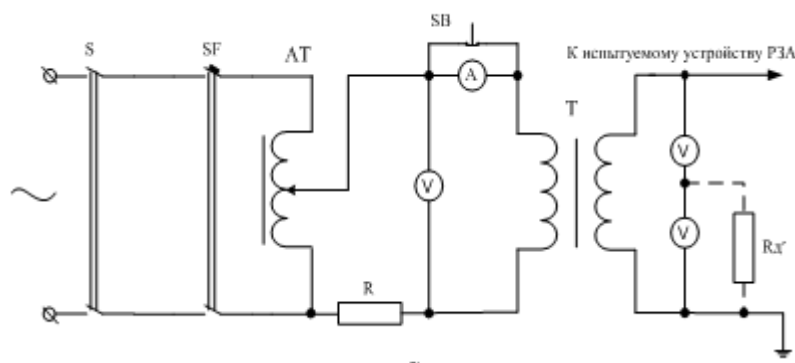


Рис. 4 Схема испытания электрической прочности изоляции

В схеме в качестве повышающего трансформатора Т 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 или другое устройство достаточной мощности.

Резистор R служит для ограничения тока при пробое изоляции. В схеме на рисунке 4 сопротивление резистора R (Ом) подсчитывается по формуле:

$$R = \frac{1000}{n_{TH}^2}, \quad (1)$$

где  $n_{TH}$  – коэффициент трансформации повышающего трансформатора Т.

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.

6.5.5.2. Перед производством испытаний следует:

а) выполнить все мероприятия, предусмотренные «Правилами» (13) при производстве высоковольтных испытаний (п. 5.1), 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 допускается испытывать по отдельным участкам для исключения перегрузок испытательной установки. Например, сложные цепи, связывающие несколько присоединений – схемы дифференциальной защиты шин, синхронизации, АВР, цепи напряжения и сложных блокировок, – испытывать отдельными участками для каждого присоединения;

в) произвести непосредственно перед испытаниями измерение сопротивления изоляции относительно земли мегаомметром.

6.5.5.3. 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.

6.5.5.4. После окончания испытаний повторно измерить сопротивление изоляции мегаомметром.

6.5.5.5. 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.

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

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

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

## **6.6. Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА**

6.6.1. Проверка электрических и временных характеристик устройств РЗА производится при техническом обслуживании (ТО) в объемах, определенных (11, 12). При плановом ТО действующего устройства РЗА до выполнения внутреннего осмотра, механической ревизии и проверки изоляции следует выполнить предварительную проверку временных характеристик устройства в полной схеме (п. 6.9). Этим проверяется работоспособность устройства, выявляются дефекты, возникшие за время, прошедшее с момента предшествовавшего ТО, и элементы устройства, на которые проверяющему персоналу следует обратить первоочередное внимание. В противном случае, обнаружение дефектов при проверке временных характеристик только в конце ТО не дает ответа на вопрос, возникли ли эти дефекты ранее, или они внесены при данном ТО. Удобнее всего выполнять такую предварительную проверку с помощью испытательных устройств, обеспечивающих автоматическую проверку устройств РЗА по специальным программам, например, типа РЕТОМ-51 (Приложение Г).

Конкретные перечни параметров и характеристик отдельных типов реле и устройств РЗА, а также условия их проверки определены инструкциями и методическими указаниями по техническому обслуживанию, разработанными для соответствующих типов реле и устройств РЗА. Перечень этих материалов также изложен в (11, 12). Устройства РЗА, в частности, микропроцессорные, для которых отсутствуют соответствующие методические материалы, проверяются в соответствии с указаниями фирм-изготовителей.

Программы, инструкции и методические указания по техническому обслуживанию должны в установленном порядке периодически пересматриваться с учетом опыта эксплуатации в целях повышения эффективности проверок устройств РЗА, с одной стороны, и облегчения труда обслуживающего персонала, сокращения времени на обслуживание и снижения вероятного количества ошибок, с другой стороны.

Методические указания по проверке сложных устройств РЗА должны допускать возможность автоматической проверки соответствия параметров устройства заданным уставкам в пределах заданных допустимых отклонений. При этом оценка точности производится автоматически по факту фиксации попадания контролируемого параметра (уставки) в заданную область допустимого отклонения (погрешности).

Приведенные ниже общие указания по проверке электрических и временных характеристик реле и устройств РЗА являются основой, определяющей подход к этим проверкам, и предназначены для руководства при составлении или пересмотре методических указаний и инструкций на отдельные виды и типы реле и устройств РЗА.

Указания по проверке электрических и временных характеристик элементов приводов коммутационных аппаратов приведены в п. 6.7.

6.6.2. Проверку устройства РЗА или отдельных элементов можно производить на месте установки или в другом приспособленном для этой цели помещении. При проверке и настройке в другом помещении после возвращения устройства РЗА или отдельных элементов на место установки необходимо проверить контрольные точки их характеристик и работу этих устройств РЗА в полной схеме.

6.6.3. При проверках устройств РЗА питание проверочных и испытательных устройств должно производиться, как правило, не от рабочих, а от посторонних источников постоянного и переменного напряжения через специальные щитки, обеспеченные защитой, чувствительной к коротким замыканиям в схеме испытаний.

6.6.4. Для экономии времени и сокращения возможных ошибок проверку устройств РЗА следует производить с помощью комплектных испытательных устройств (переносных, передвижных или стационарных, а также встроенных в устройства РЗА).

Испытательные устройства должны обеспечивать возможность регулирования и измерения тока, напряжения и угла сдвига между ними в нужных пределах и быстрый переход (с помощью специальных переключателей) от одних испытательных схем к другим и от проверки реле на одних фазах к проверке их на других, измерение временных характеристик устройств РЗА и другие проверки. Общие требования к испытательной аппаратуре приведены в Приложении В. Краткое описание наиболее распространенных испытательных устройств дано в Приложении Г.

Рекомендации по выбору измерительных приборов для проверки устройств РЗА приведены в Приложении Б.

Методические указания по автоматической проверке сложных устройств РЗА с помощью устройств типа РЕТОМ-51/61 и аналогичных ему должны допускать возможность проверки измерительных органов и логической схемы (алгоритма) устройства со стороны входных зажимов во всех, предусмотренных схемой, режимах его функционирования. Проверка должна производиться путем подачи/снятия определенных последовательностей сигналов переменного тока и напряжения, а также внешних логических сигналов, на ряды зажимов устройства при значениях оперативного напряжения, равных номинальному и 0,8 и 1,1 номинального.

При проверке устройств РЗА с большим входным сопротивлением токовых цепей (например, электромеханических устройств) и недостаточным значением выходного напряжения в канале тока устройства автоматической проверки допускается подключение канала тока этого устройства непосредственно к проверяемому аппарату.

Для быстрой и качественной регулировки отдельных электромеханических реле и всего устройства РЗА в целом рекомендуется применять специальные наборы инструментов. Аналогично, для быстрого и качественного задания функций микропроцессорных устройств РЗА

рекомендуется применять переносные компьютеры и программы задания уставок, поставляемые фирмами комплектно с устройствами РЗА.

Все испытательные устройства должны быть укомплектованы набором соединительных проводов для их подключения к источнику питания, проверяемому устройству РЗА и измерительным приборам. Все провода должны иметь маркировку с обоих концов и подобранные по размерам и форме наконечники к выходным зажимам испытательного и проверяемого устройства. Провода должны иметь хорошую изоляцию и защиту от механических повреждений. Для уменьшения влияния магнитных полей, создаваемых током соединительных проводов, облегчения сборки схемы и уменьшения загроможденности рабочего места рекомендуется свивать соединительные провода в шнуры. В частности, для питания цепей тока и напряжения проверяемого устройства рекомендуются четырехжильные шнуры, для включения секундомера – двух- и трехжильные и т.д. Для питания цепей переменного и постоянного напряжения достаточно применять сечения проводов 1-1,5 мм<sup>2</sup> в основном по условиям механической прочности. По условиям нагрева для токовых цепей рекомендуется применять провода сечением не менее 2,5-4 мм<sup>2</sup>, а для соединения устройства с источником питания – 4-6 мм<sup>2</sup>. Для всех соединительных проводов рекомендуются гибкие многожильные провода с резиновой или хлорвиниловой изоляцией, а для цепей питания – шланговые провода с резиновой изоляцией. Должна иметься возможность подключения соединительных проводов к устройству РЗА под винт, чтобы избегать соскакивания проводов в процессе испытаний с возможностью повреждения аппаратуры, неправильных действий РЗА и т.п.

6.6.5. При проверке и настройке электрических характеристик аппаратуры в схеме устройства РЗА ток и напряжение от испытательных устройств должны, как правило, подводиться к входным зажимам панели, по крайней мере, при новом включении. В этом случае учитывается наличие в цепях устройства различных вспомогательных аппаратов, влияющих на его характеристики, и обеспечивается одновременно проверка правильности монтажа устройства РЗА и взаимодействие реле в схеме.

Поскольку при плановом ТО возможна подача тока и напряжения от испытательных устройств через контрольные штекеры испытательных блоков, при новом включении должна быть проверена правильность монтажа цепей от ряда зажимов панели до испытательных блоков.

После присоединения устройства РЗА к действующим цепям подключение проверочной аппаратуры при проведении планового ТО может осуществляться с помощью контрольных штекеров испытательных блоков. Это целесообразно во избежание случайного попадания напряжения от проверочной аппаратуры в цепи трансформаторов тока, напряжения, оперативного напряжения и т.п. При этом все контактные шпильки контрольных штекеров, находящихся под рабочим напряжением, должны быть изолированы, а необходимые перемычки на штекерах выполняться изолированным проводом.

6.6.6. Проверку электрических характеристик аппаратов, параметры которых зависят от формы кривой тока, например, некоторых индукционных реле с зависимой характеристикой, реле с насыщающимися трансформаторами, быстродействующих полупроводниковых реле и др., следует производить по схемам, обеспечивающим синусоидальность тока, подаваемого на реле защиты. Синусоидальность тока может быть обеспечена, например, питанием проверочных устройств от линейных напряжений, от понижающих трансформаторов достаточной мощности, включением активных резисторов в цепь регулируемого тока и т.п.

При настройке или проверке электрических характеристик аппаратов, реагирующих на угол между векторами напряжения и тока или между векторами двух токов (напряжений), необходимо учитывать возможность появления вносимых испытательными установками дополнительных углов сдвига между измеряемыми и подаваемыми в проверяемый аппарат величинами. Следует, по возможности, исключить эти углы сдвига или учесть их при проверке.

6.6.7. Параметры срабатывания реле или измерительного органа зависят от способа подачи сигнала на его вход: плавно или толчком, так как в состав реле и датчиков сигнала входят реактивные элементы. При коротких замыканиях в энергосистеме все электрические величины на входе защиты меняются именно толчком, в отличие от режима перегрузки, где они изменяются плавно. При разработке устройств РЗА обычно в числе технических требований указывается допустимая динамическая погрешность уставки реле, то есть допустимый процент отклонения уставки, измеренной при плавном изменении входной величины и при ступенчатом изменении (подаче ее толчком). В определенных случаях для быстродействующих реле эта погрешность должна учитываться при расчете уставок защит, если уставка при проверке определялась плавным изменением входной величины.

При плавном нарастании тока или напряжения легче обнаружить различные неисправности деталей электромеханических реле и ошибки в регулировке. Поэтому определение электрических параметров срабатывания и возврата всех реле следует производить, как правило, при плавном изменении электрических величин, на которые реагируют реле, если в инструкции или в указаниях завода-изготовителя по проверке данного реле нет других указаний. Испытательные устройства, обеспечивающие автоматическую проверку характеристик устройств РЗА, должны использовать в основном физически правильный динамический метод проверки уставок реле – при подаче входного воздействия толчком. Однако испытательные устройства автоматической проверки должны позволять также в необходимых случаях определять электрические параметры срабатывания и возврата реле при плавном изменении входной электрической величины или при ступенчатом изменении с достаточной степенью дискретности.

6.6.8. При проверке необходимо учитывать термическую стойкость устройств РЗА, проявляя особую осторожность при подведении к

проверяемому устройству токов или напряжений, превышающих длительно допустимые значения. В этом случае необходимо подавать ток (напряжение) кратковременно или исключать из схемы термически неустойчивые элементы.

6.6.9. Времена срабатывания и возврата устройств РЗА, в том числе, промежуточных реле и реле времени в электромеханических устройствах определяются при номинальном значении оперативного напряжения на выводах панели. Если временные параметры промежуточных реле определяют селективность работы устройств РЗА, то они должны также проверяться и при изменении оперативного напряжения в диапазоне от 80 до 110 % номинального значения.

Временные параметры аппаратов, используемых в измерительных органах устройств РЗА, определяются при определенных кратностях по отношению к параметру срабатывания (возврата), указанных в технических данных на это устройство.

6.6.10. На устройствах РЗА должны быть выставлены уставки, заданные соответствующей службой РЗА в письменном виде. Уставки, если специально не оговорено, задаются в первичных величинах. Эти уставки должны быть пересчитаны во вторичные величины с учетом коэффициентов трансформации трансформаторов тока, напряжения и схемы включения реле по следующим формулам:

$$I_2 = \frac{I_1}{K_{\text{ТТ}}} K_{\text{схI}}; U_2 = \frac{U_1}{K_{\text{ТН}}} K_{\text{схU}}; \quad (2)$$

$$Z_2 = \frac{Z_1 K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}}; S_2 = \frac{S_1}{K_{\text{ТТ}} K_{\text{ТН}}} K_{\text{схS}}, \quad (3)$$

где  $I_1$ ,  $U_1$ ,  $Z_1$ ,  $S_1$  – первичные значения тока (А), напряжения (В), сопротивления (Ом) и мощности (В·А);

$I_2$ ,  $U_2$ ,  $Z_2$ ,  $S_2$  – вторичные значения тока (А), напряжения (В), сопротивления (Ом) и мощности (В·А);

$K_{\text{схI}}$  – коэффициент схемы, учитывающий схему соединений вторичных обмоток трансформаторов тока, равный отношению значения тока, протекающего в устройстве в симметричном режиме, к значению тока во вторичной обмотке трансформатора тока;

$K_{\text{схU}}$  – коэффициент схемы, учитывающий соответствие между фазными и линейными значениями напряжения, задаваемыми в уставках, и схемой включения реле во вторичных цепях;

$K_{\text{схS}}$  – коэффициент схемы, учитывающий соответствие между мощностью (однофазной и трехфазной), заданной в уставках и схемой подключения устройства ко вторичным цепям;

$K_{\text{ТТ}}$ ,  $K_{\text{ТН}}$  – коэффициенты трансформации трансформатора тока и трансформатора напряжения.

Желательно в целях уменьшения вероятности ошибок при настройке устройства указывать в уставках, задаваемых службой РЗА, также их вторичные (пересчитанные) значения. Это особенно важно, например, в

случаях, когда коэффициенты схемы не равны единице, или когда дистанционная защита трансформатора подключена к трансформаторам тока со стороны обмотки высокого напряжения, а трансформаторы напряжения, питающие дистанционную защиту, подключаются к обмотке низкого напряжения силового трансформатора.

6.6.11. Промежуточные реле и реле времени электромеханических устройств РЗА допускается проверять отдельно от общей схемы, отключая от нее обмотки реле или снимая сами реле с панели, если в схеме не предусмотрены токоограничивающие резисторы, конденсаторы, диоды, резисторы, шунтирующие обмотки реле и другие элементы, влияющие на работу реле в схеме. При наличии таких элементов необходимо реле проверять в полной схеме. При этом следует учитывать такие факторы, как длительность подачи напряжения в схему до начала измерения (для того, чтобы успели полностью зарядиться конденсаторы, участвующие в работе схемы), как возможные изменения в цепях, шунтирующих обмотку испытуемого реле, в процессе измерения, как возможные колебания оперативного напряжения от испытательных устройств.

В случае если проверка аппаратуры производилась со снятием с панели (шкафа, ящика, пульта и т.п.) и отключением проводов внешней коммутации, после окончания проверки и подсоединения аппарата должна быть проверена его схема соединений одним из способов, указанных в п. 6.4.

6.6.12. Регулировку и настройку уставок аппаратуры 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 оперативного напряжения.

б) Проверка шкалы уставок электромеханических реле должна производиться с учетом имеющихся разбросов параметров реле в связи с зависимостью 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.

в) Электромеханические 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.

г) Электромеханические промежуточные реле, реле тока и напряжения, имеющие несколько обмоток, включенных в разные цепи, должны



проверяться при подаче тока или напряжения поочередно в каждую из обмоток. Кроме того, должна быть проверена полярность включения обмоток.

д) Настройка уставки реле сопротивления должна производиться при заданных углах и токах настройки в соответствии с методическими указаниями по техобслуживанию дистанционных защит.

е) Настройка уставок микропроцессорных защит выполняется путем задания их через дисплей устройства или по специальной программе задания уставок через подключенный компьютер. После ввода требуемых значений производится их проверка подачей соответствующих величин от испытательного устройства. При отсутствии промежуточных контрольных точек и наличии только выходных и сигнальных реле, например, у микропроцессорных устройств, следует использовать выделение одного из этих реле (которое можно перепрограммировать) для проверки различных внутренних функций устройств.

6.6.13. При выполненных работах 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 штекерные разъемы не всегда обеспечивают надежное закорачивание цепей при вынуде модуле (блоке);

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

6.6.14. В уставках на устройства РЗА следует, как правило, указывать полное время работы устройства РЗА или его отдельных ступеней. В случае, когда указанное в уставках время действия ступени или устройства РЗА должно быть выставлено непосредственно на элементе задержки, это должно быть специально оговорено. В полное время работы устройства РЗА входит время от момента приложения воздействующей величины на вход устройства РЗА до момента замыкания контактов выходных реле, воздействующих на отключение (включение) коммутационных аппаратов или на другие устройства РЗА.

Поэтому запускать секундомер следует одновременно с подачей аварийных параметров тока, напряжения или дискретного сигнала на вход устройства РЗА, а останавливать от контакта выходного реле схемы. Регулируя при этом время действия элементов задержки, реле времени или промежуточных реле (имеющих такую регулировку), добиваются, чтобы полное время работы устройства РЗА было равно заданному.

Учитывая вышеизложенное, целесообразно проверку времени действия устройств РЗА совмещать с проверкой временных характеристик устройств РЗА (п. 6.9).

Время срабатывания или возврата отдельных элементов в сложных защитах, в том числе на ИМС, измеряется с помощью выносных или встроенных приспособлений и выносного или встроенного в испытательное устройство секундомера.

Для таких схем измерение времени действия отдельных элементов устройств РЗА можно производить с помощью дополнительного быстродействующего (герконового) реле, включаемого на выход схемы. При этом следует проверять допустимость дополнительной нагрузки на бесконтактном выходе схемы и при недопустимости этой нагрузки включать герконовые реле через полупроводниковый повторитель.

Таблица 3

Наименование параметра	Допустимое отклонение
1. Выдержка времени быстродействующих защит без элемента задержки	Примечание 1
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 БАПВ, УРОВ, противоаварийной автоматики, выполненной с реле времени повышенной точности (с максимальной уставкой по времени 1,3 с)	$\pm 0,1$ $\pm 0,06$ $\pm 0,03$
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, %	$\pm 5$
6. Сопротивление срабатывания дистанционных органов устройств РЗА, %	$\pm 3$
7. Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения, %	$\pm 3$
8. Ток и напряжение срабатывания для отключающих и включающих катушек приводов коммутационных аппаратов, %	$\pm 5$
9. Мощность срабатывания реле мощности, %: Устройств РЗА (кроме измерительных органов противоаварийной автоматики) Измерительных органов противоаварийной автоматики	$\pm 5$ $\pm 3$
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, %	$\pm 5$

Наименование параметра	Допустимое отклонение
13. Выходные напряжения блоков питания полупроводниковых защит, %: стабилизированные нестабилизированные	$\pm 1-3$ $\pm 5-10$
14. Угол между векторами напряжения реле контроля синхронизма, %	$\pm 10$
15. Угол срабатывания панели угловой автоматики, %	$\pm 2$
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. Сопротивление компенсации сопротивления обратной последовательности, %	5-10
19. Ток компенсации емкостного тока ВЛ, %	$\pm 15$
20. Проводимость компенсации емкостной проводимости ВЛ, %	$\pm 15$
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, %	$\pm 10$

Примечания.

1. В соответствии с указаниями завода-изготовителя. Если допустимое значение не указано, то оно определяется как сумма максимальных значений времени срабатывания последовательно работающих элементов.

2. См. также Приложение 2 «Правил (11)

Время срабатывания этого реле при измерении небольших выдержек времени следует вычитать из измеренного времени.

6.6.15. Уставки устройств РЗА следует настраивать при текущем техническом обслуживании в случаях, если отклонения уставок устройств РЗА отличаются от ранее выставленных на значения более, чем указанные в Таблице 3. Допустимое отклонение выражено в единицах измерения параметра или в процентах от заданного значения уставки.

6.6.16. Для МП устройств РЗА допустимые отклонения уставок от выставленных при первичной наладке должно соответствовать указаниям завода – изготовителя (фирмы). При отсутствии таких указаний рекомендуется ориентироваться на величины допустимых отклонений уставок (по соответствующим параметрам), приведенных в Таблице 3.

## **6.7. Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационными аппаратами**

Под коммутационными аппаратами, рассматриваемыми в настоящем параграфе, понимаются выключатели, предназначенные для коммутации токов нагрузки и отключения токов КЗ, а на подстанциях упрощенного типа – короткозамыкатели и отделители, также предназначенные для отключения токов КЗ путем создания искусственного короткого замыкания, которое чувствует защита на питающем конце линии электропередачи.

В электроэнергетике России используется несколько типов выключателей как отечественного, так и зарубежного производства. Наибольшее распространение имеют масляные и воздушные выключатели. Для относительно низких напряжений используются также электромагнитные выключатели. Все более широкое распространение приобретают элегазовые и вакуумные выключатели.

Для управления коммутационными аппаратами используются приводы электромагнитные, пневматические, пружинные, грузовые и др. Привод и управляемый им коммутационный аппарат следует рассматривать как единое целое. Правильность работы коммутационного аппарата зависит от правильности регулировки привода и наоборот. Поэтому регулировать механизм привода необходимо совместно с регулировкой аппарата.

Обязательным условием правильной работы привода является полная исправность всех деталей его механизма, чистота, отсутствие ржавчины, надлежащая смазка, выполнение всех требований в части зазоров, люфтов и др. требований, излагаемых в нормативных материалах и инструкциях фирм-изготовителей. Только после выполнения всех требований к механике привода имеет смысл производить проверку его электрических характеристик.

Регулировку приводов и его блок-контактов осуществляет персонал, обслуживающий коммутационные аппараты. Персонал РЗА осуществляет контроль регулировки и состояния блок-контактов после окончания работ по регулировке коммутационного аппарата.

6.7.1. Проверку электрических и временных характеристик следует производить в объемах, указанных в «Правилах» (11, 12) и в «Объеме и нормах испытаний электрооборудования» (20) на механически исправных приводах после их ревизии и проверки правильности регулировки их блок-контактов. Вследствие большого разнообразия коммутационных аппаратов и приводов перед проверкой их электрических характеристик следует изучить материалы фирм-изготовителей, поскольку в ряде случаев указанные объемы не совпадают с требованиями изготовителя. Например, проверка блока управления вакуумного выключателя ВВ-TEL, имеющего единственный электромагнит, управляющий как включением, так и отключением, должна выполняться по особым требованиям.

6.7.2. При техническом обслуживании следует измерить сопротивления постоянному току электромагнитов управления и контактора электромагнитов включения. Измерение можно производить с помощью моста постоянного тока или методом амперметра и вольтметра с ближайшего к приводу ряда зажимов. Измеренные значения должны соответствовать заводским нормам, а по ряду выключателей – значениям, приведенным в (20).

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

При новом включении или реконструкции следует измерить также сопротивление постоянному току всей цепи включения и всей цепи отключения (или всех упомянутых цепей для выключателей с пофазным приводом или для выключателей с двумя электромагнитами отключения) от шин постоянного тока как в нормальной схеме, так и при закороченных электромагнитах управления. По измеренным значениям расчетным путем следует убедиться в том, что падение напряжения в кабелях управления в момент включения и отключения не превышает 10 % номинального значения. Для воздушных выключателей с электромагнитами, имеющими форсировку, падение напряжения в кабелях необходимо определять при расчетном токе, составляющем 50 % от установившегося значения при несработавших электромагнитах (блок-контакты форсировки замкнуты).

Для электромагнитов с внешним токоограничивающим резистором (выключатели ВВД-330, ВВБ-500 и ВВБ-750) при новом включении следует отрегулировать в соответствии с требованиями завода-изготовителя, а при последующих проверках измерить от шинок управления сопротивление постоянному току петли включения и отключения каждой фазы в режиме форсировки и после ввода дополнительной части сопротивления. В состав петли входят жила включения (отключения), токоограничивающий резистор данной фазы, обмотка электромагнита и обратный провод до отрицательной шинки управления. Цепи электромагнитов других двух фаз должны быть разомкнуты. При проверках при новом включении для этих выключателей следует убедиться в том, что в наиболее тяжелом случае (при одновременном отключении наибольшего реально возможного числа выключателей) напряжение на шинках управления не будет ниже 80 % номинального значения.

6.7.3. Необходимо проверить параметры срабатывания и возврата электромагнитов управления и контакторов электромагнитов включения.

6.7.3.1. Для всех электромагнитов отключения и включения электромагнитных, ручных, пружинных и грузовых приводов, электромагнитов управления воздушными выключателями и контакторов включения электромагнитных приводов постоянного и переменного тока различают напряжение (ток) надежной работы и напряжение (ток) срабатывания

Напряжением (током) надежной работы считается минимальное напряжение (ток), при подаче которого толчком электромагнит отключает или включает выключатель, отделитель, короткозамыкатель и т.п. с временными и скоростными характеристиками, гарантированными заводом-изготовителем для данной конструкции. При проверках определяется не абсолютное значение этого напряжения (тока), а только то, что оно не превышает нормативного значения.

Напряжением (током) срабатывания считается минимальное напряжение (ток), при котором электромагнит отключает или включает коммутационный аппарат с возможным отклонением временных и скоростных характеристик от

гарантированных заводом-изготовителем. При проверках определяется либо абсолютное значение этого напряжения, либо то, что оно не превышает нормативного значения.

Для всех электромагнитов определение параметра срабатывания производится при плавном увеличении напряжения или тока, т.е. определяется напряжение или ток срабатывания. Такой метод рекомендуется по следующим причинам:

- при плавном нарастании тока или напряжения легче обнаруживаются различные неисправности деталей и ошибки в регулировке;

- во многих конструкциях, особенно в пружинных и грузовых приводах, применены облегченные сердечники, скорость движения которых при токе или напряжении срабатывания невелика. Невелика и кинетическая энергия, накопленная сердечником в момент соприкосновения с отключающей планкой, так как их масса и ход малы. Поэтому поворот планки происходит в основном за счет статического усилия, развиваемого сердечником. Заводы-изготовители регулируют приводы по статическому усилию на отключающей планке;

- в некоторых конструкциях электромагнитных приводов начальное расстояние между головкой бойка и защелкой равно нулю, поэтому электромагнит начинает сразу, без свободного хода, поднимать защелку.

Напряжение надежной работы также подбирается при плавном увеличении напряжения. Затем значение напряжения надежной работы уточняется при подаче напряжения толчком.

Напряжение или ток срабатывания (возврата) является одним из основных показателей правильности сборки, регулировки и исправности привода. Если напряжение или ток срабатывания электромагнита оказываются чрезмерно велики (малы), то необходимо выяснить причину неисправности электромагнита или привода.

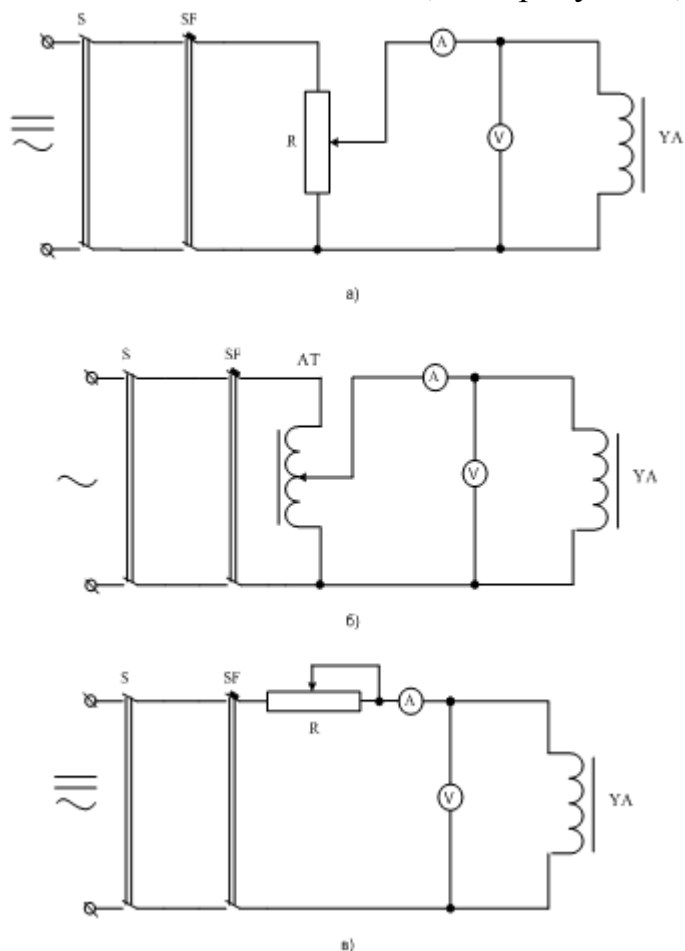
Основные причины, вызывающие отказ электромагнитов, следующие:

- обрыв одной из секций двухсекционной обмотки;
- межвитковое замыкание в обмотке;
- неправильно выбранные номинальные напряжение и ток электромагнита;
- неисправность механизма: грязь, заусенцы, перекосы, малое начальное расстояние между бойком и защелкой, неправильно установленное начальное расстояние между сердечником и контрполюсом.

Неисправности обмоток постоянного тока определяют измерением их сопротивления. Неисправности обмоток переменного тока определяются при снятии их вольт-амперных характеристик или при определении их сопротивления на переменном токе. Эти значения определяют при номинальном напряжении и втянутом якоре, чтобы можно было сравнить результаты измерений с данными заводов-изготовителей. Неисправности механизма определяют осмотром или измерением статического усилия на отключающей планке. Повышенное напряжение или ток срабатывания

исправного электромагнита указывает на неисправность привода, обычно на чрезмерно глубокое зацепление.

6.7.3.2. Электромагниты включения и отключения и контакторы включения постоянного тока можно проверять по простейшим схемам, приведенным на рисунках 5, а, в. Схема на рисунке 5, а применяется для проверки электромагнитов малой мощности, а на рисунке 5, в – большой.



**Рис. 5 Схемы для проверки электрических характеристик электромагнитов приводов коммутационных аппаратов:**  
а – потенциометром; б – автотрансформатором; в - реостатом

Для проверки шунтовых электромагнитов переменного тока рекомендуется схема, приведенная на рисунке 5, б, а для токовых электромагнитов, работающих в схемах дешунтирования, схема на рисунке 5, в.

При подборе реостатов, потенциометров и автотрансформаторов необходимо учитывать следующее:

а) значение тока в обмотках токовых электромагнитов не должно изменяться при втягивании сердечника более чем на 5-10 %, поэтому реостат в схеме на рисунке 5, в должен иметь достаточно большое значение сопротивления. Ориентировочное значение сопротивления реостата (R) может быть определено по приближенной формуле:

$$R = (2 - 3) X_{\Sigma} - R_{\Sigma}, \quad (4)$$

где  $X_3$  – индуктивное сопротивление обмотки электромагнита при втянутом положении сердечника, Ом;

$R_3$  – активное сопротивление обмотки электромагнита, Ом.

Проверять токовые электромагниты по схемам рисунков 5, а, б недопустимо, так как они не обеспечивают соблюдения вышеуказанного условия;

б) значение напряжения на обмотке электромагнита переменного напряжения не должно изменяться при втягивании сердечника. Для выполнения этого условия сопротивление потенциометра в схеме на рисунке 5, а должно быть очень мало. Поэтому рекомендуется проверку этих электромагнитов производить с помощью автотрансформатора по схеме на рисунке 5, б;

в) во всех случаях при проверке электромагнитов постоянного тока сопротивление реостатов и части потенциометра, включенных последовательно с обмоткой электромагнита, должно быть минимальным. Чем больше значение этого сопротивления, тем быстрее будет нарастать ток в обмотке электромагнита при подаче на нее напряжения толчком за счет уменьшения результирующего отношения индуктивности к активному сопротивлению цепи. Напряжение надежной работы при этом снижается, что может вызвать ошибки в регулировке.

Поскольку проверка электромагнитов управления осуществляется, как правило, с помощью комплектных испытательных устройств, следует учитывать особенности испытательного устройства. В частности, для проверки электромагнитов постоянного тока в установках, например, У5053 используется пульсирующий выпрямленный ток. При недостаточном сглаживании значение напряжения или тока срабатывания может несколько искажаться. При проверке электромагнитов управления переменного тока внутреннее сопротивление устройства должно быть значительно меньше, чем сопротивление электромагнита, чтобы, как говорилось выше, ток при втягивании сердечника изменялся не более чем на 5-10 %.

6.7.3.3. Для электромагнитов включения и отключения воздушных выключателей следует проверить работоспособность при наибольшем рабочем давлении воздуха и снижении напряжения на зажимах электромагнитов до 70 % номинального значения при питании привода от источника постоянного тока и 65 % номинального значения при питании привода от источника переменного тока в (20). Этим проверяется, что напряжение срабатывания ниже нормируемого значения. Проверку следует производить со щита управления (релейного щита) подачей напряжения толчком. Напряжение, равное 70 (65) % номинального значения, подается либо от мощного источника пониженного напряжения (например, от зарядного агрегата, отпайки от аккумуляторной батареи и т.п.), либо создается искусственно путем ввода дополнительных электромагнитов в цепь питания электромагнитов выключателя от источника оперативного напряжения. Для выключателей с последовательным включением электромагнитов трех фаз



необходимо включить дополнительно два последовательно включенных электромагнита. Для выключателей с параллельным включением электромагнитов проверка производится пофазно (цепь электромагнитов двух других фаз разрывается) с включением дополнительно двух электромагнитов, собранных параллельно. В данном случае в качестве дополнительных электромагнитов могут быть использованы электромагниты двух других фаз. При отсутствии вспомогательных электромагнитов снижение напряжения на зажимах электромагнитов до 70 (65) % номинального значения можно произвести путем ввода добавочного активного сопротивления в цепь питания электромагнитов выключателя от источника оперативного напряжения по схеме рисунка 5, в. В такой схеме за счет последовательно включенного активного сопротивления увеличивается скорость нарастания тока в обмотках электромагнитов. Поэтому при испытании они работают при более легких условиях, чем в действительности. Чтобы компенсировать это различие, рекомендуется проверку производить при понижении напряжения до  $(0,5-0,6)U_{ном}$  в зависимости от схемы соединений электромагнитов вместо нормируемого значения  $0,65U_{ном}$ . Для выключателей с последовательным включением электромагнитов трех фаз значение этого сопротивления ( $R$ ), в Омах, должно быть:

$$R = 0,75 R_{эм}, \quad (5)$$

где  $R_{эм}$  – суммарное активное сопротивление трех электромагнитов. Для выключателей с параллельным включением электромагнитов с форсировкой проверки производятся пофазно (цепь двух других фаз разрывается), а значение добавочного сопротивления (в Омах) должно быть:

$$R_{доб} = R_{эм}, \quad (6)$$

где  $R_{эм}$  – активное сопротивление обмотки проверяемого электромагнита в режиме форсировки.

Сопротивление всех участков кабеля от источника питания до электромагнитов не учитывается и идет в запас. Подачей напряжения на электромагниты ключом управления или от выходного реле устройства защиты (АПВ) следует убедиться в отключении и включении всех фаз выключателя.

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

6.7.3.4. Для электромагнитов отключения масляных выключателей следует проверить напряжение срабатывания, то есть, минимальное значение оперативного напряжения, при котором отключается выключатель.

Проверка производится непосредственно возле привода выключателя с использованием схемы рисунка 5, в следующем порядке:

а) быстро (чтобы нагрев обмотки электромагнита был минимальным) увеличить напряжение до 35 % номинального значения. Снять напряжение и подать его толчком. Выключатель не должен отключаться, в противном случае требуется регулировка;

б) продолжить увеличение напряжения с контролем по вольтметру до момента отключения выключателя, но не выше 65 % номинального значения. Зафиксировать напряжение на электромагните, которое было перед отключением выключателя, как напряжение срабатывания;

в) если при плавном увеличении напряжения до 65 % номинального значения выключатель не отключится, то опробовать действие электромагнита при подаче этого же значения напряжения толчком. Если и при этом он не отключится, то отрегулировать привод.

При проверке напряжения срабатывания после каждой неудавшейся попытки отключить выключатель (при подаче напряжения толчком) вернуть отключающую защелку в исходное положение. При предварительной проверке возврат допускается производить вручную, перед окончательной проверкой следует отключить и включить выключатель от схемы управления.

6.7.3.5. Для контактора включения масляного выключателя с электромагнитным приводом проверить напряжение срабатывания и возврата с использованием схемы рисунка 5, в.

При снятом питании электромагнита включения и установленных на контакторе гасительных камерах плавно увеличить напряжение на обмотке контактора включения и зафиксировать напряжение полного втягивания магнитной системы, которое должно быть не выше 65 % номинального значения. Плавно снижая напряжение, проверить напряжение возврата, которое не нормируется, но не должно существенно отличаться от данных предыдущих измерений (снижение напряжения возврата свидетельствует о нарушении механической регулировки, затираниях и т.п.).

6.7.3.6. Проверку напряжения срабатывания электромагнитов включения короткозамыкателей, электромагнитов отключения отделителей, электромагнитов включения и отключения выключателей с пружинными и грузовыми приводами осуществляют аналогично описанному в п. 6.7.3.4.

Напряжение срабатывания электромагнитов отключения отделителей и масляных выключателей с грузовым и пружинным приводами (а также электромагнитов включения короткозамыкателей) на постоянном и переменном оперативном напряжении не должно превышать 65 % номинального значения.

Напряжение срабатывания электромагнитов включения выключателей с грузовым и пружинным приводами на постоянном и переменном оперативном напряжении должно быть не выше 80 % номинального значения.

6.7.3.7. У электромагнитов, питающихся переменным током по схеме дешунтирования, проверяется ток срабатывания. На основании опыта эксплуатации рекомендуется обеспечивать ток срабатывания токовых

электромагнитов не более 80 % тока срабатывания наиболее чувствительной защиты, действующей на этот электромагнит. Поскольку коэффициент чувствительности токовых защит в зоне основного действия в соответствии с ПУЭ должен быть не менее 1,5, то минимальное значение тока, проходящего по обмотке электромагнита при КЗ, должно быть в  $1,5/0,8 = 1,9$  раза больше значения его тока срабатывания. Соответственно, при КЗ в зоне резервного действия минимальное значение тока, проходящего по обмотке электромагнита при КЗ, должно быть в  $1,2/0,8 = 1,5$  раза больше значения его тока срабатывания. За счет этого обычно обеспечивается и необходимое время его работы.

Одновременно с токов срабатывания необходимо проверить падение напряжения на обмотке токового электромагнита для проверки пригодности трансформаторов тока, от которого работает электромагнит, и для проверки контактов реле, дешунтирующих обмотки электромагнита.

6.7.3.8. Для электромагнитов, работающих от предварительно заряженных конденсаторов, рекомендуется выполнить следующие условия:

а) действительная емкость конденсатора, от которого работает электромагнит, должна быть в 1,5-2 раза больше емкости срабатывания электромагнита;

б) напряжение срабатывания – минимальное напряжение на конденсаторе, обеспечивающее работу электромагнита при отключенном источнике зарядного напряжения, должно быть равно примерно 50 % нормального.

Такие значительные запасы объясняются следующими причинами:

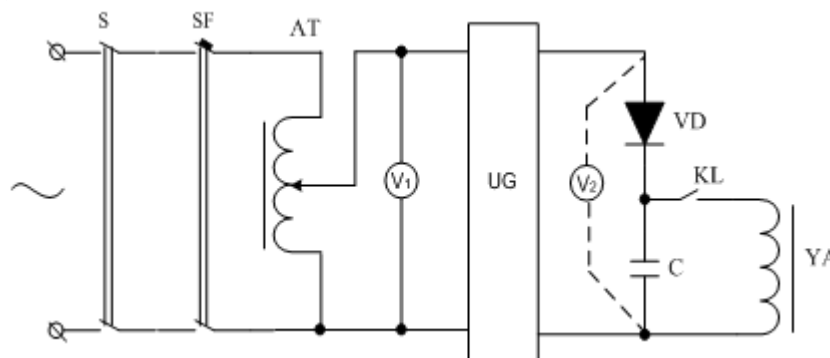
а) Напряжение срабатывания электромагнитов отключения устанавливается обычно равным 65-70 % напряжения питания. Следовательно, после длительного понижения напряжения питания конденсатор может быть заряжен только до 65-70 % нормального напряжения. При таком напряжении и выясняется минимальная емкость, необходимая для срабатывания – емкость срабатывания.

б) При новом включении привод и электромагниты находятся в хорошем состоянии: смазка не загустела, детали не загрязнены и не заржавели. Сопротивление изоляции между конденсатором и электромагнитом высокое. За несколько лет эксплуатации до очередного ремонта состояние привода ухудшается, вследствие чего усилие, требующееся от сердечника электромагнита, значительно увеличивается. Кроме того, ухудшается сопротивление изоляции цепей, и увеличивается утечка. Конденсаторы стареют, и емкость их уменьшается.

в) Разряд конденсатора на электромагнит продолжается сотые доли секунды. За это время электромагнит должен успеть сработать и освободить запирающий механизм привода. Ухудшение условий работы, несущественное для электромагнитов, питающихся, например, от аккумуляторной батареи, может вызвать отказ электромагнита при питании от конденсатора.

г) Для надежной работы и обеспечения необходимого времени работы выключателя электромагнит должен успеть сработать за время нарастания тока разряда конденсатора. При этом для обеспечения быстрого отключения выключателя необходимо, чтобы максимальное значение тока разряда значительно превышало ток срабатывания электромагнита.

Исходя из вышеизложенного, необходимо определить минимальное напряжение заряда блока конденсаторов для четкого срабатывания электромагнита, работающего от предварительно заряженных конденсаторов. Проверку следует произвести при совместной работе блоков конденсаторов и зарядных устройств с действием на электромагнит включения (отключения) по схеме рисунка 6 в следующем порядке:



**Рис. 6** Схема измерения минимального напряжения заряда конденсатора, необходимого для четкой работы электромагнита

- а) отключить 30-50 % емкости конденсаторной батареи;
- б) зашунтировать контакты реле минимального напряжения зарядного устройства;
- в) 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;
- г) отключить зарядное устройство;
- 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.

Значение напряжения на выходе зарядного устройства, при котором электромагнит четко срабатывает, должно быть не более 260 В (65 % номинального значения выпрямленного напряжения).

После этого следует подключить отключенную часть конденсаторной батареи, расшунтировать реле минимального напряжения зарядного устройства и при номинальном напряжении на батарее опробовать работу электромагнита с целью убедиться в отсутствии ошибок при восстановлении цепей.

6.7.3.9. Проверка электромагнитов приводов большинства элегазовых и вакуумных выключателей принципиально не отличается от проверки их в приводах масляных выключателей. Особенности проверки должны быть изложены в заводских инструкциях.

Особое место занимают вакуумные выключатели с так называемой магнитной защелкой (BB-TEL). Длительное включенное состояние этих выключателей обеспечивается за счет остаточной магнитной индукции в магнитной системе привода. Привод снабжен единственным электромагнитом управления, обеспечивающим включение выключателя при подаче на него напряжения от блока управления, поставляемого комплектно с выключателем. Отключение выключателя происходит при подаче на электромагнит напряжения обратной полярности от предварительно заряженного конденсатора в блоке управления. Техническое обслуживание такого привода осуществляется в соответствии с инструкциями фирмы-изготовителя. В настоящее время не накоплен достаточный опыт эксплуатации таких приводов, в частности, влияние старения и загрязнения конденсаторов, участвующих в процессе включения, довключения и отключения, влияние износа контактных систем промежуточных реле в блоке управления на надежную работу выключателя.

6.7.4. В соответствии с (20) проверяется надежность работы приводов коммутационных аппаратов в полной схеме при значениях оперативного напряжения  $0,9U_{ном}$  на включение и  $0,8U_{ном}$  на отключение. Количество коммутаций зависит от типа выключателя и также нормируется в (20). При этих же значениях напряжения проверяется надежность работы контакторов и автоматов многократными включениями и отключениями (20, п. 26.4). Способы получения пониженного напряжения аналогичны указанным в п. 6.7.3.3. При плановом техобслуживании надежность работы привода проверяется при номинальном оперативном напряжении.

6.7.5. Проверяется время включения (отключения) выключателя, время включения короткозамыкателя и отключения отделителя, время готовности привода для приводов с механизмом или электрической схемой для повторного включения в цикле АПВ. Время включения и отключения должно соответствовать нормативам, приведенным в (20).

6.7.6. Работы, перечисленные в п. 6.7, выполняются персоналом, которому это вменено в обязанность положениями по разграничению зон обслуживания, по методикам, принятым для данного типа коммутационного аппарата.

## **6.8. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА**

6.8.1. Проверку взаимодействия элементов устройств РЗА следует производить в целях определения правильности выполнения монтажа, его соответствия принципиальной схеме устройства РЗА (особенно важно при проверках тех типовых панелей устройств РЗА, для которых проверка

правильности монтажа согласно п. 6.4.4 методом «прозвонки» не производится) и исправности отдельных элементов устройств РЗА.

6.8.2. Проверку взаимодействия следует производить при оперативном напряжении, равном 80 % номинального значения.

Во время проверки взаимодействия по мере срабатывания реле изменяется потребление проверяемого устройства. При недостаточно мощном источнике питания это может привести к изменению оперативного напряжения на панели, особенно при простейшей схеме питания через потенциометр. Например, потребление по оперативным цепям широко распространенной панели ЭПЗ-1636 колеблется от 110 Вт в режиме дежурства до 370 Вт в режиме срабатывания. Поэтому в процессе проверки необходимо по возможности использовать низкоомные потенциометры, установки с малым внутренним сопротивлением, контролировать значение оперативного напряжения и, при необходимости его корректировать. Фирмы-изготовители в своей документации должны давать внешние характеристики испытательных устройств.

6.8.3. В объем проверки взаимодействия элементов устройств входит проверка взаимодействия всех элементов, изображенных на принципиальной проектной схеме, включая оперативные цепи, выходные цепи, цепи сигнализации, резервные выходные цепи. Проверяется надежность отсоединения элементов типовой схемы, отключенных в соответствии с проектной схемой.

6.8.4. Проверку взаимодействия реле в схемах устройств РЗА, выполненных на базе электромеханических реле, следует производить, как правило, вызывая замыкание и размыкание контактов реле путем непосредственного воздействия от руки на якорь реле. При необходимости проверки монтажа схемы или в процессе проверки ее отдельных элементов допускается замыкание или размыкание отдельных контактов реле методами, не нарушающими механическую регулировку контактной системы реле. Запрещается в процессе проверки подкладывать под контакты реле материалы и предметы, которые могут загрязнить контакты реле или нарушить их механическую регулировку. Вызывая необходимые комбинации срабатываний и возвратов реле, сопоставляют реакции схемы устройства с принципиальной схемой и имитируемыми условиями. Поочередно проверяется действие каждого из контактов схемы на срабатывание или блокировку элементов схемы.

Проверку взаимодействия сложных устройств РЗА, выполненных на базе ИМС, следует производить путем подачи входных воздействий с помощью блоков тестового контроля, имеющих в таких устройствах. В отдельных случаях, когда объем операций, выполняемых блоком тестового контроля, недостаточен для проведения имитируемых режимов, проверку взаимодействия можно производить путем подачи тока, напряжения от посторонних источников на ряды зажимов устройства, путем замыкания или размыкания контактов устройства. Также допускается вызывать требуемые

воздействия путем подачи сигналов логического нуля (он часто оказывается связанным с корпусом панели) в контрольные точки схемы за исключением той точки, на которую подан положительный потенциал блока питания. Эту проверку нужно производить с особой осторожностью с тем, чтобы ошибочно не подать сигнал логической единицы, что может привести к повреждению микросхемы. Реакцию устройства следует определять по светодиодной сигнализации, срабатыванию указательных реле, действию промежуточных реле и с помощью омметра или вольтметра, подключенного на выводах устройства к выходным цепям. Для некоторых устройств целесообразно на время проверки устанавливать временную перемычку для подключения выходной группы реле, отключаемой во время тестового опробования.

Взаимодействие микропроцессорных терминалов и функций внутри терминалов проверяется как с помощью тестового контроля, так и подачей входных токов и напряжений, имитирующих аварийные режимы.

6.8.5. При проверке взаимодействия устройств РЗА выполняются следующие основные пункты:

а) Проверяется правильная последовательность работы элементов схемы устройства от пусковых до выходных элементов. В устройствах РЗА, имеющих разделение цепей по отдельным фазам, – правильность работы и соответствие фаз входного и выходного воздействий, отсутствие связи между цепями отдельных фаз или наличие предусмотренной схемой взаимосвязи.

б) Проверяется отсутствие обходных связей, приводящих к ложному срабатыванию элементов схемы, которые не должны реагировать на подаваемые входные воздействия.

в) Проверяется правильность работы схемы в зависимости от состояния реле направления мощности в устройствах РЗА, имеющих такие реле.

г) Проверяется наличие замедления при срабатывании в устройствах РЗА, действующих с выдержкой времени.

д) Проверяется правильность взаимодействия элементов устройства, относящихся к цепям каждой из ступеней в устройствах РЗА, имеющих несколько ступеней.

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

ж) Проверяется правильность переключений в цепях тока и напряжения, достоверность маркирования фаз тока и напряжения.

з) Проверяется правильность работы устройства РЗА во всех положениях переключающих устройств: ключей, переключателей, накладок, испытательных блоков, штекерных разъемов, автоматических выключателей, контактных мостиков измерительных зажимов в случаях, когда с их помощью выставляется режим работы схемы. В последнем случае следует обратить внимание на надежность фиксации отключенного положения контактных мостиков. Учитывая ненадежность контактных мостиков измерительных

зажимов, не рекомендуется использовать измерительные зажимы для изменения режима работы схемы.

и) Проверяется правильность подключения выводов обмоток (соблюдение полярности) на промежуточных реле с несколькими обмотками, правильность работы реле по цепям основной и удерживающих обмоток.

к) Проверяется правильность и полнота содержания надписей под переключающими устройствами, реле, блоками, комплектами в соответствии с обозначениями проектной схемы и диспетчерскими наименованиями первичного оборудования.

л) Проверяется соответствие положения переключателя уставок выставленной метке (например, для защит обходных выключателей).

м) Проверяется надежность отстройки промежуточных реле, обмотки которых включены через добавочные резисторы, от срабатываний, не предусмотренных схемой (по цепям удерживания), надежность удерживания реле через добавочные резисторы.

н) Проверяется четкость и стабильность срабатывания промежуточных реле, отсутствие «зависаний» якоря реле.

о) Проверяется эффективность работы и правильность включения искрогасительных контуров, если это возможно оценить по поведению контактов.

п) Проверяется правильность работы устройств сигнализации: табло, светодиодов, указательных реле.

р) Проверяется правильность включения цепей, содержащих разделительные диоды в оперативных цепях, в цепях сигнализации и выходных цепях. Следует измерить с помощью омметра сопротивления резисторов (если они предусмотрены схемой) в цепях выходных контактов и в цепях сигнализации устройства. С помощью вольтметра следует проверить значение напряжений в цепях аналоговых выходных сигналов, например, при использовании бесконтактных схем управления коммутационными аппаратами.

с) Проверяется правильность работы схемы сигнализации при действии максимального количества сигналов, цепи которых включаются параллельно одна другой.

т) Проверяется обеспечение однократности действий устройства, например, АПВ, а также выполняется ориентировочная оценка времени повторной готовности устройства к работе.

у) Проверяется отсутствие ложных срабатываний устройства при подаче и снятии оперативного напряжения, при возникновении помех, вызванных коммутациями отдельных элементов с большой индуктивностью проверяемого и других (расположенных вблизи проверяемого) устройств РЗА, а также из-за наводок на жилах контрольных кабелей при операциях с выключателями и разъединителями. Следует обратить внимание, что при проверке взаимодействия микропроцессорных устройств и устройств на ИМС неправильные действия, вызываемые помехами, не всегда выявляются.



Поэтому вопросы электромагнитной совместимости таких устройств должны решаться тщательной проверкой принятых проектных решений и проверкой электромагнитной обстановки на объекте, особенно важно при замене электромеханических устройств на микропроцессорные в действующих объектах.

ф) Проверяется обеспечение полноты имитируемых режимов для проверки всех элементов устройства, изображенных на принципиальной схеме.

х) Проверяется снятие напряжения с группы выходных реле при переводе устройства РЗА в режимы ВЫВОД и ПРОВЕРКА.

Перечисленными основными пунктами проверка взаимодействия не исчерпывается и может быть дополнена при предварительном анализе проверяемой схемы.

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

6.8.6.1. 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.). Можно также ограничить токи, протекающие по обмоткам, путем ввода добавочного резистора, если это не сложно, 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.

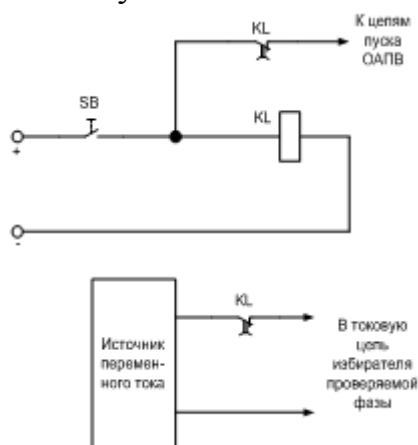
6.8.6.2. Восстановить цепи обмоток электромагнитов управления и проверить:

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;

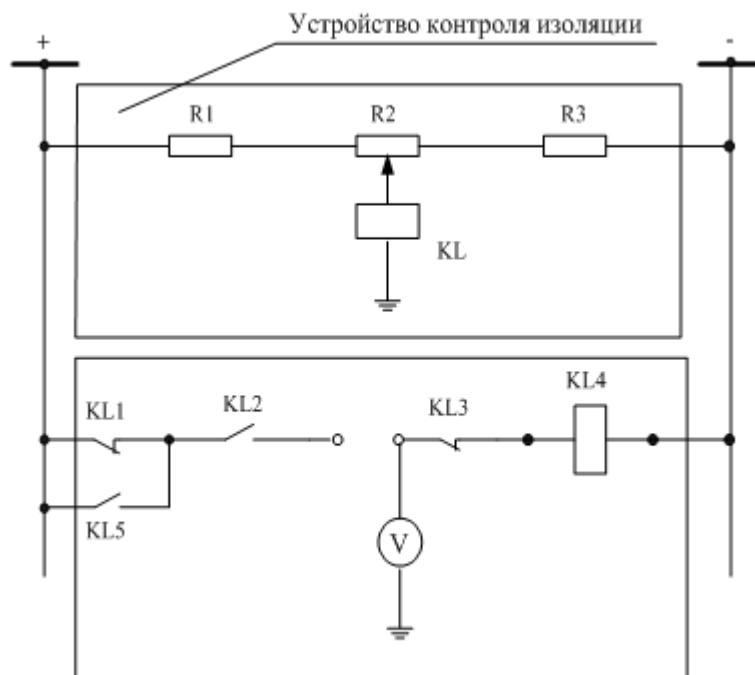
г) работу выключателей во всех режимах автоматического повторного включения (ТАПВ, БАПВ, УТАПВ, ОАПВ). Имитацию режимов ОАПВ удобно производить с помощью схемы, приведенной на рисунке 7, если отсутствует установка ЭУ 5001. В этой схеме к токовым цепям избирателей проверяемой фазы выключателя через размыкающий контакт реле KL (серии РП 251) подводится ток, достаточный для срабатывания избирателя, затем нажатием кнопки SB на время, превышающее время цикла ОАПВ, производится кратковременный пуск схемы ОАПВ.



**Рис. 7** Схема для опробования ОАПВ

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

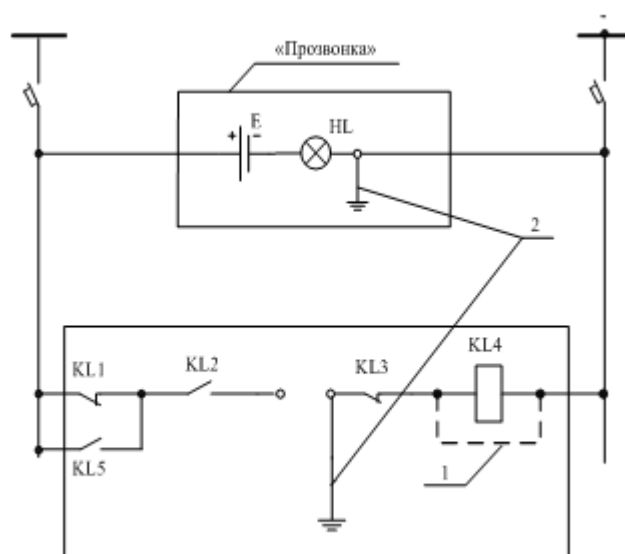
6.8.7. Отыскание неисправностей, выявленных при опробовании взаимодействия устройства, удобно производить, измеряя напряжения в различных точках проверяемой цепи высокоомным вольтметром. Измерения могут производиться по отношению к земле (рисунок 8), если устройство подключено к сети с включенным устройством контроля изоляции, или по отношению к одному из полюсов источника оперативного напряжения, определяя при этом место обрыва или ложную цепь. В обоих случаях по полярности измеренного напряжения определяют, со стороны какого полюса источника оперативного напряжения, имеет место разрыв или ложная цепь.



**Рис. 8** Схема отыскания неисправности с помощью вольтметра

На практике вместо вольтметра используют иногда бытовые индикаторы напряжения, в которых установлена неоновая лампа с удлинённым газоразрядным промежутком, например ВМН-2. В этом случае знак измеряемого напряжения определяется по свечению одного из электродов. Предварительно индикатор маркируют, подключая его к источнику с известной полярностью. Способ неприменим при переменном оперативном напряжении.

Отыскание неисправностей в схеме может быть также выполнено при отключённом оперативном напряжении с помощью «прозвонки», подключаемой по схеме, приведенной на рисунке 9.



**Рис. 9** Отыскание неисправности в схеме с помощью прозвонки

В этом случае, временно устанавливая перемычки 1, шунтирующие обмотки аппаратуры или заземляющие перемычки 2 в различных местах

устройства, например, начиная с середины цепи, и в необходимых случаях размыкая или замыкая контакты реле, включенных в проверяемую цепь, можно быстро определить место разрыва или ложную цепь. Этот способ менее надежен и удобен, поэтому рекомендуется к использованию лишь в случае, когда отыскание неисправности с помощью вольтметра не приводит к желаемым результатам.

После выявления неисправности следует повторить проверку взаимодействия, поскольку в процессе отыскания неисправности могут быть оставлены излишние перемычки или разрывы цепей.

## **6.9. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме**

6.9.1. Временные характеристики устройства РЗА определяются путем измерения времени действия устройства по каналам срабатывания отдельных функциональных узлов (отдельных видов и ступеней защит, устройств, блокировок и др.), входящих в состав устройства. Характеристики снимаются с учетом взаимодействия устройств между собой при подаче на вход устройства аварийных или пусковых параметров режима (тока, напряжения, замыкания или размыкания контактов других устройств, воздействующих на вход проверяемого устройства РЗА и др.).

6.9.2. Полное время действия устройств следует измерять согласно п. 6.6.14.

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

Для проверки удобно использовать комплектные устройства, например, У5053 (ЭУ5001) или современные устройства РЕТОМ-51, «Уран 1, 2» и другие, обеспечивающие необходимые режимы проверки. Устройства, предполагающие физическое воспроизведение аварийных процессов по математическим программам, разрабатываемым для конкретных типов устройств РЗА, предпочтительнее. Для измерения интервалов времени следует пользоваться встроенным или выносным электросекундомером (миллисекундомером).

6.9.4. При проверке временных характеристик сложных устройств РЗА на проверяемое устройство РЗА, как правило, должно быть предварительно подано переменное симметричное напряжение, соответствующее нормальному режиму (ток, соответствующий току нагрузки, на устройство обычно предварительно не подается). Затем одновременно с запуском секундомера на устройство подаются сочетания токов и напряжений, имитирующие различные режимы КЗ (однофазные, двухфазные, трехфазные) различной удаленности в зоне действия устройства или его отдельных ступеней, вне зоны, в начале защищаемого участка, «за спиной» (для защит линий – на шинах подстанции), а также другие режимы, при которых может

проявляться правильное или неправильное поведение устройства РЗА, например, при сбросе обратной мощности, снижении переменного напряжения до нуля при отсутствии тока и т.п. Объем имитаций определяется соответствующими инструкциями и методическими указаниями для конкретных видов защит.

6.9.5. При проверках времени срабатывания (или возврата) устройств РЗА с характеристиками времени действия, зависящими от кратности подводимых параметров, должно быть проверено несколько точек этих характеристик в соответствии с заданными при расчете уставок требованиями. Если от устройств такая зависимость не требуется, проверки должны проводиться при подведении таких кратностей, которые соответствовали бы расчетным значениям параметров при КЗ.

Эти кратности должны соответствовать приведенным ниже.

а) Для защит максимального действия должны подаваться кратности, соответствующие 0,9 и 1,1 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия – ток или напряжение, равные 1,3 уставки срабатывания.

Для дифференциальных защит ток подается поочередно в каждое из плеч защиты.

Для токовых направленных защит подается номинальное переменное напряжение с фазой, обеспечивающей срабатывание органа направления мощности. При этом поданная мощность должна превышать мощность срабатывания органа не менее чем в 2-3 раза.

б) Для защит минимального действия должны подаваться кратности, соответствующие 1,1 и 0,9 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия – ток или напряжение, равные 0,8 уставки срабатывания. Для токовых защит с пуском минимального напряжения должны подаваться кратности, соответствующие комбинациям по пунктам а и б.

в) Для многоступенчатых дистанционных защит временную характеристику следует снимать для сопротивлений, равных  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$  и т.д. Регулировку выдержки времени второй, третьей и следующих ступеней следует производить при сопротивлениях, равных соответственно  $1,1Z_1$  и т.д. Регулировку выдержки времени в первой ступени (при необходимости) следует производить при сопротивлении, равном  $0,5Z_1$ . Кроме времени срабатывания следует измерить длительность сработавшего состояния защиты в случае работы по «памяти» при имитации близких КЗ в «мертвой зоне».

При проверках временных характеристик необходимо измерять время действия отдельных ступеней защиты по цепи ускорения. Эти измерения производятся при подведении к защите тех же кратностей тока и напряжения что и при контроле (регулировке) времени действия.

Если выполняется пуск УРОВ от проверяемой защиты, необходимо измерить время замкнутого состояния выходных реле защиты, которое должно быть меньше времени срабатывания УРОВ во избежание его неправильного действия.

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

6.9.7. Проверку и регулировку временных характеристик следует производить с учетом имеющего место разброса временных параметров (п. 6.6.12, б).

6.9.8. После проверки временных характеристик не следует производить работы, в результате которых может нарушиться целостность проверенных цепей и работоспособность устройства, например, изменять положение переключателей уставок, вынимать блоки из разъемов, отсоединять проводники и т.п.

#### **6.10. Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами**

6.10.1. Перед вводом устройства РЗА в работу (или перед проверкой под нагрузкой, если она будет производиться) следует произвести проверку взаимодействия устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами для проверки работоспособности устройств РЗА, коммутационных аппаратов и правильности функционирования оперативных цепей, связывающих их между собой в единый комплекс. Проверка производится при новом включении или после технического обслуживания, связанного с работой в оперативных цепях, при котором эти цепи могли оказаться нарушенными. В последнем случае проверяются по крайней мере те цепи, которые могли оказаться нарушенными в процессе работы.

6.10.2. Проверку взаимодействия устройств РЗА следует производить, как правило, на выведенных из работы устройствах РЗА и разобранных разъединителями схемах первичных соединений коммутационных аппаратов. Проверку взаимодействия в этом случае следует производить в следующем порядке:

а) При снятом с устройств и коммутационных аппаратов оперативном напряжении подсоединяются кабельные связи между устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, с предварительной проверкой их изоляции (или проверкой изоляции устройства РЗА в полностью собранной схеме) согласно п. 6.5.

б) На устройства РЗА подается номинальное оперативное напряжение.

в) Производится проверка взаимодействия непосредственным воздействием одного устройства на другое для каждой цепи с учетом требований, изложенных в пунктах 6.8.4-6.8.7. При проверке взаимодействия следует учитывать положение коммутационных аппаратов и реле, блок-

контактов, фиксирующих это положение. Проверку в необходимых случаях следует производить при включенном и отключенном положении коммутационных аппаратов, а если такой возможности нет, размыканием или замыканием блок-контактов коммутационных аппаратов.

Для сложных устройств РЗА, выполненных на базе ИМС, или микропроцессорных устройств РЗА в случаях, когда имитация проверяемых режимов затруднена, допускается проводить проверку взаимодействия, устанавливая перемычки в выходных цепях на рядах выводов устройств РЗА при условии, что предварительно на этих выводах были проверены выходные воздействия устройства.

г) Подается оперативное напряжение на коммутационные аппараты и опробуется действие устройства РЗА на отключение, включение, в том числе АПВ. Действие газовой защиты должно быть опробовано на отключение выключателей (или другие коммутационные аппараты) путем непосредственного воздействия на газовые реле.

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

6.10.3. Подключение кабельных связей проверяемого устройства и проверку его взаимодействия с включенными в работу устройствами РЗА следует производить при номинальном оперативном напряжении в следующей последовательности:

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

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

в) подсоединить цепи связи с другими устройствами на рядах зажимов проверяемого устройства, предварительно проверив «прозвонкой» правильность маркировки жил и их изоляцию (п. 6.5);

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. Если выключатель имеет два отключающих электромагнита, также должны быть опробованы цепи отключения на каждый электромагнит отдельно.

6.10.4. 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. 5.1). Проверка производится под контролем служб РЗА, в управлении которых находятся устройства, взаимодействие которых проверяется.

6.10.5. Проверка взаимодействия устройств РЗА с АСУ ТП выполняется по программам с участием всех заинтересованных служб: РЗА, АСУ, диспетчерской службы и службы связи. Это взаимодействие частично может проверяться в процессе наладки устройства РЗА. В частности, отображение на мониторах оперативного персонала положения коммутационных аппаратов, отключения их от защиты, срабатывания аварийной сигнализации, срабатывания указательных реле и т.п. может проверяться в процессе вышеописанной проверки взаимодействия элементов устройства РЗА и проверки характеристик устройства РЗА в полной схеме.

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

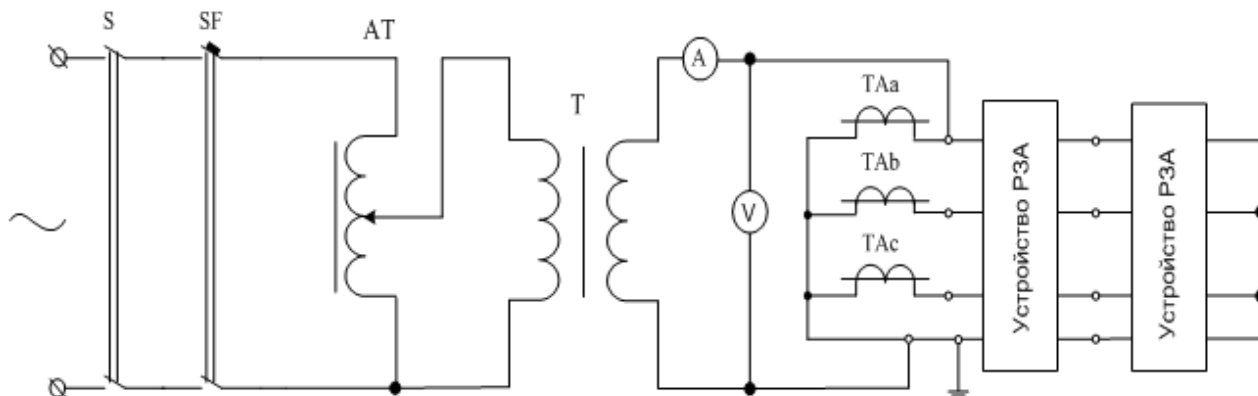
## **6.11. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением**

6.11.1. Перед проверкой устройств РЗА первичным током и напряжением в ряде случаев целесообразно проверять правильность прохождения токов через все устройства РЗА и правильность подаваемых на устройства РЗА напряжений путем подключения посторонних источников к проверяемым вторичным цепям тока и напряжения. Это целесообразно в случаях, когда имеется сомнение в правильности сборки схемы токовых цепей или цепей напряжения, или есть необходимость в их предварительной проверке для ускорения последующих этапов работы.

6.11.2. Правильность сборки токовых цепей следует проверять, подключая поочередно однофазный источник тока к выводам сборки трансформаторов тока или к выводам ближайшего к трансформаторам тока устройства РЗА между каждым фазным и нулевым проводами (рисунок 10) или между фазными проводами, в случае сборки вторичных обмоток



трансформаторов тока в треугольник. Вполне можно использовать и трехфазный источник, если это позволяет испытательное устройство. При проверке первичная обмотка трансформаторов тока не должна быть замкнута.



**Рис. 10** Схема проверки правильности сборки токовых цепей однофазным вторичным током

В процессе проверки следует контролировать протекание токов через каждое из устройств РЗА (на входных зажимах устройств) по тем фазным и нулевым проводам, к которым подключен источник тока, и отсутствие тока (точнее, весьма малое его значение) в остальных проводах и обмотках. Могут контролироваться также токи намагничивания, протекающие по вторичным обмоткам трансформаторов тока. Измерение токов производится токоизмерительными клещами вольт-амперфазометра, например, прибора ВАФ-85, «Парма ВАФ-А», или «РЕТОМЕТР» производства «НПП Динамика» или любого другого, имеющегося в наличии (далее для краткости – ВАФ). Если используются нагрузочные устройства без разделительного (нагрузочного) трансформатора Т, следует отключить проводник, заземляющий токовые цепи.

Если в наличии имеется однофазный источник тока, поочередно проверяются цепи, подключенные к каждой из обмоток трансформаторов тока. Если используется трехфазный источник симметричных токов, можно проверить одновременно токи во всех фазах токовых цепей подключенных устройств защиты и даже снять векторную диаграмму токов.

Подключив амперметр А и вольтметр В (рисунок 10) при этой проверке, можно определить также сопротивление нагрузки токовых цепей. Если источник подключен в непосредственной близости к трансформаторам тока, измеренное сопротивление нагрузки позволяет рассчитать токовую погрешность трансформаторов тока при расчетных видах коротких замыканий.

6.11.3. Правильность сборки цепей напряжения следует проверять путем подачи напряжения от источника симметричного трехфазного напряжения со значением подводимого линейного напряжения 100 В к одному из устройств РЗА в релейном зале (или в другом месте) с тем порядком чередования фаз, который предусмотрен схемой цепей напряжения и проверки. При этом проверяется сохранение этого порядка чередования фаз во всей схеме цепей

напряжения. Источник напряжения не должен иметь гальванической связи с землей. Автоматические выключатели и рубильники в цепях трансформатора напряжения должны быть отключены. Временно устанавливается дополнительное заземление цепей напряжения после коммутационных аппаратов за исключением случаев, когда заземление установлено на щите управления. Заземляется фаза В цепей напряжения или нуль, если на объекте старого типа нормально предусмотрено заземление нуля. Поочередно или одновременно в обе схемы, если позволяет схема источника, подаются напряжения в цепи «звезды» и «разомкнутого треугольника». При этом прибором ВАФ измеряются значения напряжений на всех устройствах РЗА и на выводах автоматических выключателей трансформаторов напряжения, определяется чередование фаз. Чередование фаз напряжения на устройствах РЗА должно быть такое же, как и на источнике. При определении порядка чередования фаз напряжения в цепях «звезды» вывод В прибора ВАФ присоединяется к земле, если в проектной схеме объекта заземлена фаза В, а выводы А и С – к цепям напряжения с одноименной маркировкой. При проверке схемы цепей «разомкнутого треугольника» от источника напряжения, собранного в схему «звезды» с нулевым проводом, следует установить соответствие между выводами источника напряжения, например, А, В, С, 0 и цепями «разомкнутого треугольника», например, Н, К, И, Ф. При заземлении вывода В прибора ВАФ и подключении его выводов А и С к цепям с маркировкой «Н» и «И» прибор должен показать то же чередование, что и на источнике (А, В, С). Следует иметь в виду, что при наличии в цепях напряжения «разомкнутого треугольника» аппаратуры с термически неустойчивыми обмотками напряжения, например, реле мощности типов РБМ-78, РБМ-278, они должны быть на время проверки в вышеуказанном случае исключены из схемы цепей напряжения на испытательных блоках или рядах зажимов устройства РЗА.

6.11.4. При проверках, указанных в пунктах 6.11.2, 6.11.3, следует фиксировать работу измерительных щитовых приборов и избегать их зашкаливания.

## **6.12. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением**

6.12.1. Проверку устройств РЗА первичным током и напряжением следует производить для окончательной проверки исправности и правильности подключения устройств РЗА к цепям тока и напряжения и самих трансформаторов тока и напряжения. В ряде руководств по вводу в работу микропроцессорных устройств РЗА такая проверка зачастую не рассматривается. Это не должно служить основанием для отказа от такой проверки, поскольку в данном случае фактически проверяется не само устройство, а цепи подключения устройства к измерительным трансформаторам тока и напряжения.

6.12.2. Проверку следует производить при подаче тока и напряжения непосредственно в первичные обмотки трансформаторов тока и напряжения.

Проверка токовых защит может осуществляться либо подачей токов от постороннего источника, либо током нагрузки. Проверка более сложных защит осуществляется, как правило, током нагрузки и рабочим напряжением.

6.12.3. Для простых дифференциальных и ненаправленных максимальных токовых защит проверка от постороннего источника тока может быть окончательной, и после нее эти защиты могут вводиться в работу.

Для других устройств РЗА эта проверка может быть выполнена с целью предварительной проверки исправности цепей тока, устройств РЗА и измерительных трансформаторов тока.

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

а) если в защитах есть органы, питающиеся одновременно от трансформаторов тока и 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 линий.

6.12.5. Для того, чтобы во время проверки не нарушить токовые цепи, измерения токов следует производить с помощью специальных токоизмерительных клещей, имеющихся в вольт-амперфазометрах, например, в приборах ВАФ-85, РЕТОМЕТРАХ производства НПП «Динамика», приборах «Парма ВАФ-А» производства ООО «Парма» и др. Малые токи, например, токи небаланса, токи, протекающие в нулевом проводе вторичных цепей трансформаторов тока при симметричной нагрузке, и прочие измеряются с помощью миллиамперметров, подключаемых к измерительным зажимам панелей защиты с соблюдением правил безопасности при работе в токовых цепях или к выводам испытательных блоков. Векторные диаграммы токов при малых токах нагрузки и недостаточной чувствительности имеющихся в наличии приборов снимаются способами, указанными в п. 6.12.14.

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

6.12.7. Непосредственно перед проверкой устройств РЗА первичным током и напряжением следует произвести:

а) осмотр аппаратуры устройств РЗА и рядов зажимов;

б) проверку целостности токовых цепей путем измерения их активного сопротивления;

в) проверку изоляции цепей тока и напряжения в соответствии с п. 6.5;

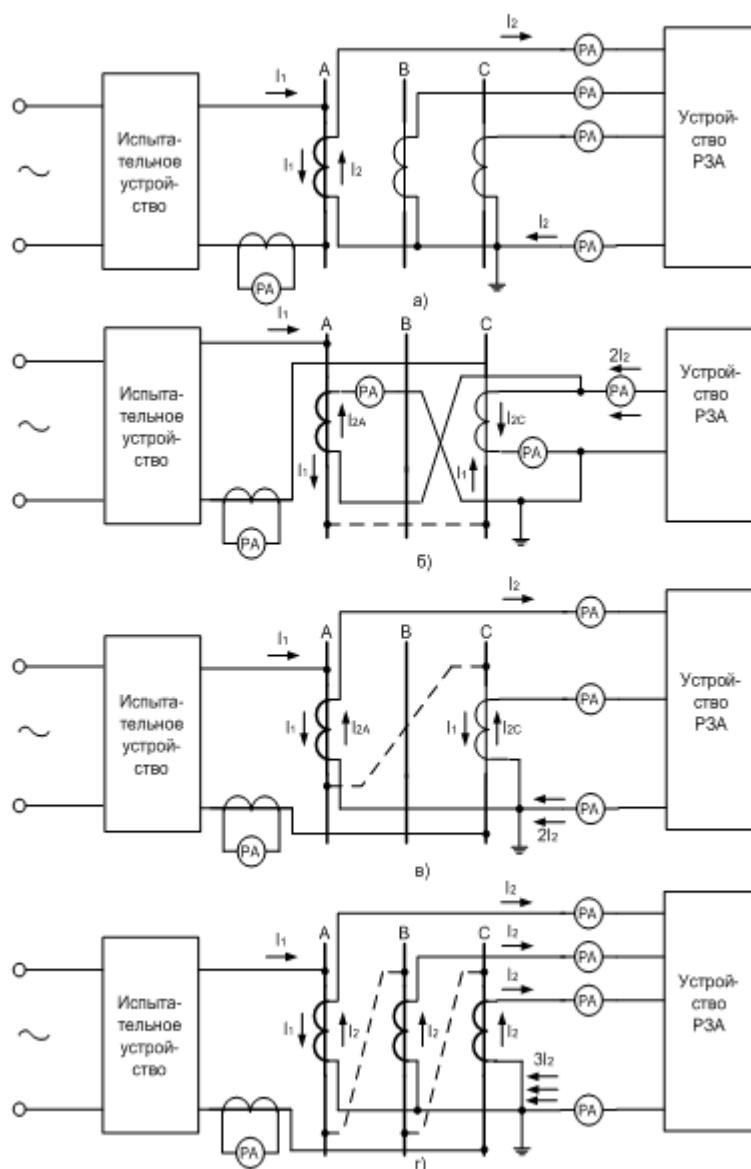
г) проверку наличия заземления в цепях тока, напряжения и т.п.;

д) установку накладок, переключателей, крышек испытательных блоков и других переключающих устройств в положения, при которых исключается воздействие проверяемого устройства на другие устройства и коммутационные аппараты.

В отдельных случаях цепи воздействия на коммутационные аппараты могут не отключаться, если схема первичных соединений допускает одновременное опробование отключения коммутационных аппаратов и это предусмотрено программой.

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

6.12.8.1. Одним из способов является проверка от однофазных нагрузочных устройств, например, РЕТ-3000 производства НПП «Динамика». Схемы проверки для разных соединений трансформаторов тока приведены на рисунок 11. 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.



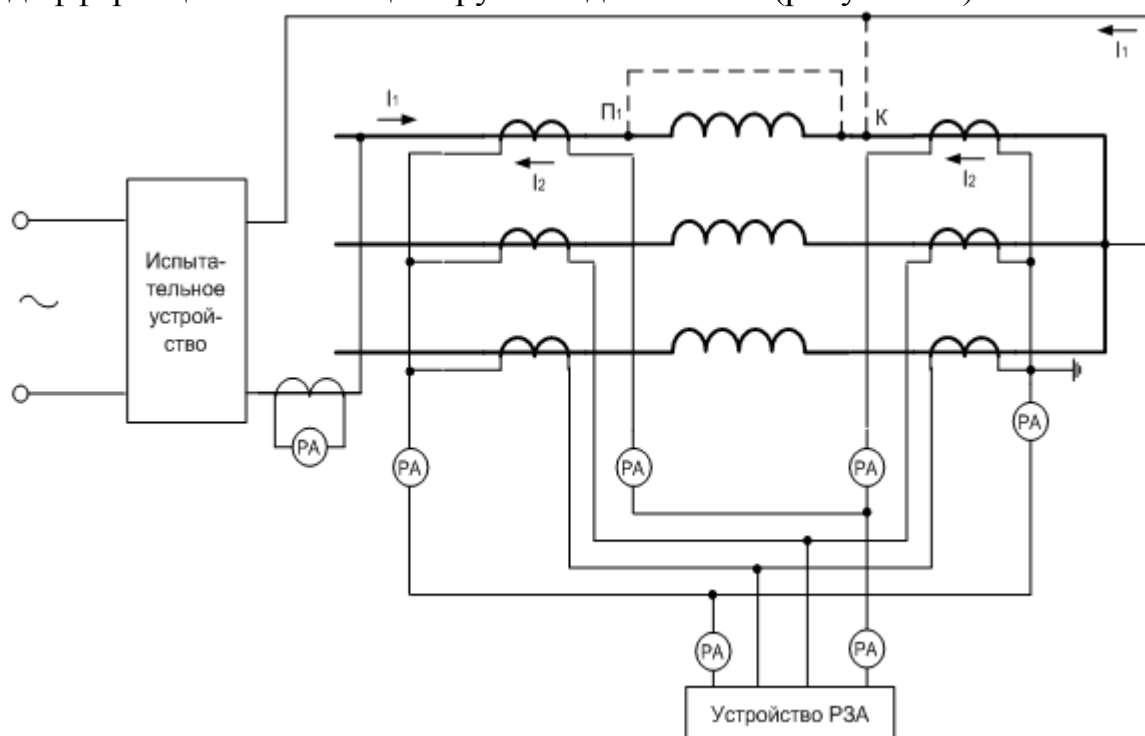
**Рис. 11 Схема проверки максимальных токовых защит первичным током от однофазного источника тока**

а – в «полную звезду» при подаче тока в одну фазу; б – «на разность токов»;  
в – в «неполную звезду»; г – «полную звезду» при подаче тока в три фазы

При этом в схеме «полной звезды» (рисунок 11, а) значения токов в фазном проводе проверяемого трансформатора тока и нулевом проводе должны быть практически равны между собой. В схеме «на разность токов» (рисунок 11, б) значение тока, поступающего в защиту, должно быть в два раза больше токов, протекающих во вторичных обмотках трансформаторов тока. В схемах «неполной звезды» (рисунок 11, в) и «полной звезды» (рисунок 11, г) значения токов в фазных проводах должны быть одинаковыми, а значение тока в нулевом проводе должно быть равно сумме токов, протекающих в фазных проводах.

После проверки исправности токовых цепей, если позволяет мощность источника, значение тока следует увеличивать до момента срабатывания защиты. Именно такой способ используется для проверки защит прямого действия.

От однофазного источника могут быть проверены также схемы дифференциальных защит крупных двигателей (рисунок 12).

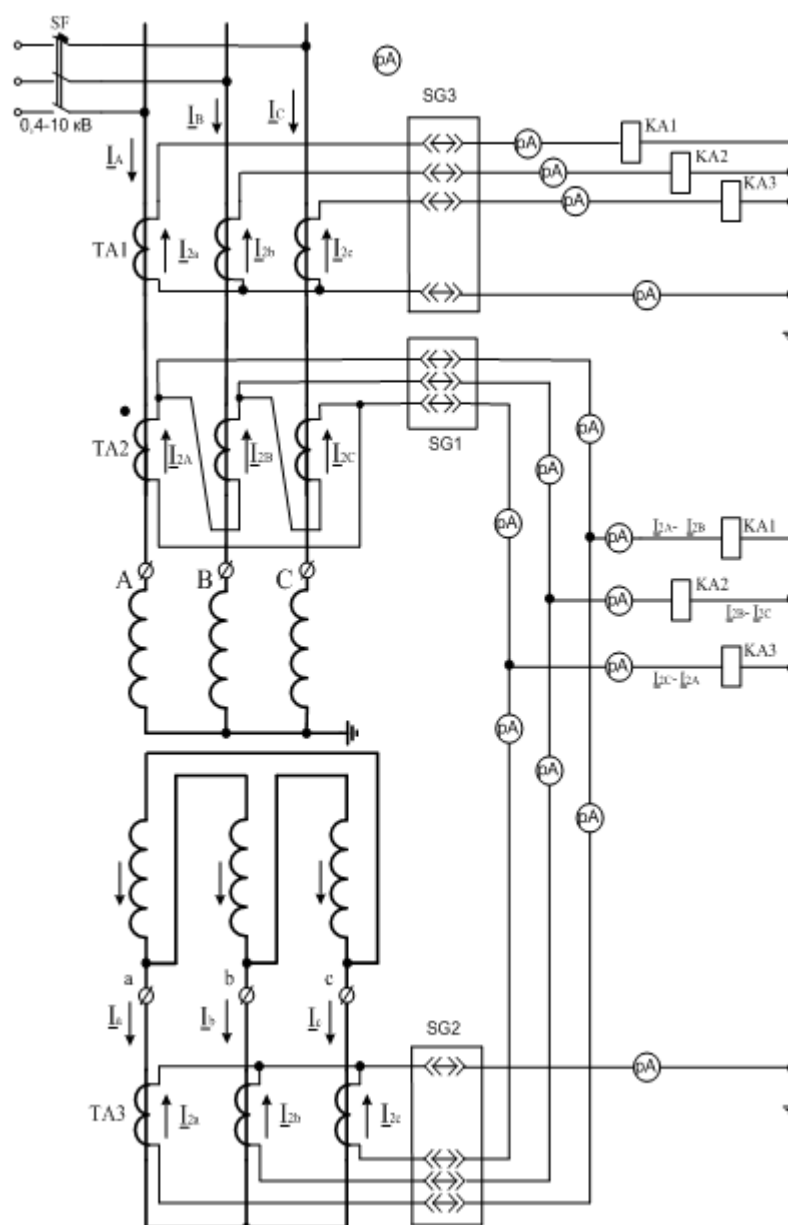


**Рис. 12** Схема проверки дифференциальной защиты первичным током от однофазного источника тока

Проверку следует производить поочередно для каждой фазы двигателя. При проверке обмотка проверяемой фазы двигателя должна быть закорочена, а испытательное устройство подключено таким образом, чтобы обтекались током оба трансформатора тока проверяемой фазы (имитация КЗ вне зоны действия защиты). Значения токов, измеренных в фазном и нулевом проводах, должны быть одинаковы (при равных коэффициентах трансформации трансформаторов тока), а в дифференциальном проводе – равны нулю. Целостность проводов дифференциальной цепи следует проверять при подсоединении одного из проводов источника тока к точке К, расположенной в зоне действия защиты, или, если в токовых цепях установлены испытательные блоки, – снятием рабочей крышки блока в одном из плеч дифференциальной защиты (в режиме имитации КЗ вне зоны).

6.12.8.2. Другим способом проверки устройств РЗА является проверка от трехфазного источника питания. Этот способ применяется для проверки продольных дифференциальных, максимальных токовых защит и других устройств РЗА трансформаторов, автотрансформаторов, двигателей, генераторов и блоков генератор-трансформатор. Этот метод следует применять для проверки мощных сетевых трехобмоточных трансформаторов (автотрансформаторов), когда от обмотки низкого напряжения питаются только собственные нужды подстанции, и в этом плече при включении под рабочее напряжение не будет достаточного значения тока для проверки дифференциальной защиты.

Схема проверки защит трансформатора приведена на рисунке 13.



**Рис. 13** Схема проверки защит трансформатора первичным током от трехфазного источника

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 ( $I_{исп}$ ), в амперах, проходящего через трансформатор от источника пониженного напряжения, следует определить по формуле:

$$I_{исп} = I_{ном} \frac{U_{исп} \cdot 100}{U_{ном} \cdot U_k}, \quad (7)$$

где  $I_{ном}$  – номинальный ток проверяемого трансформатора, А;

$U_{\text{исп}}$  – напряжение источника пониженного напряжения, кВ;

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

$U_{\text{к}}$  – напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора (той пары обмоток, которая участвует в проверке), %.

При использовании в качестве источника питания другого трансформатора его необходимая мощность  $S_{\text{исп}}$ , кВ·А, может быть подсчитана по формуле:

$$S_{\text{исп}} \geq S_{\text{ном}} \left( \frac{U_{\text{исп}}}{U_{\text{ном}}} \right)^2 \frac{100}{U_{\text{к}}}, \quad (8)$$

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

$S_{\text{ном}}$ ,  $U_{\text{к}}$  – номинальные мощность и напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора соответственно, кВА и %;

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

Проверку рекомендуется производить в следующем порядке:

а) Необходимо подобрать источник питания (по мощности и напряжению), место его подключения (с какой стороны испытуемого трансформатора) и рассчитать значения первичных и вторичных токов. По значению первичного тока выбрать сечение подводящего кабеля и закоротки, а также оценить, допустим ли режим испытания для источника питания. Рекомендуется в качестве источника питания применять трансформаторы, отключение которых не может вызвать нарушения электроснабжения.

б) При подключении к источнику питания необходимо обеспечить защиту от короткого замыкания в подводящем кабеле.

в) По значениям вторичных токов следует оценить возможность получения достоверных результатов проверки.

При достаточных значениях вторичных токов следует измерить токи и напряжения небалансов дифференциальных защит, фильтров тока прямой, обратной и нулевой последовательностей, снять векторную диаграмму вторичных токов. При снятии векторной диаграммы опорное напряжение, подаваемое на прибор ВАФ, должно быть синхронным с напряжением сети пониженного напряжения. Это напряжение может быть взято от вторичных цепей трансформаторов напряжения или непосредственно от трехфазной сети с линейным напряжением 220-380 В.

Измерение углов между векторами токов в измеряемых цепях можно произвести также с помощью двухлучевого осциллографа и двух токоизмерительных клещей прибора ВАФ. В этом случае осциллографом измеряются углы между напряжением на выходах токоизмерительных клещей. Двое клещей первоначально подключают в цепь одного и того же провода одинаковой полярностью и соответствующим образом к входам



осциллографа, чтобы на экране две синусоиды совпадали по фазе, затем одни клещи поочередно переносятся в цепь двух других фаз токовых цепей, а другие клещи остаются на прежнем месте. При этом определяются углы сдвига фаз между векторами токов по отношению к вектору тока в цепях первой фазы.

При правильно собранных токовых цепях значения токов в фазных проводах должны быть равны:

$$I_{23\Delta} = \frac{I_{13\Delta}}{K_{\text{тт}}} ; \quad (9)$$

$$I_{2\Delta} = \sqrt{3} \frac{I_{1\Delta}}{K_{\text{тт}}} , \quad (10)$$

где  $I_{23\Delta}$ ,  $I_{2\Delta}$  – токи, протекающие в фазных проводах вторичных цепей трансформаторов тока, соединенных соответственно в «звезду» и «треугольник», А;

$I_{13\Delta}$ ,  $I_{1\Delta}$  – токи, протекающие в первичных обмотках трансформатора тока, А.

$K_{\text{тт}}$  – коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Токи небаланса, измеряемые миллиамперметром в дифференциальных и нулевом проводах, должны быть близки к нулю и не превышать расчетных токов небаланса более чем на 20-30 %. При поочередном снятии крышек испытательных блоков измеряются токи в дифференциальных проводах. Они должны быть равны токам в фазных проводах того плеча защиты, вторичные цепи которого остаются в работе. Равенство токов выполняется при отсутствии токовых отсоединений и закорачиваний в сторону трансформаторов тока соответствующих цепей на рядах зажимов устройства РЗА.

Защиты двигателей высокого напряжения могут быть проверены от трехфазного нагрузочного устройства при закороченных обмотках статора или при подключении обмотки статора к сети пониженного напряжения, например, 380 В при закороченных и заземленных обмотках ротора (для двигателей с фазным ротором).

От трехфазного источника может быть проверена также правильность сборки цепей напряжения. В этом случае закоротки не устанавливаются, к первичным обмоткам трансформаторов напряжения подводится пониженное трехфазное напряжение, а во вторичных цепях трансформаторов напряжение вольтметром (милливольтметром) снимается потенциальная диаграмма и затем методом засечек строится векторная диаграмма, по которой определяется правильность сборки схемы (п. 6.12.11).

6.12.9. В случаях, когда проверка устройств РЗА от постороннего источника проводилась малыми токами, недостаточными для достоверной оценки правильности включения устройства РЗА, следует после включения оборудования под нагрузку произвести проверку устройств РЗА в полном объеме согласно п. 6.12.10. Если же токи были достаточны, и проверка

производилась от трехфазного источника питания, допустимо ограничиться проверкой векторной диаграммы только одной из групп трансформаторов тока и измерить токи небалансов в нулевых проводах, дифференциальных цепях, фильтрах.

6.12.10. Проверку устройств РЗА током нагрузки и рабочим напряжением следует производить при включении в работу первичного оборудования за счет токов нагрузки. Эту проверку можно производить также при предварительном включении первичного оборудования под напряжение за счет уравнительных токов параллельно включенных трансформаторов, токов шунтирующих реакторов, подключенных к ВЛ 500-1150 кВ, емкостных токов участков ВЛ напряжением 500-750 кВ.

При отсутствии нагрузки или источника питания на стороне низкого напряжения автотрансформатора с выносными регулировочными устройствами можно использовать ток регулировочного трансформатора при установке переключателя в крайние положения. При правильно собранных токовых цепях защиты при установке переключателя в положение 1, что соответствует минимальному коэффициенту трансформации между сторонами высокого и среднего напряжения автотрансформатора, вектор тока стороны низкого напряжения должен примерно совпадать с вектором тока стороны среднего напряжения. При установке же переключателя в другое крайнее положение, соответствующее максимальному коэффициенту трансформации, вектор тока стороны низкого напряжения должен примерно совпадать с вектором тока стороны высокого напряжения.

При новом включении проверку следует производить в полном объеме, указанном в п. 6.12.11.

6.12.11. Перед включением под нагрузку должны быть сфазированы первичные цепи вновь вводимого и действующего оборудования. Для этого вновь вводимое оборудование опробуется действующим рабочим напряжением. При этом напряжение должно быть подано и на первичные обмотки вновь вводимых трансформаторов напряжения.

Следует убедиться в исправности вновь вводимых трансформаторов напряжения путем измерения значений напряжений (фазных, линейных,  $3U_0$ , между выводами обмоток, собранных в «звезду» и «разомкнутый треугольник») во вторичных цепях проверяемого трансформатора напряжения и проверкой чередования фаз или снятием векторной диаграммы напряжений прибором ВАФ. Измерения производятся в шкафу трансформатора напряжения и на панели щита управления, куда приходят кабели из шкафа трансформатора напряжения. Удобно сначала измерить все напряжения относительно земли. По результатам этих измерений оценивается правильность соединений вторичных обмоток трансформаторов. Если фазные и линейные напряжения симметричны, а в цепи разомкнутого треугольника напряжение небаланса не превышает 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 вывод В прибора соединяется с землей (если в схеме трансформатора напряжения заземлен нуль, а не фаза В, то на время проверки заземление нужно перенести на фазу В).

Для трехобмоточных трансформаторов напряжения с номинальным первичным напряжением 35 кВ и выше с выведенными вершинами «разомкнутого треугольника» проверку правильности сборки цепей «разомкнутого треугольника» нужно произвести также построением потенциальной диаграммы напряжений. Если вершины «разомкнутого треугольника» не выведены на панель управления, потенциальная диаграмма строится только по результатам измерений в шкафу ТН. Диаграмма строится методом «засечек» по результатам измерений напряжения между каждым из выводов разомкнутого треугольника и всеми фазами и нулем «звезды». Для стандартной схемы вторичных цепей трансформатора напряжения с заземленными выводами фаз В и К построение потенциальной диаграммы приведено на рисунке 14, а значение измеренных напряжений – в Таблице 4.

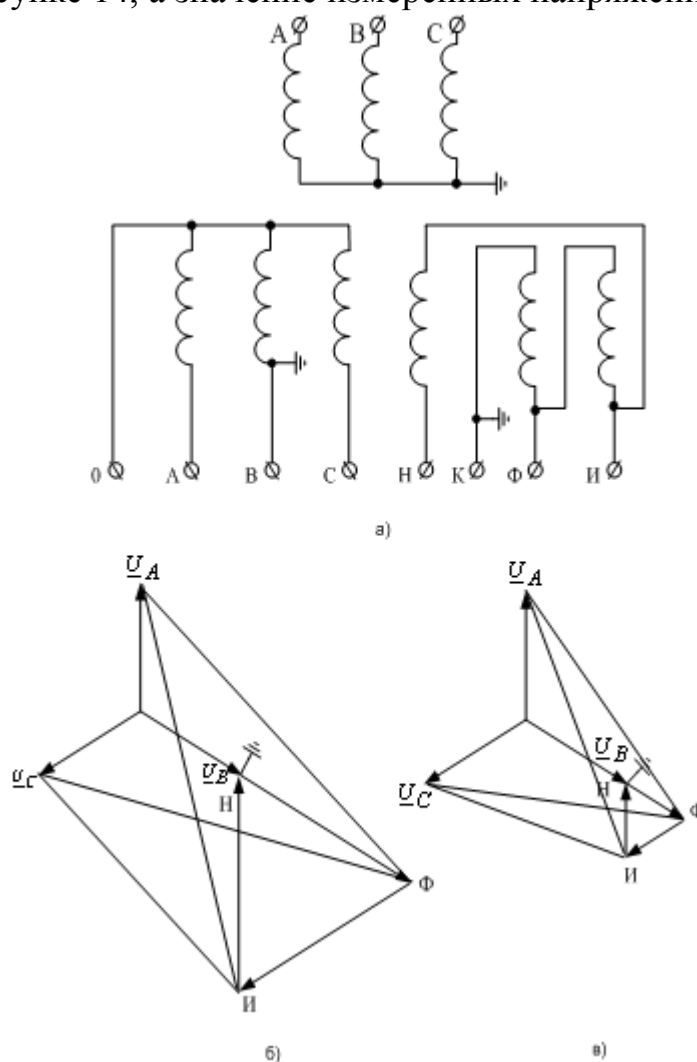


Рис. 14 Проверка цепей напряжения

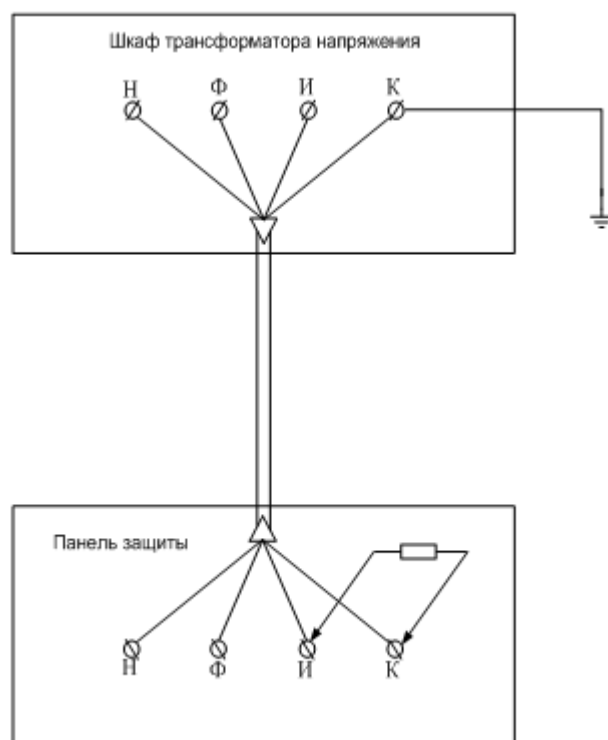
а – принципиальная схема вторичных цепей напряжения сети 35 кВ и выше;  
б – векторная диаграмма напряжений для сети с заземленной нейтралью;  
в – то же для сети с изолированной нейтралью

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 трансформатора напряжения. Необходимо проверить на сборке выводов, от какой фазы трансформатора напряжения приходит заземленный конец цепи  $3U_0$ . Следует иметь в виду, что ошибочная маркировка и установка заземления в цепи  $3U_0$  приводят к неправильному включению направленных защит и к их неправильным действиям при КЗ в защищаемой сети.

Напряжение вывода К относительно «земли» должно быть равно нулю, а вывода Н – напряжению 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 зажимов панели, на которую подведены кабели от трансформатора напряжения, временно отсоединяют жилу кабеля с маркой Н в сторону трансформатора напряжения (рисунок 15). 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 измеряют токи в цепях с маркировкой Н, К и И на ряде выводов панели и в шкафу трансформатора напряжения, где можно визуально определить заземленную жилу. При правильно выполненных обозначениях на жилах кабеля на панели и в шкафу трансформатора напряжения в цепях с маркировкой К и И должен протекать ток 1-2 А, а в цепях с маркировкой Н ток должен отсутствовать.



**Рис. 15** Схема определения выводов Н и К разомкнутого треугольника

После этого следует произвести фазирование вторичных цепей проверяемого трансформатора напряжения с цепями другого, заведомо исправного трансформатора напряжения, измеряя вольтметром напряжения между всеми вторичными цепями проверяемого и заведомо исправного трансформаторов напряжений. При этом напряжение на первичные обмотки проверяемого и заведомо исправного трансформатора напряжения должно непосредственно подаваться от одного и того же источника напряжения. Фазировку следует считать правильной, если напряжения между цепями с одноименной маркировкой равны нулю (или близки к нулю для цепей с маркировкой В и К), а между другими цепями соответствуют значениям, приведенным в Таблице 4.

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

Таблица 4

Вид сети	Значения напряжений между фазами вторичных цепей напряжения										
	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 4

Вид сети	Значения напряжений между фазами вторичных цепей напряжения										
	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

После этого первичные цепи проверяемого и действующего оборудования разделяются отключением коммутационных аппаратов, и на проверяемое оборудование подается рабочее напряжение от вновь вводимого источника.

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

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.).

6.12.12. Проверку исправности всех токовых цепей производить путем измерения токов в фазных и нулевом проводах (проверкой «обтекания» токовых цепей). Ток в нулевом проводе следует измерять с помощью миллиамперметра, включаемого в цепь нулевого провода через измерительный зажим или контрольный штеккер испытательного блока, если не хватает чувствительности современных приборов ВАФ. Измерения производятся для проверки целостности токовых цепей, поэтому измеряются только значения токов. Токи измеряются во всех вторичных обмотках, в том числе и в неиспользуемых (измерения в этом случае должны быть проведены в месте их закорачивания в ящике выводов трансформаторов тока).

6.12.13. Проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения.

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

а) Проверяется исправность цепей напряжений на выходе панели автоматики трансформатора напряжения во всех положениях ключей, переводящих нагрузку с рабочего на резервный трансформатор напряжения путем снятия потенциальной диаграммы и проверки чередования фаз или снятием векторной диаграммы прибором ВАФ. При определении чередования фаз и снятии векторных диаграмм вывод В фазоуказателя (прибора ВАФ) должен быть подсоединен к земле. При этом также измеряются напряжения цепей всех фаз относительно земли. Измеренные значения должны соответствовать приведенным в Таблице 4, напряжение небаланса на выходе «разомкнутого треугольника» не должно превышать 1-3 В.

б) Измеряются значения напряжений цепей «звезды» и «разомкнутого треугольника» на рядах зажимов всех вводимых устройств РЗА, после чего фазировются 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 рядах зажимов устройств РЗА, если имеется сомнение в достаточности предыдущих проверок для определения правильности выполнения монтажа панели.

6.12.14. Проверяется правильность подключения устройств РЗА к цепям тока. Проверка производится в следующей последовательности:

а) С помощью прибора ВАФ снимаются векторные диаграммы токов на входе каждого устройства РЗА. Измерения следует производить на рядах зажимов устройств. В отдельных случаях в соответствии с инструкциями на отдельные устройства следует снять векторные диаграммы токов на выводах реле, комплектов, например, при съеме этих реле, комплектов, когда схема переменного тока этих реле, комплектов проверялась при подаче токов не на ряд зажимов устройства, а на выводы реле, комплектов и т.п.

Для обеспечения возможности снятия векторных диаграмм при малых значениях токов нагрузки (меньше 50-100 мА во вторичных цепях трансформаторов тока) применяются современные приборы ВАФ или при их отсутствии следующие методы. В рассечку токовых цепей на контрольных штеккерах испытательных блоков или на контактных мостиках измерительных зажимов ряда зажимов включаются катушки из нескольких витков изолированного провода. Токоизмерительными клещами при измерении охватываются все витки катушки, и значения токов, измеренных ВАФ в этом случае, следует разделить на число витков катушки, охватываемых токоизмерительными клещами. Другой метод: между токоизмерительными клещами и прибором ВАФ включаются приставки – усилители тока (схемы таких приставок разработаны в ряде энергосистем) для увеличения тока, поступающего к прибору. Однако следует обратить внимание, что при малых токах нагрузки погрешности трансформаторов тока, к которым подключена защита, могут возрастать, и это может вносить погрешности в векторные диаграммы. Причиной тому полагая начальная

часть характеристики намагничивания трансформаторов тока, приводящая к относительному возрастанию погрешности.

Перед снятием векторных диаграмм в токовых цепях следует проверить соблюдение полярности подключаемых к прибору токоизмерительных клещей и установку нуля по току. (Одним из методов проверки исправности прибора ВАФ-85 является подключение клещей обратной полярностью на провод, подходящий к выводу фазы С опорного напряжения. ВАФ-85 должен показать угол  $0^\circ$ ).

При снятии векторных диаграмм токов токоизмерительными клещами следует охватывать провод, в котором измеряется ток, таким образом, чтобы полярная сторона токоизмерительных клещей (отмеченная звездочкой) была обращена в сторону фазных выводов трансформаторов тока.

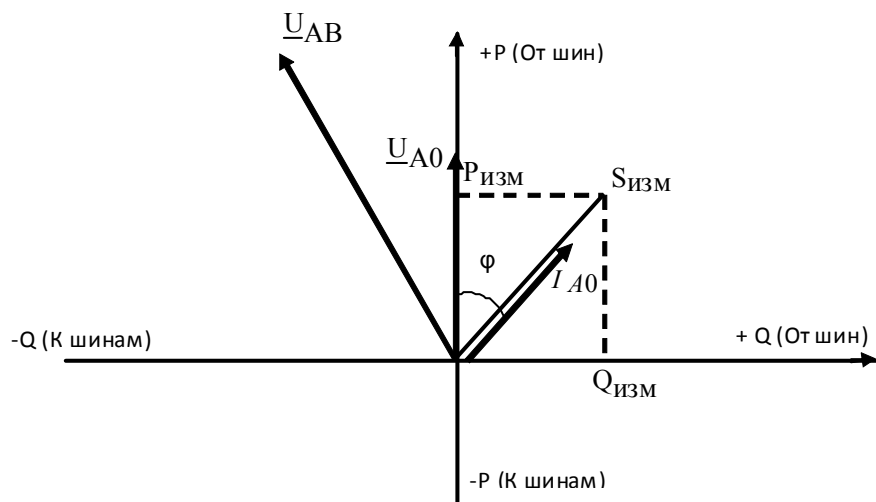
При измерениях должно быть обеспечено плотное прилегание плоскостей магнитопроводов токоизмерительных клещей без зазоров и перекосов, при измерении прибором ВАФ-85 фазы тока относительно опорного напряжения направление вращения лимба и направление движения стрелки к нулю должны обязательно совпадать.

б) Выясняется точное направление и значения активной, реактивной мощностей и первичного тока, протекающего по данному присоединению. В некоторых режимах направления мощностей заранее известны, например, при прогрузке защит током реактора или емкостным током ВЛ, при работе нагруженного двигателя и т.п. Целесообразно также создавать тупиковый режим нагрузки по присоединению с проверяемой защитой. В остальных случаях определение направления и значений мощностей и тока следует производить по соответствующим ваттметрам и амперметрам и уточнять у диспетчера, в управлении которого находится данное присоединение (стабильность направления и значений активной и реактивной мощностей при проверке токовых цепей под нагрузкой следует периодически контролировать). Для повышения достоверности при определении направления перетоков мощности следует, по возможности, снимать также векторные диаграммы на противоположных концах присоединения.

При симметричной нагрузке положение вектора какой-либо фазы первичного тока, протекающего по присоединению, например,  $\underline{I}_A$ , относительно вектора соответствующего фазного напряжения, например,  $\underline{U}_{A0}$ , может быть определено с помощью диаграммы мощностей на плоскости  $P, Q$  (рисунок 16). На осях  $P$  и  $Q$  следует нанести (с учетом направления) значения активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению. Поскольку эти значения являются проекциями полной мощности  $S$ , ( $P = U I \cos \varphi$ ,  $Q = U I \sin \varphi$ ) по имеющимся двум проекциям строится изображение полной мощности  $S$ . Угол  $\varphi$  между направлением  $+P$  и направлением изображения полной мощности  $S$  является также углом между фазным напряжением ( $\underline{U}_{A0}$ ) и соответствующим фазным током ( $\underline{I}_A$ ), поскольку  $P_A = \underline{U}_{A0} \underline{I}_A \cos \varphi$ . Располагая вектор  $\underline{U}_{A0}$  по оси  $+P$ , получаем, что интересующее нас направление вектора тока ( $\underline{I}_A$ ) совпадает с направлением изображения полной



мощности  $S$ . Если рассчитанное таким образом направление тока совпадает с направлением, полученным при снятии векторной диаграммы, значит, токовые цепи защиты собраны правильно, и векторная диаграмма снята правильно.



**Рис. 16 Построение вектора первичного тока по значениям и направлению активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению**

Точные значения активной и реактивной мощностей могут быть вычислены и в обратном порядке. При снятии векторной диаграммы выяснилось, что ток каждой фазы, например,  $\underline{I}_A$ , отстает от своего фазного напряжения, например,  $\underline{U}_{A0}$ , на угол  $\varphi$ . Активная мощность по фазе А присоединения вычисляется по выражению  $P_A = \underline{U}_{A0} \underline{I}_A \cos \varphi$ , а реактивная – по выражению  $Q_A = \underline{U}_{A0} \underline{I}_A \sin \varphi$ , или для трехфазной системы  $P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$  и  $Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi$ , где все напряжения и токи заданы в первичных значениях, и в двух последних формулах использованы линейные напряжения. Результаты расчета сравниваются с показаниями достоверных щитовых приборов, с данными диспетчера и данными противоположного конца линии.

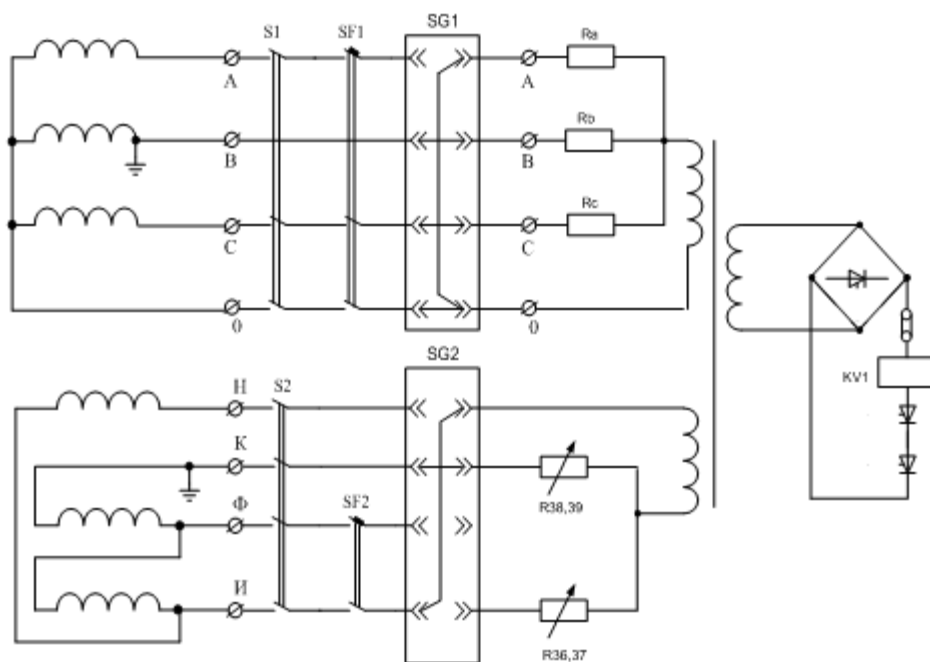
в) Проверяется соответствие коэффициентов трансформации трансформаторов тока по значениям первичных и вторичных токов и направления векторов одноименных фаз первичного и вторичного токов. Направления этих векторов должны совпадать. Исключения допускаются для дифференциальных защит шин, трансформаторов, генераторов и т.п., в которых токи в отдельных плечах защиты могут быть сдвинуты относительно первичного тока на  $180^\circ$ . Если вторичные обмотки трансформаторов тока собраны в «треугольник», сравнивать направления первичных и вторичных токов следует с учетом группы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока.

Правильность сборки токовых цепей дифференциальных защит следует определять по минимальному значению тока небаланса в дифференциальных проводах при протекании по всем плечам защиты тока нагрузки и по увеличению небаланса при поочередном исключении вторичных токов,

протекающих в плечах защиты. Исключение вторичных токов производится снятием крышек испытательных блоков. Как правило, нагрузка должна быть не менее 10-20 % значения номинального тока трансформаторов тока, используемых в защите. Порядок производства этой работы аналогичен описанному в п. 6.12.8. Во многих реле, в том числе микропроцессорных, дифференциальная цепь существует лишь виртуально, внутри устройства. Значит, небаланс надо измерять иными способами, для реле серий РНТ, ДЗТ по току в реагирующем органе, для МП терминалов по показаниям дифференциального тока на дисплее или иными способами, изложенными в инструкциях фирм-изготовителей.

Не следует делать заключения о правильности подключения токовых цепей только на основе проверки направления вторичных токов без учета соответствия направлению первичных токов.

6.12.15. Проверяется поведение устройств блокировок при неисправностях цепей напряжения. Следует проверять поведение устройства при поочередном отключении на ряде выводов устройства всех проводов цепей напряжения «звезды» и «разомкнутого треугольника», при поочередном снятии крышек испытательных блоков цепей «звезды» и «разомкнутого треугольника». В этих режимах следует измерять токи в цепях выходного реле устройства. Значения этих токов должны превышать значения токов срабатывания реагирующего органа, и устройство должно срабатывать при отсоединении любого из проводников цепей напряжения за исключением цепей с маркировкой К и 0. При восстановленных цепях напряжения следует измерить значения тока небаланса. Если устройства блокировки выполнены с компенсирующими обмотками, подключенными к напряжениям разомкнутого треугольника ( $3U_0$  и Н-И), следует произвести измерение небаланса при имитации однофазного короткого замыкания в сети (рисунок 17). На представленном рисунке изображен модернизированный вариант блокировки с общей компенсирующей обмоткой, подключенной через резисторы R38, 39 к напряжению  $3U_0$  и через резисторы R36, 37 к напряжению Н-И. Тем не менее, схема имитации однофазного КЗ остается такой же и для варианта блокировки с двумя разными обмотками, подключенными к напряжениям  $3U_0$  и Н-И. В типовом исполнении цепей «разомкнутого треугольника» и блокировки имитируется КЗ на фазе А. Однако при других вариантах сборки цепей «разомкнутого треугольника» необходима реконструкция блокировки. В этом случае имитируется однофазное КЗ на другой фазе. Значение тока небаланса должно быть меньше тока возврата реле. Конкретные значения кратности токов, протекающих в выходном реле блокировки, при обрывах отдельных цепей напряжения, а также небалансов при подводе исправных цепей напряжения должны соответствовать нормам, приведенным в заводской документации.



**Рис. 17** Схема проверки модернизированного варианта блокировки при неисправностях в цепях напряжения

6.12.16. Проверяется правильность работы и небалансы на выходах фильтров симметричных составляющих тока и напряжения прямой и обратной последовательностей.

Должна быть проверены правильность подключения к цепям тока или напряжения и правильность настройки фильтров симметричных составляющих тока и напряжения, содержащихся в измерительных и пусковых органах устройств РЗА. Проверка производится путем измерения значений тока или напряжения на выходах фильтров при поочередной подаче на вход устройств симметричной трехфазной системы тока или напряжения прямого и обратного чередований фаз. Проверку настройки фильтров тока желательно производить при токах нагрузки во вторичных токовых цепях не менее 20 % номинального значения вторичного тока трансформаторов тока, к которым подключены устройства. В некоторых случаях оценку правильности подключения к токовым цепям можно производить и при меньших значениях тока.

Для фильтров обратной последовательности измеряется значение небаланса при подаче прямого чередования фаз действующих величин и значение выходного параметра при подаче обратного чередования фаз переключением любых двух фазных проводов. Значение выходного параметра в этом случае должно быть пропорционально подведенным токам или напряжениям обратной последовательности. При этом фиксируется поведение выходного реле. Оно должно сработать при превышении входным током или напряжением выполненной уставки. Для фильтров прямой последовательности – наоборот, значение выходного параметра должно быть пропорционально подведенным токам или напряжениям, а при подаче

обратного чередования фаз на выходе фильтра должно быть лишь напряжение небаланса.

Значение небаланса измеряется амперметром с малым потреблением или вольтметром с большим внутренним сопротивлением. Для фильтра напряжения значение небаланса должно быть меньше параметра возврата выходного реле. Для фильтра тока значение небаланса должно быть меньше параметра возврата выходного реле при заданном максимальном токе нагрузке. Значение этого тока небаланса определяется по току, измеренному в обмотке выходного реле и умноженному на отношение тока максимальной нагрузки к току, протекающему по линии в момент измерения. Повышенные значения небалансов в выходных цепях фильтров могут быть вызваны следующими причинами: наличием в кривых подводимых напряжений и токов гармонических составляющих (третьей – в токах и напряжениях и пятой – в напряжениях), наличием несимметрии подводимых напряжений и токов, разницей в частотах сети при проверке рабочим напряжением и током нагрузки и при настройке фильтра от испытательного устройства. Учет влияния этих факторов достаточно сложен, поэтому проверки желательно производить при таком режиме, когда влияние этих факторов на значение небаланса незначительно.

При проверке комбинированных фильтров тока  $I_1 + K I_2$  следует измерить напряжение на выходе фильтра (органа манипуляции) при подаче обратного и прямого чередований фаз тока. Отношение выходного напряжения при подаче обратного чередования к выходному напряжению при подаче прямого чередования фаз должно быть примерно равно коэффициенту  $K$  комбинированного фильтра. Аналогично, но при подаче соответствующей системы напряжений проверяются и комбинированные фильтры напряжений  $U_1 + K U_2$ , применяемые в некоторых схемах для компенсации емкостного тока в органе манипуляции ВЧ передатчиком.

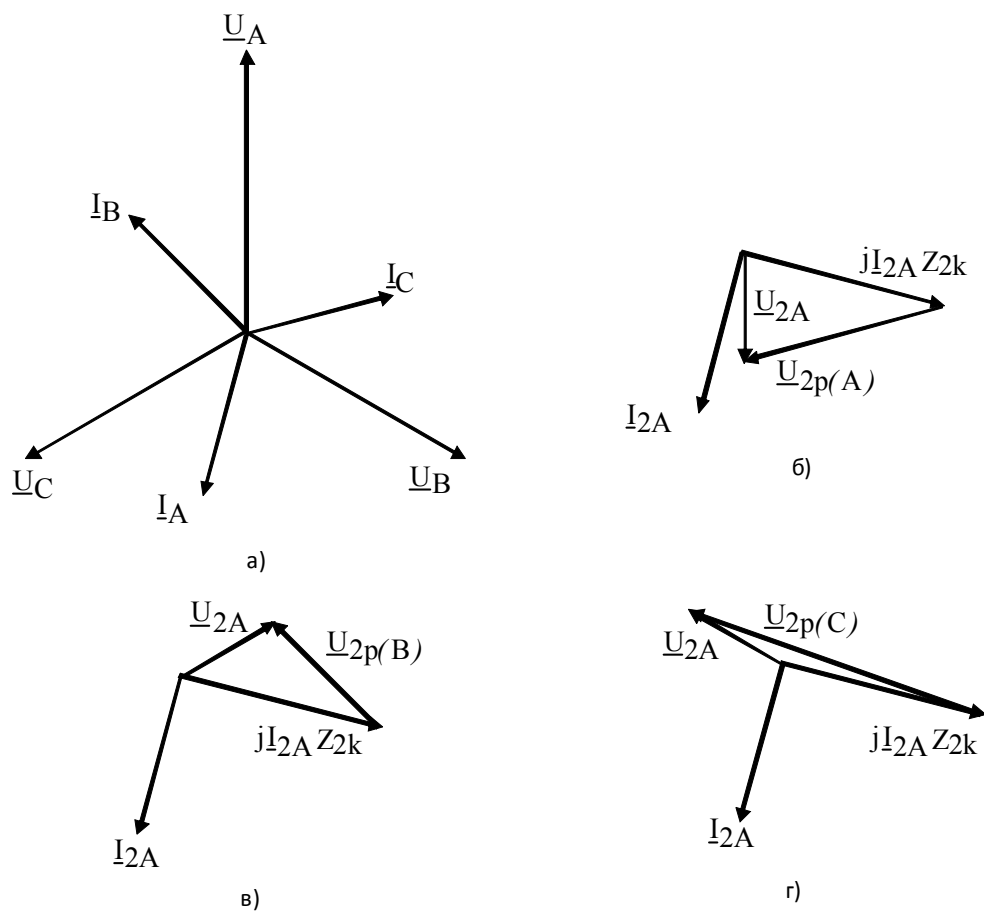
После окончания проверок и восстановления цепей тока и напряжения в исходное состояние следует проконтролировать правильность восстановления цепей напряжения и тока измерением значения выходного параметра фильтра. Это значение должно соответствовать выходному параметру при токе (напряжении) прямой последовательности при данной нагрузке (напряжении).

6.12.17. Проверяется правильность работы устройств компенсации в защитах ВЛ 330-500 кВ. Следует проверить правильность подключения вторичных обмоток устройств компенсации сопротивлений обратной последовательности  $I_2 Z_{2k}$  в пусковых органах релейной защиты,  $K \cdot 3I_0$  – нулевой последовательности в дистанционных реле, включенных на фазные напряжения и токи, и компенсации емкостных токов – в измерительных органах устройств РЗА, включенных на ВЛ напряжением 330 кВ и выше.

6.12.17.1. Проверяется устройство компенсации сопротивления обратной последовательности в пусковом устройстве защиты, включенном на напряжение обратной последовательности в соответствии с выражением

$|\underline{U}_p| = |\underline{U}_2 - \underline{I}_2 \underline{Z}_{2k}|$ , где  $\underline{U}_2$ , и  $\underline{I}_2$  – напряжение и ток обратной последовательности, подаваемые на устройство, а  $\underline{Z}_{2k}$  – сопротивление компенсирующего устройства. Для проверки этого устройства на устройство защиты подается обратное чередование фаз тока (перекрещиваются фазы В и С), поочередно отсоединяются фазы А, В, С проверяемого устройства от цепей напряжения с подключением их к нулевому проводу (имитируются однофазные КЗ в цепях напряжения), и измеряются значения токов  $\underline{I}_{2p}$  на выходе измерительного или пускового органа. Соотношения значений измеренных токов должны быть пропорциональны значениям  $\underline{U}_{2p}$ , определенным графически из векторной диаграммы рисунок 18:

$$\underline{I}_{2p(A)} : \underline{I}_{2p(B)} : \underline{I}_{2p(C)} = \underline{U}_{2p(A)} : \underline{U}_{2p(B)} : \underline{U}_{2p(C)}. \quad (11)$$



**Рис. 18 Построение диаграмм для определения правильности включения компенсирующего устройства сопротивления обратной последовательности при подаче обратного чередования тока и имитации однофазных КЗ в цепях напряжения**  
а – векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; б – диаграмма рабочих токов и напряжений при имитации по цепям напряжения КЗ на фазе А; в – то же на фазе В; г – то же на фазе С

При построении векторной диаграммы следует учесть, что вектор тока  $\underline{I}_{2(A)}$  равен и совпадает с вектором тока  $\underline{I}_A$ , поскольку в устройстве поменяли местами фазы В и С (рисунок 18, а). Модуль вектора  $j\underline{I}_{2A} \underline{Z}_{2k}$  подсчитывается по заданной уставке  $\underline{Z}_{2k}$  и измеренному значению тока  $\underline{I}_A$ , а по направлению вектор  $j\underline{I}_{2A} \underline{Z}_{2k}$  опережает вектор этого тока на угол  $90^\circ$ .

Значение вектора напряжения  $\underline{U}_{2A}$  равно одной трети фазного напряжения, а его направление для каждой имитации, определенное по формуле:

$$\underline{U}_{2A} = \frac{1}{3}(\underline{U}_A + a^2 \underline{U}_B + a \underline{U}_C), \quad (12)$$

совпадает с вектором минус  $\underline{U}_A$  при отключении фазы А, минус  $\underline{U}_C$  при отключении фазы В и минус  $\underline{U}_B$  при отключении фазы С.

Четкость проверки правильности настройки устройств компенсации обеспечивается при соблюдении условий  $I_\phi Z_{2K} \geq 0,05 U_\phi$ . При малых значениях токов нагрузки следует на время проверки установить максимальное значение  $Z_{2K}$ .

6.12.17.2. Проверяется устройство компенсации сопротивления нулевой последовательности в реле сопротивления, включенных на фазные токи и напряжения по схеме с токовой компенсацией. При проверке направленности характеристики реле сопротивления путем уменьшения рабочего напряжения, подаваемого на устройство РЗА с помощью потенциометра (п. 6.12.19 и рисунок 26), определяют по два значения сопротивления срабатывания. Первое – при подаче в устройство только фазного тока и второе при подаче только тока  $3I_0$ . В обоих случаях эти сопротивления, определяемые по соотношениям  $\frac{U_\phi}{I_\phi}$  и  $\frac{U_\phi}{k \cdot 3I_0}$  должны соответствовать углу между рабочим

напряжением и током нагрузки, а также угловой характеристике срабатывания реле. Затем фазный ток и ток  $3I_0$  подаются одновременно. По уменьшению сопротивления срабатывания до значения, рассчитанного по соотношению

$\frac{U_\phi}{I_\phi + k \cdot 3I_0}$ , определяется правильность включения фазной и компенсационной обмоток между собой. Этим подтверждается правильность суммирования токов  $I_\phi + K \cdot 3I_0$ .

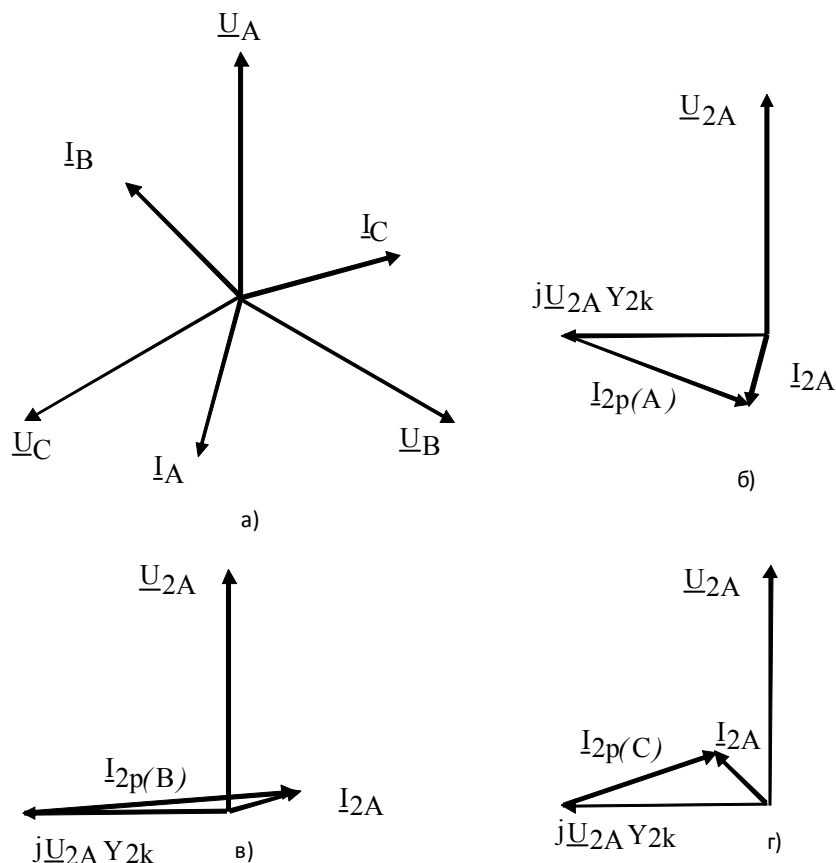
6.12.17.3. Проверяется устройство компенсации емкостного тока ВЛ напряжением 330 кВ и выше. В случае, если проверка производится на ВЛ, включенной на холостой ход (реакторы на противоположном конце ВЛ должны быть отключены), условием правильного включения будет уменьшение напряжения на выходе устройства компенсации наполовину или до нуля (при компенсации соответственно половины значения емкостного тока ВЛ или полного его значения) при подаче одновременно тока и напряжения по сравнению с выходным напряжением только от поданного тока. Для устройств, где компенсируются другие части значения емкостного тока ВЛ, эти соотношения, характеризующие правильность включений компенсирующего устройства, могут быть иные. Например, в защите ПДЭ-2003 компенсируется 0,5 и 1,2-1,4 емкостного тока ВЛ. Изменением положения переключателя уставки следует при необходимости произвести корректировку уставки емкостного тока. В зависимости от вида устройства следует подавать соответствующие системы токов и напряжений

(симметричные и несимметричные, прямое и обратное чередования фаз). Например, при проверке емкостной компенсации в комбинированных фильтрах органа манипуляции дифференциально-фазных защит ВЛ сначала подаются три комбинации симметричных токов и напряжений прямой, а затем обратной последовательности, а при проверке емкостной компенсации в токовых реле УРОВ (в устройстве ПДЭ-2005) подаются фазные напряжения и токи.

В случае, если по ВЛ протекает ток нагрузки, правильность подключения устройства следует определять по соотношению величин, получаемых при измерениях, и из векторной диаграммы.

На устройство, подключенное через фильтры обратной последовательности, подается напряжение обратной последовательности (перекрещиваются фазы В и С) совместно с поочередной подачей одного из фазных токов и измеряются напряжения на выходе измерительных и пусковых органов  $\underline{U}_{2p}$ . Соотношения значений измеренных напряжений должны быть пропорциональны значениям  $\underline{I}_{2p}$ , определенным графически из векторной диаграммы рисунка 19:

$$\underline{U}_{2p(A)} : \underline{U}_{2p(B)} : \underline{U}_{2p(C)} = \underline{I}_{2p(A)} : \underline{I}_{2p(B)} : \underline{I}_{2p(C)}. \quad (13)$$



**Рис. 19 Построение диаграмм для определения правильности включения компенсирующего устройства емкостного тока ВЛ, включенного через фильтры обратной последовательности**

а – векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; б – диаграмма при подведении к устройству тока фазы А; в – то же фазы В; г – то же фазы С

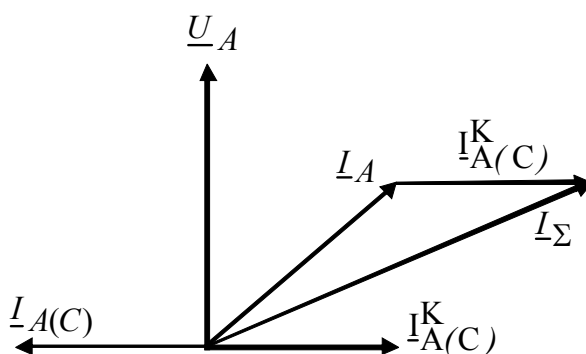
При построении векторной диаграммы следует учесть, что вектор напряжения  $\underline{U}_{2A}$ , равен и совпадает с вектором напряжения  $\underline{U}_A$ , значение вектора  $j \underline{U}_{2A} \underline{Y}_{2K}$  подсчитывается по заданной уставке и опережает вектор  $\underline{U}_A$  на  $90^\circ$ . Значение вектора тока  $\underline{I}_{2A}$  равно одной трети фазного тока, а его направление, определенное формулой:

$$\underline{I}_{2A} = \frac{1}{3}(\underline{I}_A + a^2 \underline{I}_B + a \underline{I}_C) \quad (14)$$

совпадает с вектором  $\underline{I}_A$  при пропускании через устройство тока фазы А,  $\underline{I}_C$  при пропускании через устройство тока фазы В,  $\underline{I}_B$  при пропускании через устройство тока фазы С.

На устройство, включенное на фазное напряжение и фазный ток, подается сначала только ток, на который оно включено, затем только напряжение, а затем совместно напряжение и ток, и измеряются напряжения  $U_{p(I)}$ ,  $U_{p(U)}$ ,  $U_{p(I+U)}$  на выходе измерительного или пускового органа. Соотношения значений намеренных напряжений должны быть пропорциональны значениям векторов  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_{A(C)}^K$ ,  $\underline{I}_\Sigma$ , □□полученным из векторной диаграммы рисунка 20:

$$U_{p(I)} : U_{p(U)} : U_{p(I+U)} = \underline{I}_A : \underline{I}_{A(C)}^K : \underline{I}_\Sigma. \quad (15)$$



**Рис. 20 Построение векторной диаграммы для определения правильности включения компенсирующего устройства емкостного тока ВЛ, включенного на фазное напряжение**

6.12.18. Проверяется правильность включения органа направления мощности. Эту проверку следует производить путем фиксации состояния контактов реле (выхода реле или терминала) при подведении к реле различных комбинаций тока и напряжения (достаточно трех комбинаций). Обычно следует подавать одно и то же напряжение и поочередно ток каждой фазы (рисунок 21). Так как векторы токов разных фаз смещены один относительно другого на  $120^\circ$ , это всегда позволяет получить четкие действия реле, хотя бы для токов двух фаз.



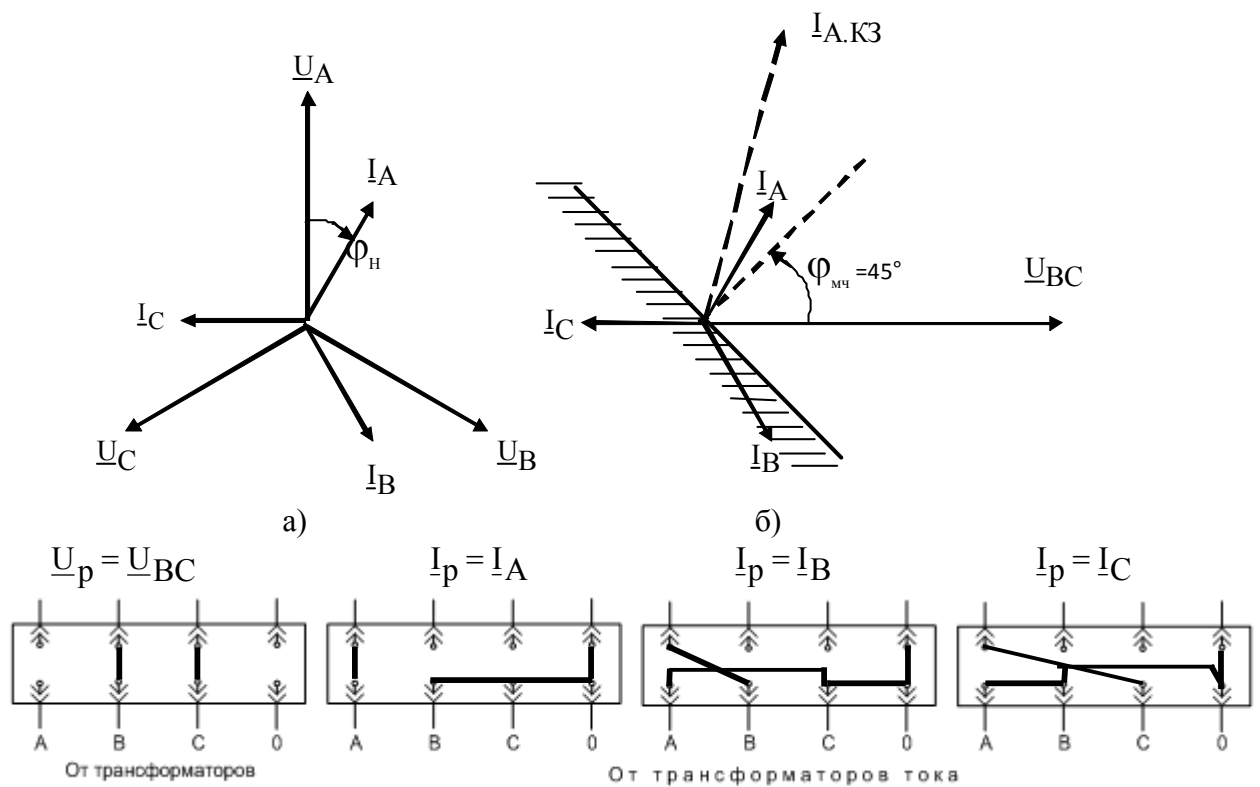


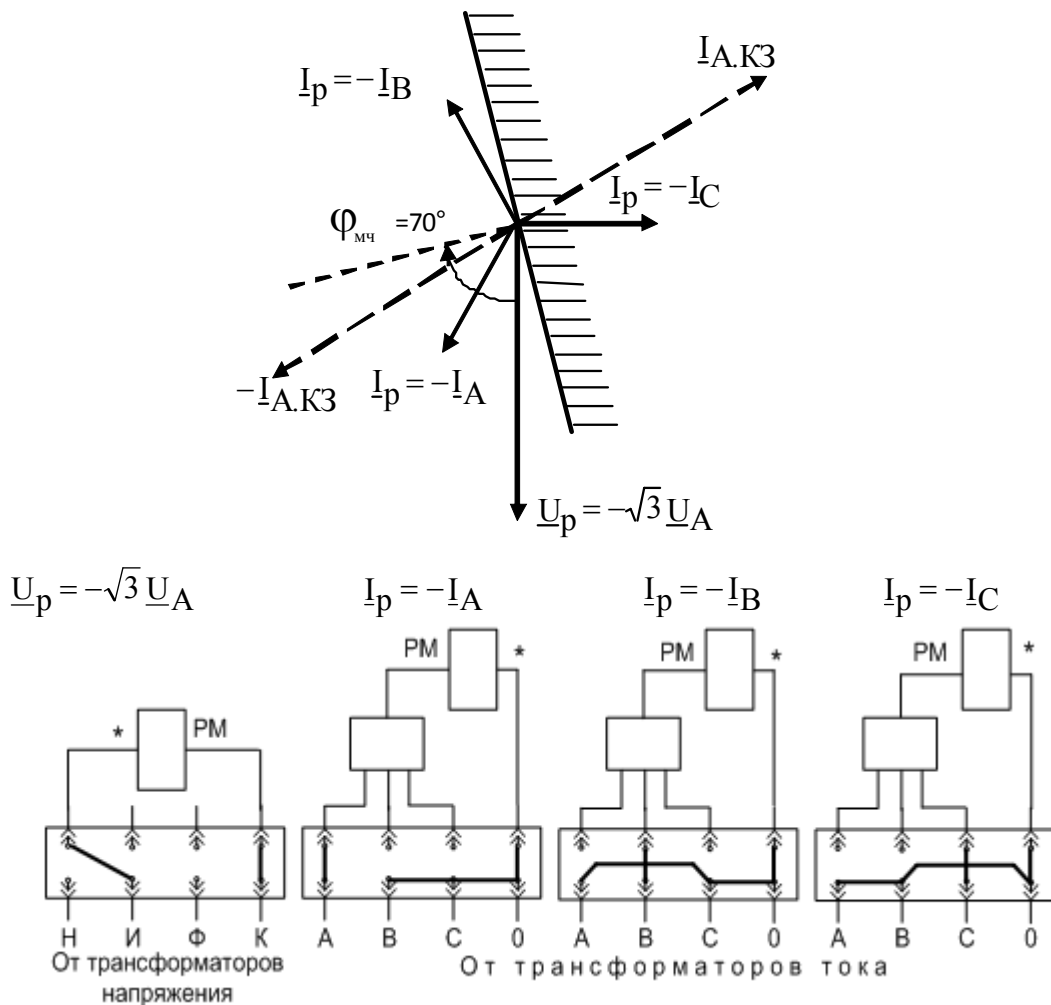
Рис. 21, а, б

### Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений

а – векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; б – проверка реле мощности, включенного на междуфазные КЗ по 90-градусной схеме

Для реле, включенных на полные значения напряжений и токов, подаются полные значения напряжений и токов (рисунок 21, б).

Для защиты от замыканий на землю к реле вместо цепей с маркировкой «Н» подаются цепи с маркировкой «И» (испытательная жила) от цепей напряжения «разомкнутого треугольника» (имитируется однофазное КЗ на фазе А, при условии, что цепи напряжения «разомкнутого треугольника» собраны по типовой схеме), и поочередно токи каждой фазы пропускаются через токовую обмотку реле (рисунок 21, в).



**Рис. 21, в**  
**Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений**

в – проверка реле мощности нулевой последовательности

Для реле мощности обратной последовательности по цепям напряжения имитируются междуфазные или однофазные КЗ, а в токовые цепи реле поочередно подаются токи всех фаз (рисунки 21, г, д). Эти реле можно проверить также и при подаче на них токов и напряжений обратной последовательности трех фаз. Для этого на реле путем перекрещивания двух фаз напряжения на крышке испытательного блока подается система напряжений обратной последовательности и затем поочередно три системы токов обратной последовательности (рисунок 21, е).

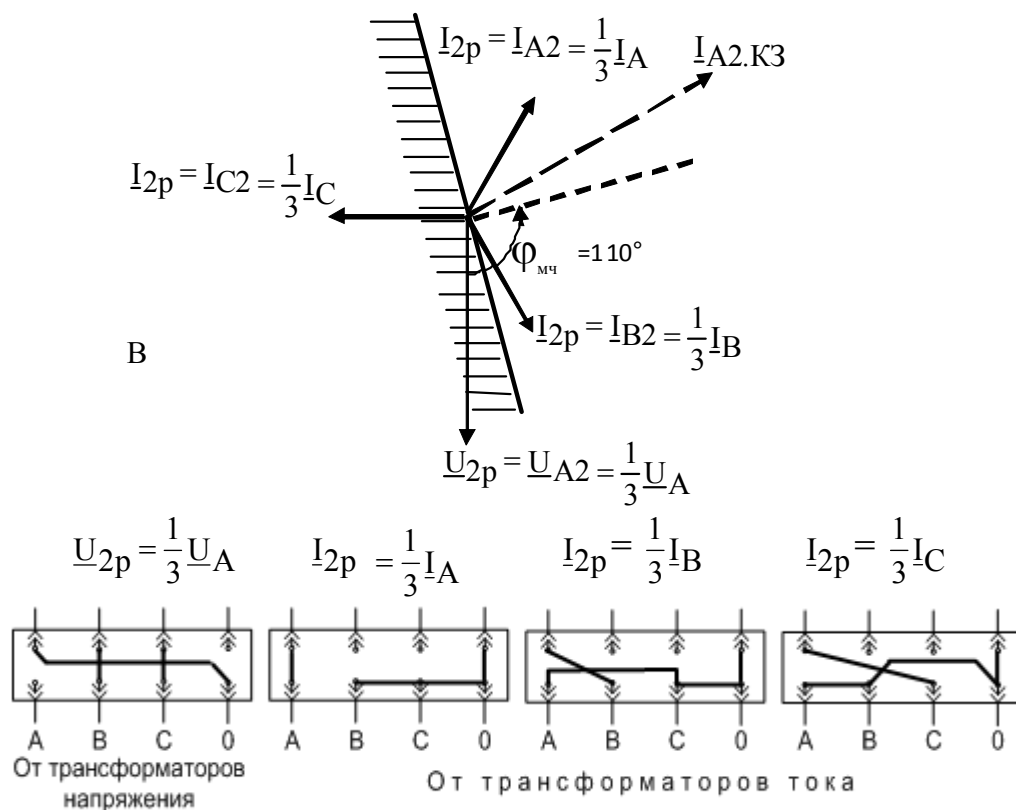
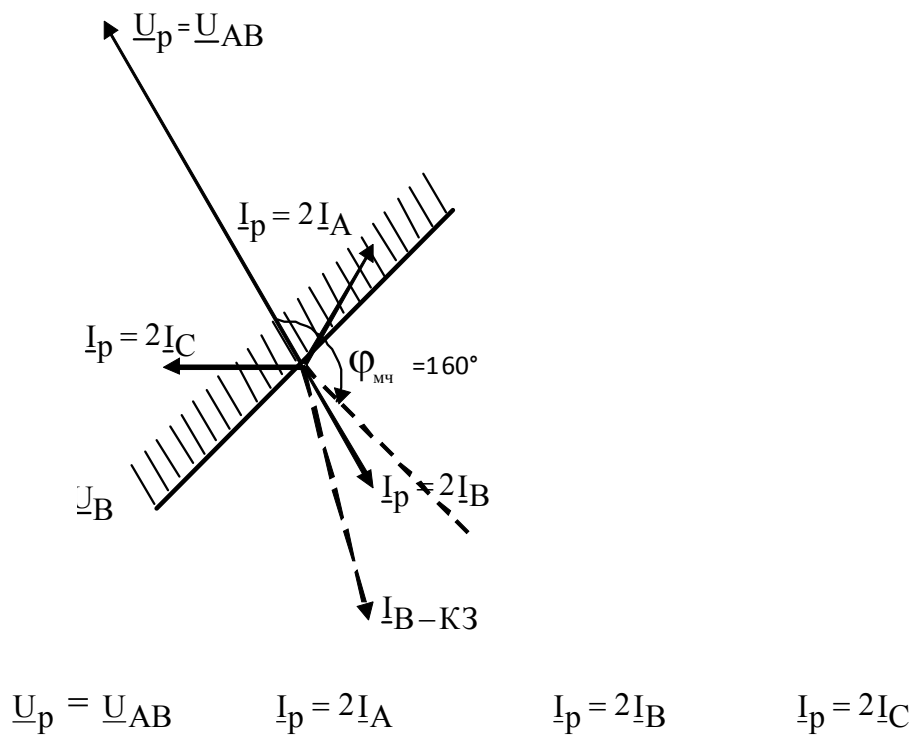


Рис. 21, г

### Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений

г – проверка реле мощности обратной последовательности с построением диаграммы работы реле в системе напряжений и токов обратной последовательности



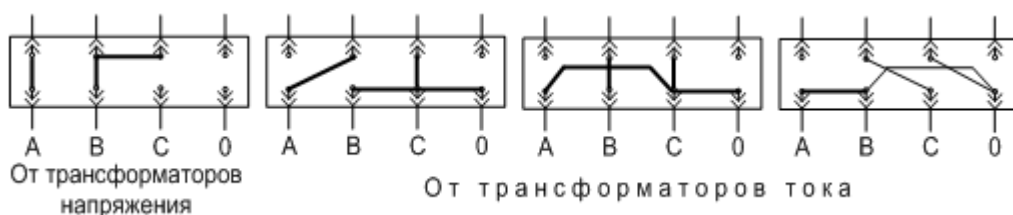
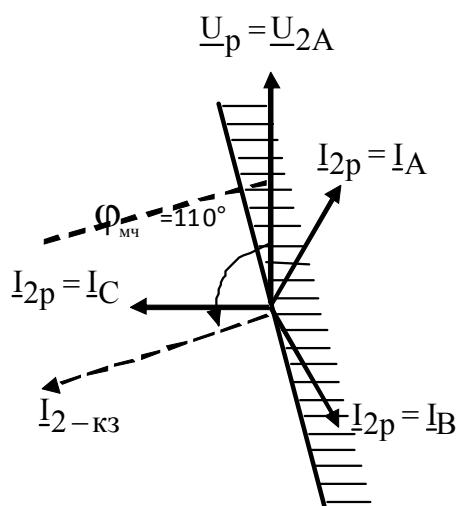


Рис. 21, д

**Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений**

д – то же с построением диаграммы в системе полных величин



е)

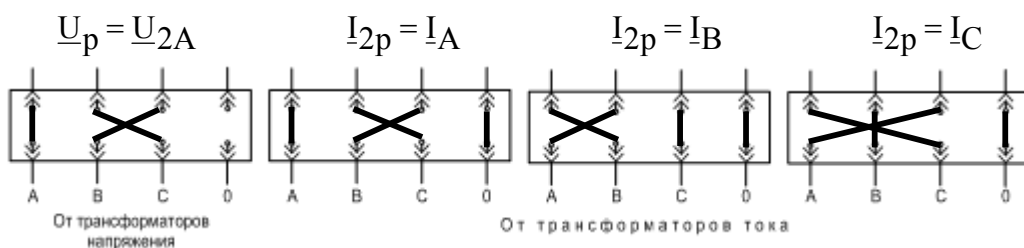


Рис. 21, е

**Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений**

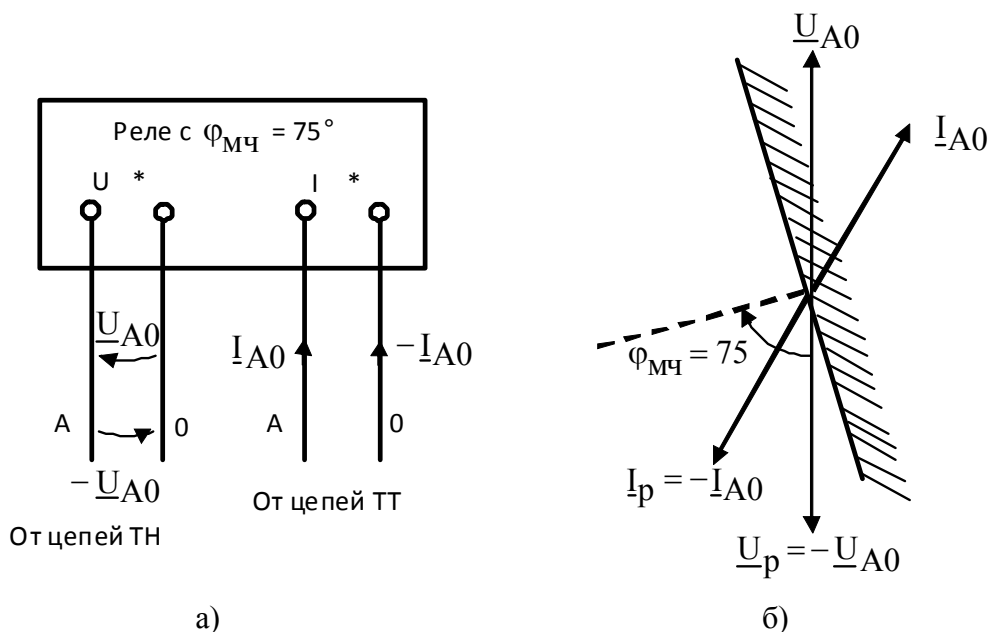
е – тот же с подачей системы напряжений и трех систем токов обратной последовательности

Для облегчения анализа правильности поведения реле токи нагрузки разных фаз целесообразно подводить к одним и тем же цепям реле, например, при проверке реле мощности обратной последовательности однофазными токами можно через токовую обмотку фазы А реле или через последовательно соединенные токовые обмотки фаз В и С поочередно пропустить нагрузочный ток фаз А, В и С.

Предварительно, зная векторные диаграммы токов нагрузки, следует определить ожидаемое поведение реле. Для этого нужно определить, какие из векторов рабочего напряжения будут подводиться при имитациях к обмотке напряжения реле, т.е. определить положение вектора  $\underline{U}_p$ . Относительно вектора  $\underline{U}_p$ , зная угол максимальной чувствительности, определить линию максимальных, а затем нулевых моментов, т.е. определить зону работы реле.

Для реле мощности обратной последовательности зоны работы могут строиться для токов и напряжений обратной последовательности (рисунки 21, г, е) или для полных значения токов и напряжений (рисунок 21, д). Углы максимальной чувствительности при этом будут разные. После этого следует нанести на диаграмму положение трех векторов тока, которые будут подводиться к токовым обмоткам реле при имитациях (на основании положения векторов токов нагрузки и вида симметричных составляющих, на которые реагирует реле). По положению этих векторов относительно зоны работы определяют ожидаемое поведение реле. Кроме того, на диаграмму обычно наносят положение вектора тока КЗ, который протекал бы при КЗ на защищаемом элементе первичной сети в режиме, соответствующем имитируемому по цепям напряжения. Вектор тока КЗ должен попадать в зону работы реле, если оно должно срабатывать при КЗ на защищаемых элементах, или в зону блокировки, если оно в этом режиме должно блокироваться. При нанесении векторов тока и напряжения, подводимых к обмоткам реле, на диаграмму, следует определять положения векторов  $\underline{U}_p$ ,  $\underline{I}_p$ , начала (стрелки) которых подходят к однополярным выводам реле (отмечены \*), так как относительно них задается угол максимальной чувствительности реле, и строится зона работы реле. Кроме того, зону работы следует строить для определенного контакта реле с учетом назначения реле и схемы включения этого контакта в оперативных цепях.

На рисунке 22 для примера построена зона работы реле мощности нулевой последовательности с  $\varphi_{мч} = 75^\circ$ .

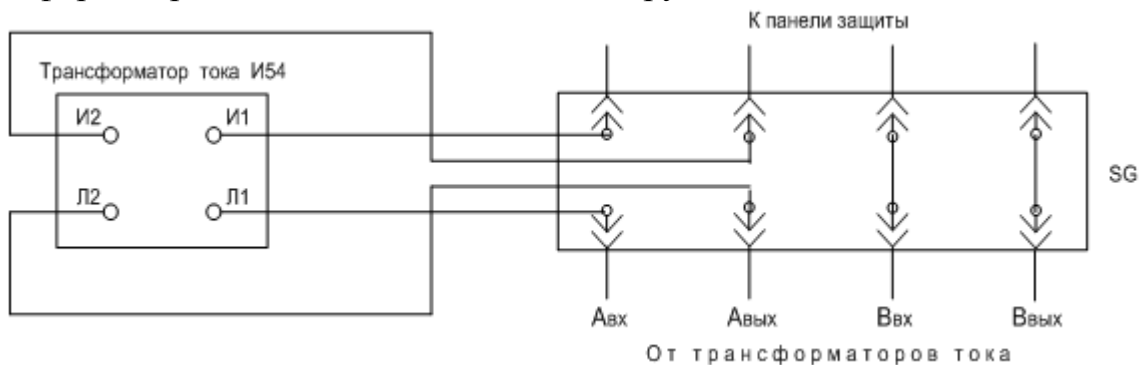


**Рис. 22 Определение зоны работы реле мощности нулевой последовательности при подведении рабочих токов и напряжений**

а – схема подведения цепей тока и напряжения к реле; б – построение зоны работы реле

После этого следует произвести намеченные имитации режимов и сравнить фактическое поведение реле с ожидаемым. Если они совпадают, реле мощности включены правильно. При возникновении сомнений в правильности поведения следует снять векторные диаграммы токов и напряжений на выводах самого реле.

При проведении имитаций режимов к реле должны подводиться мощности, достаточные для срабатывания реле при различных углах между векторами тока и напряжения (превышающие мощность срабатывания реле не менее чем в 2-3 раза). При малых значениях токов нагрузки можно на время проверок уменьшать заданную уставку мощности срабатывания реле с помощью переключателей уставок, если таковые имеются, или искусственно увеличивать значение тока, подводимого к реле, с помощью трансформатора тока, например, И54 (рисунок 23). В этом случае необходимо проверить, чтобы векторная диаграмма токов, подводимых к реле от повышающих трансформаторов тока, соответствовала нагрузке.



**Рис. 23 Схема увеличения значения тока, подводимого к реле, с помощью измерительного трансформатора тока**

При проверках электромеханических реле мощности следует ориентировочно оценивать механический момент на траверсе подвижного контакта при различных имитациях.

Следует учитывать, что некоторые реле могут иметь ширину зоны работы, меньшую  $180^\circ$ . Например, в реле мощности обратной последовательности защиты ПДЭ-2003 ширина этой зоны и на срабатывание, и на блокировку составляет  $120-135^\circ$ .

Для проверки таких реле следует подбирать такие сочетания токов и напряжений, при которых реле четко действует на срабатывание или на блокировку.

Устройства компенсации сопротивления обратной последовательности и емкостного тока изменяют зону работы реле, поэтому при имитациях они должны быть выведены из работы с помощью переключателей.

На рисунке 21 приведены примеры построения векторных диаграмм и переключений в цепях тока и напряжения при имитациях для проверки

различных типов реле мощности. На рисунке 21, б приведена диаграмма для реле мощности, включенного на напряжение  $\underline{U}_{BC}$  и ток  $\underline{I}_A$ . На рисунке 21, в – для реле мощности нулевой последовательности при имитации в цепях напряжения однофазного КЗ на фазе А и поочередной подаче в цепь тока фазных токов.

На рисунках 21 г, д, е для реле мощности обратной последовательности: на рисунке 21, г при имитации однофазного КЗ в цепях напряжения и построения диаграммы относительно составляющих тока и напряжения обратной последовательности, на рисунке 21, д при имитации по цепям напряжения междуфазного КЗ на фазах В и С с подачей в последовательно соединенные токовые обмотки фаз В и С тока фазы А, на рисунке 21, е при подаче трехфазной системы напряжений обратной последовательности АСВ и трех систем токов обратной последовательности АСВ, ВАС и СВА (при этом фильтр напряжений обратной последовательности будет выделять значения  $\underline{U}_A$ , а фильтры токов – поочередно значения, пропорциональные векторам  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$ ,  $\underline{I}_C$ ).

С учетом векторной диаграммы нагрузок (рисунок 21, а) реле реагируют следующим образом:

на рисунке 21, б реле срабатывает при подведении тока  $\underline{I}_A$  и не срабатывает при подведении токов  $\underline{I}_B$ ,  $\underline{I}_C$ ;

на рисунке 21, в реле срабатывает при подведении токов  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$  и не срабатывает при подведении тока  $\underline{I}_C$ ;

на рисунке 21, г реле срабатывает при подведении токов  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_B$  и не срабатывает при подведении тока  $\underline{I}_C$ ;

на рисунке 21, д реле срабатывает при подведении тока  $\underline{I}_B$  и не срабатывает при подведении токов  $\underline{I}_A$ ,  $\underline{I}_C$ ;

на рисунке 21, е реле срабатывает при подведении системы токов ВАС СВА и не срабатывает при подведении системы токов АСВ и ВАС.

#### 6.12.19. Проверяется правильность включения реле сопротивления.

Проверку реле сопротивления следует производить путем перевода реле сопротивления в режим реле направления мощности (в случае, если имеется контур подпитки, питающийся от неповрежденной фазы напряжения) или снижением значения рабочего напряжения, подводимого к реле (в случае, если контур памяти отсутствует или питается от линейных напряжений), и путем оценки поведения реле при подведении к нему разных фаз токов нагрузки.

Правильность включения реле сопротивления дистанционных защит обычно проверяют только для одного реле сопротивления первой ступени, например, включенного на линейное напряжение АВ, считая при этом, что возможные ошибки в пределах устройства РЗА были выявлены на предыдущих этапах наладки с помощью испытательного устройства.

При включении отдельных ступеней дистанционной защиты на разные группы вторичных обмоток трансформаторов тока (например, при раздельном включении I и II комплектов модернизированной панели ЭПЗ-1636 или основного и резервного комплекта защиты ШДЭ-2802) следует производить

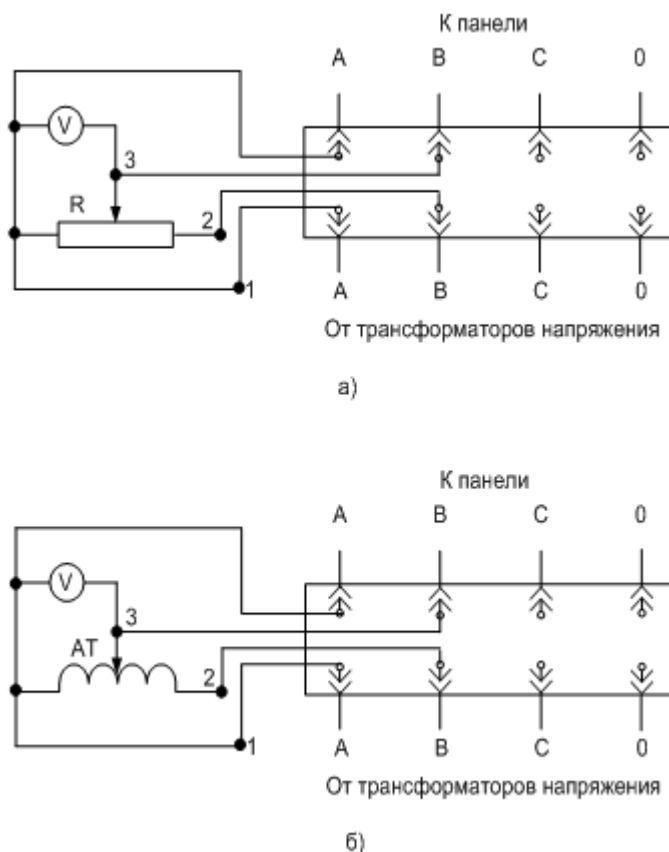
проверку только для одного реле сопротивления, но для каждой группы. Для других устройств РЗА следует проверить правильность подключения каждого реле сопротивления.

Перевод реле сопротивления, в котором подпитка выполнена от неповрежденной фазы напряжения, в режим реле направления мощности следует производить путем его отсоединения от цепей напряжения, закорачивания в сторону панели цепей рабочего напряжения реле и подведения фазных напряжений от цепей напряжения в контур подпитки проверяемого реле. При этом цепи тока этого реле остаются подключенными к току нагрузки. Угол максимальной чувствительности реле в режиме реле направления мощности, отсчитываемый относительно напряжения, подаваемого в контур подпитки, равен углу максимальной чувствительности реле сопротивления плюс  $90^\circ$ . Можно также пользоваться углом максимальной чувствительности реле сопротивления, но помнить, что подавая напряжение С0, имитируем напряжение АВ, подавая напряжение А0, имитируем напряжение ВС, подавая напряжение В0 имитируем напряжение СА.

Для электромеханических реле сопротивления (в настоящее время сняты с производства) перевод в режим реле направления мощности следует осуществлять переключением соответствующих накладок, при этом значение угла максимальной чувствительности реле в режиме реле направления мощности остается тем же, что и в режиме реле сопротивления или равном  $90^\circ$  (в зависимости от типа реле).

Реле, у которых отсутствует контур подпитки, питающийся от неповрежденной фазы цепей напряжения, следует проверять, подводя к реле ток нагрузки и пониженное напряжение от трансформатора напряжения. Для этого с помощью потенциометра или автотрансформатора понижают напряжения, поступающие от трансформаторов напряжения, и, подводя к реле напряжения разных фаз, измеряют напряжения срабатывания реле (рисунок 24).





**Рис. 24 Схема проверки правильности подключения реле сопротивления путем подвода к реле пониженного значения рабочего напряжения**

а – реостата, включенного по схеме потенциометра; б – лабораторного автотрансформатора

Для реле, имеющих характеристики срабатывания с охватом начала координат, для фиксации двух точек срабатывания измерения следует производить с изменением фазы подводимого напряжения на  $180^\circ$ .

При проверках ненаправленных реле сопротивления с характеристикой в виде окружности (или многоугольника) с центром в начале координат следует дополнительно снять векторные диаграммы напряжений и токов на выводах реле.

Значения сопротивлений срабатывания ( $Z_{ср}$ ), в Омах на фазу, для реле, включенных на линейные напряжения и токи, необходимо подсчитать по формуле

$$Z_{ср} = \frac{U_{л.ср}}{I_{л}}. \quad (16)$$

Для реле, включенных на фазные напряжения и токи:

$$Z_{ср} = \frac{U_{ф.ср}}{I_{ф}}, \quad (17)$$

если фазный ток не пропускается через компенсационную обмотку;

$$Z_{ср} = \frac{U_{ф.ср}}{KI_{ф}}, \quad (18)$$

если фазный ток пропускается только через компенсационную обмотку;

$$Z_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{ф.ср}}}{(1 + K)I_{\text{ф}}}, \quad (19)$$

если фазный ток пропускается через фазную и компенсационную обмотки,

где  $Z_{\text{ср}}$  – сопротивление срабатывания реле, Ом/фазу;

$U_{\text{л.ср}}, U_{\text{ф.ср}}$  – линейные и фазные значения напряжений срабатывания, В;

$K$  – коэффициент компенсации тока нулевой последовательности;

$I_{\text{ф}}$  – фазный ток нагрузки, А.

$I_{\text{л}}$  – линейный ток нагрузки, понимаемый, как геометрическая разность фазных токов, подводимых к реле, А.

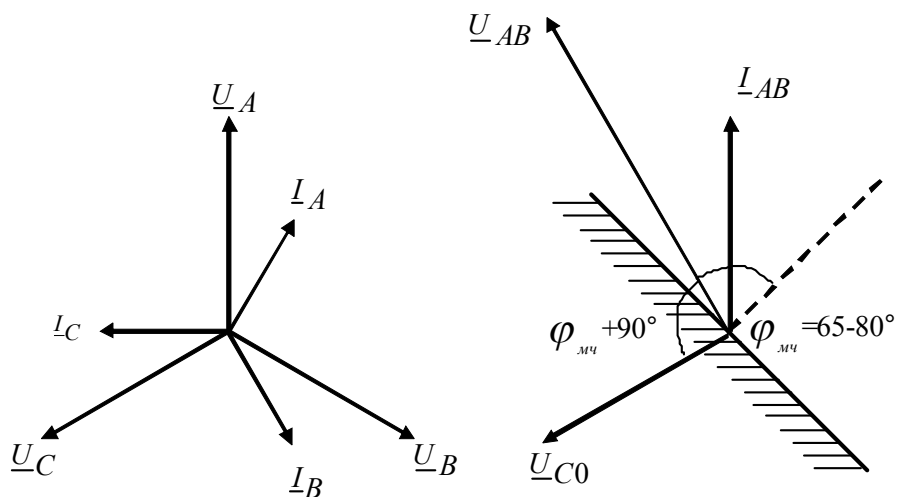
По угловым характеристикам реле сопротивления, зная углы между напряжениями и токами, определяют расчетные значения сопротивлений срабатывания и сравнивают их с измеренными. Измерения выполняются для нескольких сочетаний подводимых напряжений (или токов).

Реле сопротивления следует считать включенными правильно, если ожидаемое поведение их совпадает с фактическим при проверках реле сопротивления в режиме реле направления мощности или расчетные значения сопротивлений срабатывания совпадают с измеренными при проверках снижением напряжения.

При сомнениях в результатах проверки следует проверить векторную диаграмму токов и напряжений на выводах самого реле.

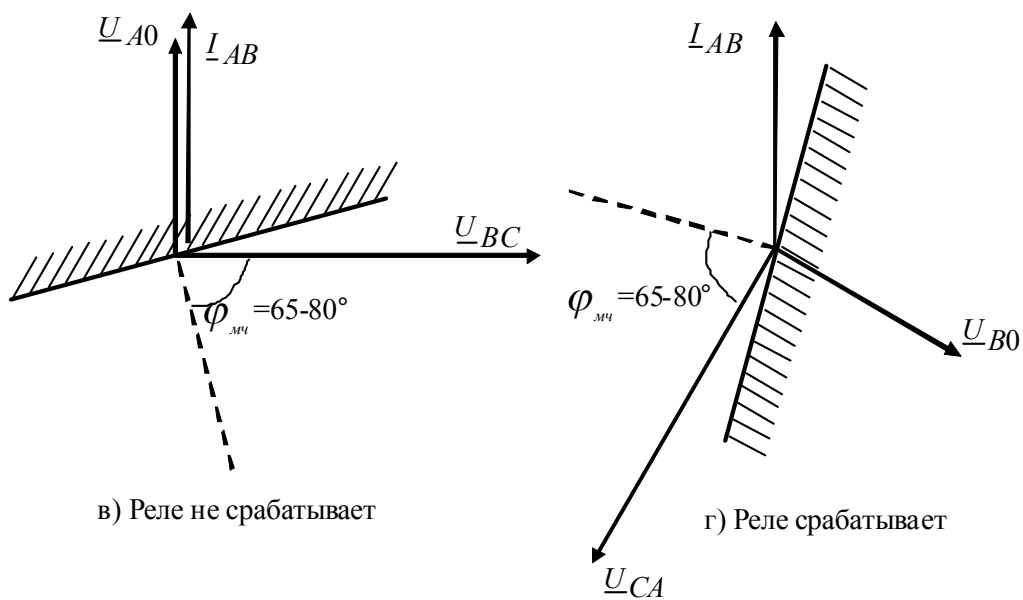
Реле сопротивления следует проверять при токах нагрузки, близких или превышающих значения тока точной работы реле сопротивления. Увеличить значения токов, подводимых к реле, можно с помощью трансформаторов тока, включаемых по схеме, приведенной на рисунке 23.

На рисунке 25 построены векторные диаграммы и показаны переключения, проводимые в цепях напряжения при проверках реле сопротивления с переводом в режим направления мощности, а на рисунке 26 – при подведении пониженного напряжения. На рисунках 25, б, в, г диаграммы построены относительно напряжений, подводимых к контуру подпитки ( $U_n$ ), и нанесены векторы тока  $I_{\text{ДВ}}$  в соответствии с диаграммой на рисунке 25, а. На рисунке 25, д векторная диаграмма построена относительно условно неподвижного вектора тока. В этом случае знак значения угла максимальной чувствительности меняется на противоположное по отношению к знаку значения этого угла при неподвижном векторе напряжения. Как видно из рисунка, для определения ожидаемого поведения реле при построении диаграммы приведенным способом достаточно построить одну диаграмму вместо трех.



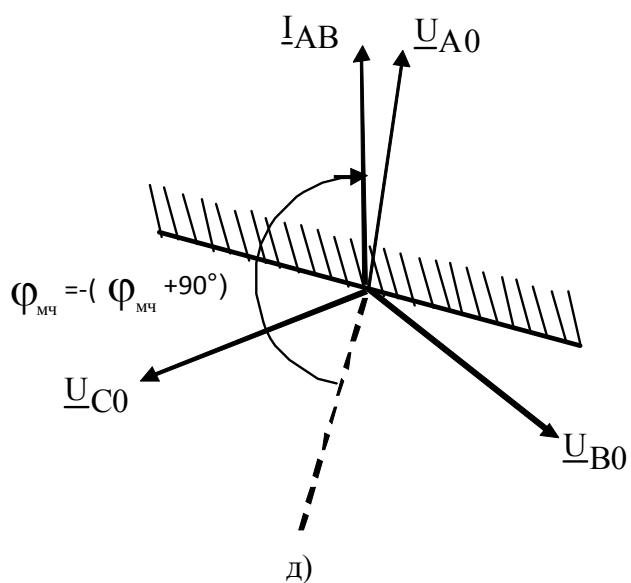
а)

б) Реле срабатывает



в) Реле не срабатывает

г) Реле срабатывает



д)



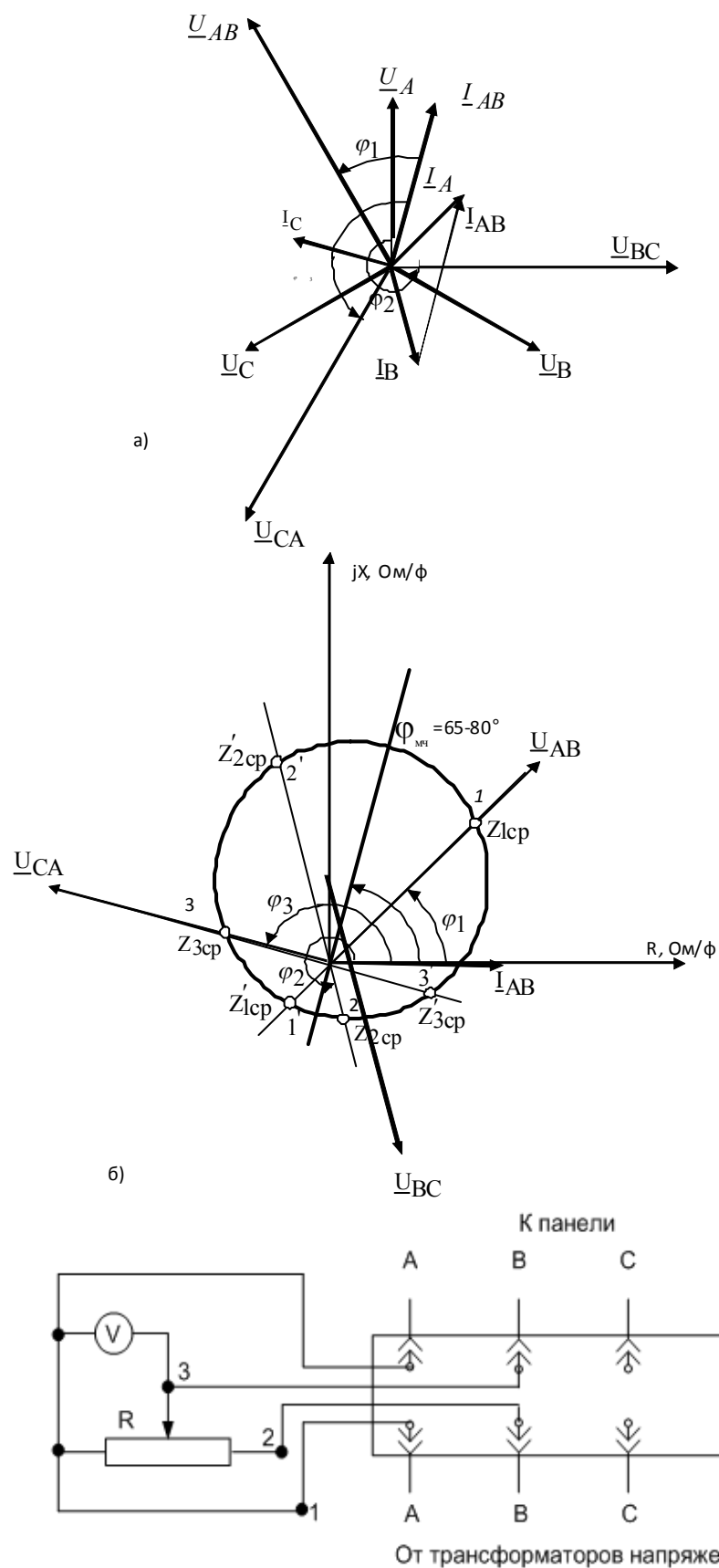
**Рис. 25** Определение ожидаемого поведения реле сопротивления при переводе в режим направления мощности при подведении рабочих токов и напряжений

а – векторная диаграмма рабочих токов; б – при подведении к контуру подпитки  $\underline{U}_{C0}$ ;

в – при подведении к контуру подпитки  $\underline{U}_{A0}$ ; г – при подведении к контуру подпитки  $\underline{U}_{B0}$ ;

д – путем построения векторной диаграммы относительно условно-неподвижного вектора тока

На рисунке 26 показано определение расчетных значений  $Z_{ср}$  по угловой характеристике реле в зависимости от фаз подведенного напряжения. Порядок подключения цепей от трансформатора напряжения к устройству РЗА для проверки  $Z_{ср}$  в различных точках угловой характеристики приведен в Таблице 5.



**Рис. 26** Определение ожидаемого поведения реле сопротивления путем снижения напряжения  
 а – векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; б –  $Z_{sp}$  по угловой характеристике;  
 в – схема подачи напряжений

Таблица 5

Точки угловой характеристики	Подключение зажимов реостата к фазам вторичных цепей напряжения	
	Зажим 1	Зажим 2
1	А	В
1'	В	А
2	В	С
2'	С	В
3	С	А
3'	А	С

6.12.20. Общая методика фазировки панелей диффазных защит приведена в Приложении Е.

### 6.13. Текущая эксплуатация устройств РЗА

В промежутках между плановыми техническими обслуживаниями устройств РЗА текущая эксплуатация включает в себя ряд мероприятий.

6.13.1. «Правилами» (14, 15) предусмотрена необходимость опробований устройств РЗА и их действий на коммутационные аппараты. Регламентирована необходимость опробования АВР механизмов СН не реже одного раза в шесть месяцев, АВР вводов питания СН и АПВ ВЛ не реже одного раза в год в соответствии с п. 2.3.12 (11, 12). Опробование должно проводиться оперативным персоналом. Для участия в опробовании может привлекаться персонал служб РЗА.

Необходимость опробования иных устройств определяется по местным условиям, например, в осенне-зимний период целесообразно опробование устройств РЗА, действующих на включение короткозамыкателя и отключение отделителя. Также по местным условиям в межремонтный период может проводиться тестовый контроль микроэлектронных и микропроцессорных устройств, имеющих соответствующие встроенные средства.

6.13.2. «Правилами» (14, 15, п. 2.3.11) предусмотрена также необходимость периодического осмотра аппаратуры РЗА и вторичных цепей персоналом служб РЗА. Периодичность осмотров устанавливается по местным условиям, но не реже одного раза в год. При техническом осмотре контролируется отсутствие внешних повреждений устройства и его элементов, состояние креплений устройств, проводов на рядах зажимов и на выводах устройств, наличие надписей и позиционных обозначений. При техническом осмотре в ранневесенний период целесообразно контролировать состояние кабельных каналов и, по возможности, состояние проложенных в них кабелей, особенно в местах пониженной надежности, например, в местах, которые могут быть затоплены паводковыми водами.

При осмотре контролируется положение оперативных переключающих устройств: накладок, переключателей, испытательных блоков, рубильников и других элементов. В особенности следует обратить внимание на устройства РЗА, оперативно вводимые и выводимые в заданных режимах, например, защиты обходных и шиносоединительных включателей. Положение переключающих устройств должно соответствовать инструкциям для оперативного персонала или оперативным картам, а также картам уставок служб РЗА.

При осмотре контролируется положение сигнальных элементов указательных реле, состояние сигнальных светодиодов и сигнальных ламп, проверяется наличие на устройствах РЗА оперативного напряжения, исправность цепей напряжения «звезды» и «разомкнутого треугольника», исправность приборов, контролирующих состояние защит, например, контроля исправности токовых цепей дифзащиты шин.

При осмотре терминалов микропроцессорных защит целесообразно контролировать по дисплею текущие значения токов, напряжений и других доступных параметров, сравнивать их с показаниями щитовых приборов или с показаниями мониторов АСУ ТП. Рекомендуется контролировать соответствие выполненных уставок заданным. Целесообразно проверять наличие зарегистрированных аварийных процессов, ранее не рассмотренных службой РЗА (ЭТЛ).

6.13.3. Службы РЗА должны расследовать и вести внутренний учет случаев неисправностей устройств РЗА, например, повышенный небаланс в дифференциальных цепях защиты шин, неисправности в цепях напряжения, обрывы токовых цепей, сигнализируемые рядом микропроцессорных устройств РЗА. Основной задачей такого учета является выявление узких мест при повторяющихся повреждениях и подготовка технических мероприятий по устранению узких мест.

6.13.4. Необходимо в соответствии с (6, 18) проводить учет и анализ срабатываний устройств РЗА. Анализ срабатываний устройств РЗА проводится на основе сопоставления данных, полученных от оперативного персонала (время и последовательность событий, работа коммутационных аппаратов, работа световой и звуковой сигнализации, выпавшие флажки указательных реле и т.п.), и объективных данных (записи осциллографов, цифровых регистраторов аварийных процессов, как отдельно смонтированных, так и встроенных в микропроцессорные устройства РЗА, показания приборов или программ для определения мест повреждения на ВЛ).

Анализ срабатываний позволяет правильно классифицировать работу устройств РЗА, выявлять некоторые недостатки устройств, неточности выбора уставок и т.п., подготавливать технические мероприятия по повышению качества работы устройств РЗА. Не следует пренебрегать анализом простых случаев срабатывания устройств РЗА, например, КЗ на ВЛ с успешным АПВ. Может выявиться глубокое насыщение трансформаторов тока при близких КЗ, может произойти замедление в срабатывании выключателя на отключение,

может возникнуть ряд других факторов, влияющих на надежную работу энергообъекта. Такие факторы, не выявленные в простейших случаях работы защиты и автоматики, могут существенно осложнить анализ серьезных нарушений, связанных с наложением нескольких аварийных событий.

Цифровые регистраторы предоставляют широкие возможности для подробного и достоверного анализа сложных событий, в том числе с неправильными действиями устройств РЗА. Например, представляется возможным проанализировать поведение защит при глубоких насыщениях трансформаторов тока, питающих защиту, при развившихся качаниях, выявить отличия реального токораспределения при КЗ от токораспределения, принятого при расчетах, и т.п. По измерению частоты в районе, оказавшемся энергодефицитным, выявляются отказавшие или излишне сработавшие устройства АЧР. По измерению токов и напряжений обратной последовательности в процессе КЗ проверяется качество работы фильтровых устройств РЗА.

На основании результатов анализа неправильных действий устройств РЗА проводится их послеаварийная проверка. Важными условиями проведения такой проверки являются сохранение устройства в том виде, в каком оно было в момент события, и организация режима, сходного с тем, какое было в момент события. Проверочными устройствами имитируются условия, существовавшие на входе устройства РЗА, без каких-либо переключений в нем. Наиболее полноценная имитация события может быть осуществлена с применением автоматического проверочного устройства, позволяющего воспроизвести на входах устройства РЗА аварийный процесс, записанный цифровым регистратором.

6.13.5. В порядке текущей эксплуатации необходимо производить корректировку инструкций для оперативного персонала по обслуживанию устройств РЗА и уточнение исполнительных схем. Рекомендуется выполнять исполнительные схемы в электронном виде, например, с помощью программы AutoCad. Первоначальные затраты на выполнение исполнительных схем в электронном виде окупаются экономией времени на внесение изменений при реконструкциях и сокращением количества ошибок при производстве работ в устройствах РЗА.

## **7 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРОВЕРКЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗА**

### **7.1. Принципиальные особенности выполнения и проверки микропроцессорных устройств РЗА (МП РЗА)**

7.1.1. Внедрение релейной защиты, выполненной на микропроцессорной базе (МП РЗА), обусловлено следующими основными преимуществами МП РЗА по сравнению с устройствами РЗА на электромеханической и микроэлектронной базе:



- совершенствование защитных функций и основных характеристик (в том числе, чувствительности, селективности);
- возможность ввода новых функций, в первую очередь функций самодиагностики исправного состояния самой релейной защиты;
- возможность непосредственной регистрации процессов и событий, получение информации для выполнения анализа возникших в энергосистеме, на подстанции и электрооборудовании повреждений, для анализа случаев неправильной работы устройств РЗА;
- принципиально новые возможности отображения информации, управления защитой и передачи от нее информации на АСУ ТП и удаленные уровни управления;
- уменьшение массы и габаритов устройств, благодаря новым технологиям изготовления, существенному уменьшению числа используемых блоков и соединений (одно микропроцессорное устройство выполняет обычно различные защитные функции, для реализации которых ранее требовалось несколько устройств);
- значительно большая возможность степени автоматизации проверочных операций, снижающая трудоёмкость работ по наладке и техническому обслуживанию.
- технологичность производства для производителей.

7.1.2. МП РЗА обладают рядом особенностей по сравнению с предыдущими поколениями устройств релейной защиты. Указанное относится к самой структуре построения МП РЗА, где не существует физических блоков, соответствующих отдельным защитным функциям. Это определяет необходимость изменения подхода к проверке МП РЗА. Так, например, при настройках и проверках МП РЗА с подведением определенных комбинаций входных величин следует убеждаться не только в действии проверяемых функций, но и в недействии других функций.

7.1.3. Во всех МП устройствах РЗА, предусмотрены специальные режимы непрерывной самодиагностики, обеспечивающие получение информации о появляющихся неисправностях и нарушениях в работе в процессе эксплуатации, проведения ТО, при наладке.

7.1.4. Для МП РЗА является существенным увеличение числа параметров, установка которых производится пользователем, и наличие в сложных защитах большого числа сообщений различного вида. Это в определенной степени усложняет обслуживание и требует участия в процессе ТО квалифицированного персонала. Рекомендуется организация процесса технического обслуживания таким образом, чтобы ТО могло обеспечиваться либо самими заводами и фирмами-изготовителями, либо квалифицированными специалистами организаций, профессионально занимающихся ТО на подстанциях своего региона.

7.1.5. Важным требованием для правильной работы устройств и комплексов МП РЗА является обеспечение допустимой электромагнитной

обстановки на подстанции для снижения влияния помех и исключения возможности повреждения МП РЗА.

На подстанциях должны выполняться все необходимые мероприятия по ЭМС в соответствии с (10).

7.1.6. Техническое обслуживание МП РЗА должно выполняется в соответствии с положениями СТО 56947007-33.040.20.141-2012 (8).

7.1.7. Проверка выбранных уставок и параметров сложных защит и комплексов МП РЗА требует принятия дополнительных мер по исключению влияния непроверяемых функций в процессе проверки вследствие возможного взаимного влияния и одновременного запуска других защитных функций. Это приводит к необходимости прибегать при проверке уставок к перепрограммированию и к временному изменению исходной конфигурации терминалов. В связи с этим, в конце ТО появляется важная операция восстановления проектной конфигурации МП защиты и проверки уставок.

7.1.8. Совершенствование наладочных проверок, настроек и испытаний МП РЗА может быть достигнуто только с использованием специализированных средств и устройств проверки с программным обеспечением, соответствующим устройствам различных типов и изготовителей. Это обеспечивает большую достоверность и существенное уменьшение доли «ручных» испытаний в различных режимах проверки уставок и характеристик, что снижает ошибки вследствие «человеческого фактора», а также дает возможность контроля и протоколирования результатов, быстрого повторения проверки или определенных ее этапов после корректировок уставок и параметров.

7.1.9. Проверка уставок, характеристик и отдельных функциональных связей в отдельных случаях может не обеспечивать полноценную проверку функциональной готовности микропроцессорного терминала и, тем более, всего комплекса МП РЗА объекта к правильным действиям при различных видах повреждений на защищаемом объекте ввиду возможности ошибок на проектном уровне, при программировании логическо-функциональных связей, так и в процессе наладки. В этих случаях (на ответственных подстанциях при повторяющихся невыясненных случаях неправильной работы устройств и комплексов МП РЗА) могут применяться специальные проверки всего комплекса РЗА объекта путем имитации повреждений на объекте с соответствующими сигналами, подводимыми к входам комплекса РЗА (см. Приложение Ж).

7.1.10. В настоящем разделе 7 приведены общие требования к проверкам и проведению ТО МП РЗА, поскольку все внедряемые устройства и комплексы МП РЗА функционируют на некоторых общих принципах. Вместе с тем, МП РЗА различных фирм и заводов – изготовителей имеют свои особенности, поэтому при проверках и проведении ТО необходимо пользоваться конкретными методиками по проведению ТО и указаниями заводов и фирм – изготовителей (Приложение И).

## **7.2. Подготовительные работы**

В объем подготовительных работ входит:

7.2.1. Анализ принципиальных схем, задания на параметрирование МП устройств РЗА на соответствие принятым проектным решениям и техническим характеристикам (функциям) устройства.

7.2.2. Проверка полноты необходимой рабочей проектной документации. Проверка согласованности этой документации (наличие соответствующего письма о согласовании или подписей) с организацией, выдавшей задание по настройке устройства РЗА, со службами РЗА МЭС (ПМЭС).

Документация, нужная для настройки и проверки устройств:

1) Принципиальные (полные) схемы.

2) Задание на параметрирование в составе:

- схема конфигурации (внутренней логики);
- таблицы параметрирования терминалов (бланки уставок);
- перечни дискретных и аналоговых сигналов для регистрации встроенными осциллографами и регистраторами событий;
- перечни сигналов светодиодной индикации;
- перечни сигналов для передачи в АСУ ТП (при наличии).

Кроме того, должны быть подготовлены схемы завода-изготовителя на шкафы/панели, руководства по эксплуатации на все устройства и программное обеспечение.

7.2.3. Подготовка программы проверки и формы протокола проверки в соответствии с основными положениями настоящей Инструкции и рекомендациями по техническому обслуживанию производителя устройства РЗА.

7.2.4. Подготовка (установка) необходимого программного обеспечения для параметрирования и конфигурирования терминалов, проверка соответствия версий программного обеспечения и версий МП терминалов; подготовка необходимых кабелей и преобразователей для подключения компьютера к МП терминалам.

Необходимо использовать последние версии ПО, рекомендованные производителем РЗА и допущенные к использованию ОАО «ФСК ЕЭС» (МЭС).

7.2.5. Подготовка испытательных устройств (Приложение Г), измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей и инструмента.

7.2.6. Допуск к работе.

7.2.7. Отсоединение всех необходимых цепей связи на рядах зажимов проверяемого устройства (панели, шкафа и т.п.) с другими устройствами, в том числе, по цифровым каналам связи с оформлением соответствующих записей и отметок в программе проверки.

При возможности цепи лучше отсоединять с помощью мостиков на клеммах и тестовых переключателей. В выходных цепях рекомендуется

отсоединять цепи как со стороны «+», так и «-».

### **7.3. Осмотр МП терминалов и всего оборудования шкафа**

Осмотр производится на предмет:

- а) выявления отсутствия внешних следов ударов, повреждений, потеков жидкостей в том числе и высохших;
- б) выявления отсутствия налета окислов на металлических поверхностях, отсутствия запыленности;
- в) проверки состояния контактных поверхностей рядов зажимов входных и выходных сигналов, разъемов интерфейса связи;
- г) выявления отсутствия механических повреждений у элементов управления;
- д) проверки соответствия типов установленных в шкафу (панели) аппаратов заводской спецификации и проектной документации;
- е) проверки правильности выполнения концевых разделок контрольных кабелей, уплотнений проходных отверстий;
- ж) проверки состояния уплотнений дверок шкафов, кожухов и т.д.;
- з) проверки состояния и правильности выполнения заземлений цепей вторичных соединений и металлоконструкций (экраны контрольных кабелей заземляются с обеих сторон).
- и) проверки наличия и правильности надписей на панелях, шкафах, ящиках и аппаратуре, проверки наличия и правильности маркировки кабелей, жил кабелей, проводов.
- к) проверки надежности механического крепления элементов оборудования шкафа, проверки затяжки винтовых соединений монтажа шкафа.

### **7.4. Проверка изоляции**

7.4.1. Измерение сопротивления изоляции независимых цепей (кроме цепей интерфейсов связи) выполняется по отношению к корпусу и между собой:

- 1) входных цепей тока;
- 2) входных цепей напряжения;
- 3) цепей питания оперативным током;
- 4) входных цепей дискретных сигналов;
- 5) выходных цепей дискретных сигналов от контактов выходных реле.

Измерение производится мегомметром на 1000 В, сопротивление изоляции должно быть не менее 100 Мом (для внутренних цепей шкафа, панели) и не менее 10 Мом (для всей цепи в сборе).

7.4.2. Испытание электрической прочности изоляции независимых цепей (кроме цепей интерфейсов связи и цепей, указанных в руководстве по эксплуатации на МП устройства, если таковые имеются) выполняется по отношению к корпусу и между собой. Испытание проводится переменным напряжением 1000 В, частотой 50 Гц в течение 1 минуты.

### **7.5. Основные проверки и настройки МП РЗА**

В основные проверки и настройки МП РЗА входит:

7.5.1. Задание требуемой конфигурации устройства РЗА. Загружаемая в МП терминал конфигурация должна быть согласована в соответствии с п. 7.2.2.

7.5.2. Задание уставок и режимов работы (параметрирование) МП устройства РЗА. Загружаемые в МП терминал данные параметрирования должны быть согласованы в соответствии с п. 7.2.2.

7.5.3. Проверка порогов срабатывания (и возврата) задействованных дискретных входов приёма сигналов от внешних устройств на соответствие технической документации завода-изготовителя.

7.5.4. Проверка всех используемых режимов и уставок (параметров срабатывания), задействованных функций устройства РЗА в соответствии с заданным параметрированием, с подачей от проверочной установки токов, напряжений, дискретных управляющих сигналов. Проверка параметров (уставок) срабатывания и возврата каждого измерительного органа и функционального узла для задействованных функций, времени их действия, контроль состояния выходных реле, светодиодов при срабатывании, контроль выдаваемой по цифровому интерфейсу связи информации и её прохождение в АСУ ТП (ССПТИ) и внешние РАС.

Допустимые значения максимальных отклонений уставок от заданных не должны превышать паспортные величины, приведенные в технической документации завода или фирмы-изготовителя МП терминала.

7.5.5. Проверка (в соответствии с программой, указанной в п. 7.2.3) взаимодействия всех используемых функций и логических цепей терминала РЗА с контролем состояния всех контактов выходных реле, светодиодов и ламп сигнализации, с контролем выдаваемой по цифровому интерфейсу связи информации и её прохождением в АСУ ТП (ССПТИ) и внешние РАС. Проверка проводится путем создания условий для поочередного срабатывания каждой используемой функции и подачи необходимых сигналов на дискретные входы защиты. Анализ поведения МП терминала выполняется по выходным реле, осциллограммам и журналам событий внутреннего регистратора. Полученные осциллограммы и события должны быть приложены к протоколам наладки или (при большом объеме) должны сохраняться в электронном виде.

7.5.6. Проверка функций регистрации событий, осциллографирования сигналов, определения места повреждения, отображения параметров защиты с подачей от проверочной установки токов, напряжений, дискретных управляющих сигналов.

7.5.7. Проверка отсутствия ложных действий при снятии и подаче напряжения оперативного тока с повторным включением, через интервал времени 100-500 мс, на рабочих значениях уставок, с подачей тока (напряжения), равного 0,8 от значения тока (напряжения) срабатывания (1, 2 от значения сопротивления срабатывания).

7.5.8. Проверка электрических характеристик вспомогательных устройств и аппаратов шкафа (приемопередатчики, промежуточные реле и т.д.) в соответствии с действующей НТД или технической документацией производителя этих устройств.

7.5.9. Проверка управляющих функций РЗА с воздействием контактов выходных реле терминала в цепи управления коммутационными аппаратами (опробование действия защиты и АПВ на отключение и включение выключателей и др.).

Проверка указанных воздействий производится отдельно для каждого электромагнита.

7.5.10. Проверка управления коммутационными аппаратами присоединения (выключателями, разъединителями, заземляющими ножами) с помощью средств терминала (при наличии такой возможности).

Управление коммутационными аппаратами проверяется с контролем режимов управления (местное/дистанционное) и всех блокировок по программе (в соответствии с методикой проверки оперативной блокировки разъединителей, если она реализована в терминалах АУВ). Проверка работы оперативной блокировки разъединителей выполняется в натуре (необходимо проверять до ввода распределительного устройства в работу):

- поочередно по каждому коммутационному аппарату проверяется каждое условие;

- проверяется возможность деблокирования.

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

7.5.11. Проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА, управления и сигнализации (проверка всех используемых цепей выходных реле).

Проверка производится в соответствии с указаниями завода или фирмы-изготовителя.

7.5.12. Проверка взаимодействия с другими РЗА, управления и сигнализации (проверка всех используемых дискретных оптовоходов).

7.5.13. Проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА, управления и сигнализации с использованием цифровых каналов связи. Проверка правильности функционирования GOOSE-сообщений и технологии протокола обмена по МЭК 61850.

Проверка производится в соответствии с указаниями завода или фирмы-изготовителя.

Проверка должна производиться с учетом положений подраздела 7.1.

В случае, если при тестировании существует вероятность воздействия GOOSE сообщений на действующее оборудование, следует все терминалы участвующие в проверке перевести в тестовый режим. При этом исходящие GOOSE сообщения указанных терминалов станут недоступны для всех внешних устройств, и останутся видимыми терминалами, находящимися в

режиме теста. В этом случае рекомендуется придерживаться следующих шагов:

1) Перевести терминал, который является источником GOOSE-сообщений, в режим проверки, при этом все GOOSE-сигналы, будут формироваться с битом «тест» и как следствие, игнорироваться приемниками данных сигналов. При этом, проконтролировать в терминалах-приемниках GOOSE-сигнала появление сигнализации о нарушении связи с проверяемым терминалом.

2) Перевести в режим теста и вывести (для исключения формирования излишних воздействий на действующее электрооборудование) все выходные цепи терминала, который является приемником проверяемого GOOSE-сигнала. Проконтролировать наличие связи между проверяемыми терминалами и отсутствие связи по GOOSE с терминалами, которые в работе.

3) На терминале, который является источником, создать условия для формирования сигнала (с 0  $\rightarrow$  1, с 1  $\rightarrow$  0) или в сервисной программе (в меню Проверка  $\rightarrow$  Формирование сигналов) выбрать необходимый сигнал и выбрав необходимое значение (ВКЛ/ОТКЛ) передать данный сигнал.

4) Проконтролировать прием GOOSE-сигнала в терминале-приемнике и оценить время прохождения GOOSE-сигнала.

5) После окончания всех работ вывести режим проверки и проконтролировать отсутствие сигнализации нарушения по GOOSE.

7.5.14. Проверка функционирования автоматизированного рабочего места (АРМ) релейного персонала (при наличии АРМ). Проверка выполняется совместно с персоналом соответствующего подразделения (АСУ, связь и т.п.).

Необходимо проверить возможность «скачивания» осциллограмм с терминалов.

Проверка взаимодействия терминалов с АСУ ТП по цифровым каналам:

- через ПО терминалов (по каждому терминалу в режиме теста) генерируется посылка сигналов по цифровым каналам связи в АСУ ТП с контролем прихода именно этого сигнала в SCADA (в случае отсутствия тестового режима необходимо проверять каждый сигнал имитацией реальной работы необходимых алгоритмов);

- из АСУ ТП генерируются сигналы управления с контролем их выполнения в устройствах РЗА и ПА.

7.5.15. Проверка формирования сообщений от терминалов о нарушении обмена информацией по цифровым каналам связи:

- для GOOSE-сообщений – при блокировании (отключении от сети) интерфейсного блока связи с сетью Ethernet;

- для терминалов дифференциальной защиты линии – проверка при отключении кабеля связи от портов передачи данных;

- для дифференциальной защиты шин распределенного типа – при отключении кабеля передачи данных от терминалов присоединений.

В указанных случаях необходимо проконтролировать отсутствие ложных срабатываний и формирование соответствующей сигнализации.

7.5.16. Проверка функционирования режимов самодиагностики и тестирования снятием и подачей напряжения питания – с перезагрузкой терминала. Проверка результатов работы системы самодиагностики по статусу сигналов исправности отдельных блоков, каналов связи, синхронизации времени и т.д.

7.5.17. Проверка рабочим током и напряжением:

- проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к МП терминалу с использованием устройства отображения (дисплея терминала) измеряемых значений по входным аналоговым каналам и сравнением их с заведомо правильными измерениями (например, щитовых приборов и второго терминала защиты и т.д.);
- проверка правильности включения по цепям напряжения органа контроля напряжения и синхронизма АПВ;
- проверка правильности подключения токовой направленной защиты;
- проверка правильности подключения дистанционной защиты;
- проверка правильности включения измерительных органов противоаварийной автоматики (ПА);
- двухсторонняя проверка правильности подключения дифференциальной защиты линии (ДЗЛ);
- двухсторонняя проверка правильности подключения дифференциально-фазной защиты линии (ДФЗ);
- проверка правильности подключения дифференциальных защит подстанционного оборудования (Т, АТ, реакторов, шин, ошиновок);
- проверка поведения устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН) при имитации нарушений и отключении цепей напряжения поочередным отключением одной, двух и трех фаз одновременно;
- выполнение иных проверок, предусмотренных заводом-изготовителем при наладке и вводе терминала в работу.

7.5.18. После завершения работ по проверке МП терминала рабочим током и напряжением, перед сдачей устройства РЗА ответственному за эксплуатацию персоналу необходимо:

- проверить соответствие параметрирования и конфигурирования заданным. Особое внимание необходимо обратить на те функции, уставки (параметры), состояние или значение которых менялось при выполнении различных проверок;
- произвести контроль значений текущих параметров и исправного состояния устройства по дисплею терминала, сигнальным элементам и сообщениям (сигналам) АСУ ТП;
- выполнить очистку памяти встроенного регистратора (осциллографа), буфера событий (при наличии возможности), счётчиков отключений/включений (попыток АПВ) и квитирование светодиодной сигнализации.

7.5.19. При подготовке устройства к вводу в работу выполняются:



- инструктаж оперативного персонала по вводимым в работу устройствам и особенностям их эксплуатации;
- сдача этих устройств и инструкций по эксплуатации оперативному персоналу;
- запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу. Оформление паспортов-протоколов устройства.

## **7.6. Приемка из наладки**

Приемка МП РЗА из наладки выполняется после завершения всех индивидуальных и комплексных проверок и испытаний МП РЗА с получением положительных результатов.

При выполнении приемки из наладки МП РЗА на эксплуатируемых и реконструируемых подстанциях принимающим персоналом должны быть выполнены следующие работы.

7.6.1. Анализ принципиальных схем, задания на параметрирование МП устройств РЗА на соответствие согласованным в установленном порядке проектным решениям и техническим характеристикам (функциям) устройства.

7.6.2. Анализ выполненного в терминалах конфигурирования и параметрирования на предмет соответствия согласованным проектным решениям и выданным уставкам.

7.6.3. Работы по пунктам 7.5.1-7.5.18 выполняются наладочной организацией с участием представителя завода-изготовителя (фирмы-изготовителя) под контролем принимающей стороны.

7.6.4. По окончании приемки принимающей стороне передаются скорректированные исполнительные схемы с подписью ответственного лица наладочной организации и протоколы наладочных испытаний с отметкой результатов выполнения работ (допускается передача протоколов в срок не более чем через 2 месяца после окончания работ). В приложениях к протоколу должны обязательно прилагаться бланки выставленных (заданных) в МП терминалах параметров (уставок) и схемы конфигурации. Допускается выполнять распечатку выставленных (заданных) в МП терминалах уставок и конфигурации с помощью средств формирования отчетов программного обеспечения, предназначенного для конфигурирования и обслуживания терминалов.

7.6.5. После завершения всех работ по вводу МП устройств РЗА в эксплуатацию необходимо считать из памяти терминалов файлы параметрирования и конфигурирования (действующий проект), сверить с заданными на параметрирование (бланками уставок) и сохранить, для исключения случайной потери, как минимум, в двух местах: например, на CD-диске и на жестком диске ноутбука, предназначенного для обслуживания МП терминалов. Предыдущие файлы параметрирования и конфигурирования должны быть сохранены как архив.

Файл параметрирования, считанный с терминала, в течение месяца должен быть направлен эксплуатирующей организацией субъекту оперативно-диспетчерского управления, если параметры настройки устройства РЗА задавались им.

7.6.6. Приемка из наладки устройств (комплексов) МП РЗА для подстанций нового поколения производится в соответствии с указаниями специальных организационно – распорядительных документов ОАО «ФСК ЕЭС».

### **7.7. Техническое обслуживание МП РЗА**

7.7.1. Объемы и периодичность технического обслуживания МП устройств РЗА приведены в (8).

7.7.2. Одним из важнейших методов технического обслуживания МП устройств РЗА должен быть периодический просмотр журнала самоконтроля терминала персоналом МСРЗА с регистрацией даты просмотра. При этом появление сигналов о регистрации события "дефект терминала РЗА" должно приводить к внеочередным просмотрам журнала самоконтроля с отметкой о принятых мерах в журнале дефектов оборудования подстанции.

7.7.3. Цикл ТО МП устройств РЗА может быть увеличен по сравнению с электромеханическими устройствами РЗА, поскольку имеется самодиагностика. Этот контроль должен по возможности совмещаться с ревизией, ремонтом силового защищаемого оборудования.

### **7.8. Внеплановые и послеаварийные проверки**

Внеплановые проверки МП РЗА выполняются при частичном изменении принципиальных схем, используемых функций, режимов работы используемых функций, их взаимодействия, изменении уставок (параметрирования), при восстановлении цепей, нарушенных при ремонтах другого оборудования. Объем работ, выполняемых при внеплановой проверке, должен обеспечивать полноценную проверку всех выполненных изменений и в каждом конкретном случае определяется при проработке оперативной заявки и разработке программы (рабочей программы)

Послеаварийные проверки проводятся для выяснения причин отказов, ложной или излишней работы МП устройств РЗА. Проверки выполняются по разрабатываемым для каждого конкретного случая разовым программам и по программам вывода в проверку (ввода в работу) устройств РЗА, при этом объем работ определяется для каждого случая отдельно.

При проведении послеаварийных проверок рекомендуется использовать осциллограммы, записанные терминалами в Comtrade –формате.

### **7.9. Технические осмотры**

7.9.1. Периодически должны производиться технические осмотры МП терминалов и оборудования шкафов РЗА закрепленным за ПС персоналом служб РЗА. Такие осмотры также обязательно проводятся после ввода в работу первичного и вторичного оборудования после наладки, выполнения эксплуатационных ремонтных работ, когда производились изменения в

режимах работы устройств РЗА.

7.9.2. При осмотрах МП терминалов необходимо проверять наличие питания и исправное состояние устройства по статусу соответствующих сигнальных светодиодов, наличие информации о нормальном рабочем состоянии по соответствующим светодиодам и на мониторе (ЖК индикаторе) терминала (дата/время, показания токов, напряжений и т.д.), отсутствие горящих светодиодов неисправности и срабатывания защитных, управляющих функций.

7.9.3. На ПС с АСУ ТП, имеющих синхронизацию времени интегрированных подсистем от GPS, контролировать синхронность показаний дата/время всех терминалов и соответствие их времени точному астрономическому. На ПС, не оборудованных АСУ ТП, производить, при необходимости, корректировку показаний дата/время терминалов.

7.9.4. При осмотрах оборудования шкафов МП РЗА необходимо проверять положение режимных ключей, переключателей, испытательных блоков и соответствие их положения режимам работы первичного оборудования и устройств РЗА, связи и др.

## **8 УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ**

8.1. Работы по техническому обслуживанию устройств РЗА и вспомогательных цепей в действующих электроустановках производятся по нарядам или распоряжениям в соответствии с требованиями «Правил» (13, 2.16), «Инструкции» (17) и пункты 5.3-5.6 настоящей Инструкции.

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

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

8.3. При работах необходимо пользоваться специальным электротехническим инструментом с изолированными ручками в соответствии с (17); в частности, металлический стержень отверток должен быть изолирован. Изоляция должна оканчиваться на расстоянии не более 10 мм от конца жала отвертки.

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

а) Временные схемы, собираемые для наладки оборудования (снятие характеристик, осциллографирование и т.п.), должны выполняться на специальных столах. Запрещается применять столы с металлической рабочей

поверхностью или с металлическим обрамлением. Изоляция соединительных проводников не должна быть нарушенной.

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

е) Металлические корпуса переносных приборов, аппаратов должны быть заземлены (заземлены и занулены).

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

з) Рабочее место должно быть удобным и достаточно освещенным соответствии с требованиями (13, п. 1.4.12) и СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».

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

к) При наличии в схемах устройств РЗА конденсаторов в случае необходимости работы в этих цепях конденсаторы должны быть разряжены.

л) Измерения следует производить сухими руками в одежде с опущенными рукавами, кольца и металлические браслеты должны быть сняты.

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

8.5. Дистанционное включение и отключение первичных коммутационных аппаратов для опробования может производить работник, проводящий техническое обслуживание, с разрешения дежурного персонала (а в электроустановках без местного оперативного персонала – без получения такого разрешения) в соответствии с (13, пункты 2.3.11, 4.5.7).

Перед подачей оперативного напряжения для наладки и опробования схем коммутационных аппаратов, управление которыми производится из нескольких мест, должна быть устранена возможность управления ими с других мест (отключены цепи, вывешены плакаты «Не включать. Работают люди» или «Не открывать. Работают люди»).

При работах в цепях вторичных обмоток трансформаторов напряжения с подачей напряжения от постороннего источника отключаются автоматические выключатели и рубильники, установленные в цепях вторичных обмоток трансформаторов напряжения, во избежание обратной трансформации на сторону высокого напряжения.

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

а) Все вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения должны иметь постоянное заземление.

б) 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.

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

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

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

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

8.8. Настройка, проверка и измерение фильтров присоединения высокочастотной части дифференциально-фазных защит, устройств ВЧТО, АНКА, отборов напряжения разрешается на действующем высокочастотном канале при соблюдении всех необходимых мероприятий в соответствии с (13).

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.

## **ПОРЯДОК ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ\***

При производстве ремонтных работ на печатных платах и, в частности, заменах интегральных микросхем (ИМС) и других полупроводниковых элементов следует руководствоваться указаниями, приведенными ниже, а также ГОСТ Р 51039 «Печатные платы. Требования к восстановлению и ремонту». Настоящие рекомендации не распространяются на многослойные печатные платы микропроцессорных устройств РЗА, которые неремонтнопригодны.

1. Во избежание повреждения микросхем от статического электричества поверхность стола, на котором производятся работы, должна быть покрыта металлическим листом, который заземлен через резистор сопротивлением 1 МОм. Лист изготавливается из нержавеющей стали или латуни. Оборудование, оснастка и инструмент, необходимые для работы с ИМС, не имеющие цепей питания от сети, должны подключаться к заземляющему зажиму через резистор сопротивлением 1 МОм или находиться на металлическом листе.

2. Лицу, производящему работы, рекомендуется надевать одежду из малоэлектризующихся материалов (например, халаты из хлопчатобумажной ткани, обувь на кожаной подошве и др.); не рекомендуется одежда из шелка, капрона, нейлона и других подобных материалов.

3. Для замены вышедшей из строя микросхемы или другого элемента необходимо удалить лак с платы со стороны пайки, для чего предварительно нагреть это место до 150-180°C. После этого осторожно подрезать лак в местах пайки и удалить его остатки тампоном, смоченным в этиловом спирте или спирто-бензиновой смеси (бензин «БР-1» Галоша – 50 %, спирт этиловый – 50 %). После просушки в течение 5-10 мин плата будет готова к выпаиванию элемента. Перед выпайкой на очищенные места нанести флюс. Для этого использовать твердую канифоль или жидкий флюс, для приготовления которого толченую канифоль заливают двойным количеством этилового спирта.

4. Выпаивать микросхему следует с помощью обыкновенного электропаяльника напряжением 220, 36 и 12 В, мощностью до 40 Вт, обеспечивающим нагрев жала паяльника до 270 °С. Электропаяльник следует включить через разделительный трансформатор или его жало подключить к заземляющей шине.

Можно также воспользоваться выпускаемым серийно электропаяльным набором, в котором предусмотрена двухступенчатая регулировка температуры, гальваническая развязка с напряжением сети и заземление стержня паяльника.

Перед выпаиванием необходимо откусить бокорезами выводы микросхемы или другого элемента со стороны его установки на высоте 1,5-2 мм от поверхности платы. Затем поочередно расплавлением припоя в монтажном отверстии удалить оставшиеся выводы из отверстия с помощью пинцета со стороны, противоположной установке навесных элементов.

Удалить электропаяльником, вращая в отверстии заостренную деревянную палочку или спичку, излишки припоя из монтажного отверстия.

Проверить металлизацию монтажных отверстий и контактных площадок на отсутствие повреждений, прочистить их спичкой и промыть спиртом или спирто-бензиновой смесью.

При нарушении металлизации монтажного отверстия без повреждения контактной площадки в монтажное отверстие впаять проволоку ММ-0,9 длиной 5-8 мм или специальный пистон с последующей развальцовкой и пайкой.

При нарушении контактной площадки допускается установка лепестка с развальцовкой и последующей пайкой.

5. Перед началом пайки необходимо произвести лужение выводов элемента. Эту операцию следует выполнять теми же флюсами и припоями, что и последующую пайку. Микросхему с подготовленными выводами установить на печатную плату и ориентировать по ключу. Ключом (первым выводом) является вывод, отмеченный специальным знаком (точкой).

Пайку осуществлять припоями ПОС-60, ПОС-61, ПОС-61М, ПОСК-50 или ПОСВ-33 кратковременным однократным прикосновением жала паяльника к контактной площадке и выступающему концу вывода со стороны, противоположной стороне установки навесных элементов и штырьковых микросхем. Продолжительность пайки не должна превышать 3 с, интервал между пайками соседних выводов – не менее 10 с. Пайку проводить с обязательным применением теплоотвода от запаиваемой ножки. В качестве теплоотвода допускается использовать пинцеты, плоскогубцы и т.п. Теплоотвод следует снимать не ранее чем через 5 с после пайки.

Процесс пайки начинать с нанесения жидкого флюса с помощью волосяной кисти или кусочков твердой канифоли. Пайку микросхем начать с крайних выводов, чтобы закрепить микросхему. При пайке диаметр проволоки или трубчатого припоя должен быть на 50-60% меньше диаметра стержня паяльника. Если такой проволоки нет, то следует использовать припой в виде крошки. Расстояние по длине вывода от места пайки до корпуса должно составлять не менее 1 мм. В процессе монтажа допускается подрезка выводов при условии



обеспечения выступающей части выводов над поверхностью печатной платы в местах пайки не менее 0,5 мм.

После пайки с места соединения следует удалить флюс с помощью спирта или спирто-бензиновой смеси, покрыть лаком УР-231, ЭП-730 или Э-4100.

6. При отслоении или повреждении печатного проводника его следует дублировать внешним проводником. Дублирующий проводник допускается располагать с обеих сторон платы; проводник разрешается припаивать только к контактной площадке. При отслоении печатного проводника по всей длине или на длине 40% его протяженности поврежденный проводник удалить. Сечение внешнего проводника должно быть 0,20 или 0,35 мм<sup>2</sup>. Допускается применение проволоки ММ-0,5 в изоляционной трубке.

\*Ремонтные работы на печатных платах рекомендуется проводить в специализированных мастерских либо с привлечением заводов (фирм) – изготовителей.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ  
ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА**

1. Точность измерений должна соответствовать требованиям технической документации на конкретные устройства РЗА (классу точности устройств РЗА, если он установлен для устройства) и быть не ниже данных, приведенных в Таблице 3 (п. 6.6.14).

2. Точность измерения характеризуется как погрешностями самого измерительного прибора, так и метода измерения. Различают следующие погрешности измерительных приборов.

2.1. Абсолютную погрешность  $\Delta$ , определяемую как разницу между показанием прибора  $A_{и}$  и действительным значением измеряемой величины  $A$ :

$$\Delta = A_{и} - A. \quad (Б.1)$$

2.2. Относительную погрешность  $\delta$  – абсолютную погрешность, выраженную в процентах от действительного значения измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta}{A} 100, \quad (Б.2)$$

на практике обычно принимают

$$\delta = \frac{\Delta}{A_{и}} 100, \quad (Б.3)$$

поскольку значение абсолютной погрешности относительно значения измеряемой величины обычно невелико.

3. Точность стрелочных измерительных приборов и преобразователей характеризуется классом точности прибора  $\gamma_{max}$ , который определяется как максимальная абсолютная погрешность измерения  $\Delta_{max}$ , произведенного прибором в пределах рабочей части шкалы в нормальных условиях (п. 4 данного приложения), отнесенная к верхнему пределу шкалы прибора  $A_{ш}$ :

$$\gamma_{max} = \frac{\Delta_{max}}{A_{ш}} 100. \quad (Б.4)$$

Исходя из понятия класса точности прибора, основная погрешность прибора (относительная погрешность прибора при измерении при нормальных условиях величины  $A_{и}$ ) может быть подсчитана по формуле:

$$\delta_0 = \gamma_{max} \frac{A_{ш}}{A_{и}}. \quad (Б.5)$$

Как следует из формулы (Б.5), для уменьшения погрешности измерения его следует производить таким образом, чтобы стрелка измерительного прибора находилась как можно ближе к верхней границе шкалы (рекомендуется в последней ее четверти или трети).

Например, при измерении амперметром класса точности 1,0 (шкалой 10 А) тока 4 А относительная погрешность измерения составит  $\delta = 1,0 \cdot \frac{10}{4} = 2,5 \%$ , при измерениях этого же тока аналогичным прибором, но со шкалой 5 А относительная погрешность составит  $\delta = 1,0 \cdot \frac{5}{4} = 1,25 \%$ , т.е. значение близкое к классу точности прибора.

Для обеспечения указанных условий измерения в ряде случаев необходимо применять многопредельные приборы, трансформаторы тока, добавочные резисторы и шунты.

Точность цифровых измерительных приборов характеризуется непосредственно погрешностями измерения. Абсолютная погрешность цифровых измерительных приборов задается в виде одной из формул:

$$\Delta = \pm(aA_{\text{и}} + b \cdot 10^{p-1}), \quad (\text{Б.6})$$

где  $A_{\text{и}}$  – показания прибора, соответствующие измеряемой величине;

$a$  – относительная погрешность (часто выражается в единицах младшего разряда);

$b$  – относительная величина;

$p$  – показатель пределов, имеющих декадное отношение (например, для пределов 1:1, 10:1 и 100:1 показатель  $p$  равен 1, 2 и 3 соответственно),

или

$$\Delta = \pm(aA_{\text{и}} + b'A_{\text{к}}), \quad (\text{Б.7})$$

где  $A_{\text{к}}$  – конечное значение установленного предела измерения;

$b'$  – относительная величина (произведение  $b'A_{\text{к}}$  соответствует значению абсолютной погрешности).

4.1. Под нормальными условиями понимается следующее:

- температура окружающего воздуха 20 °С;
- нормальная частота переменного тока 50 Гц;
- определенное (горизонтальное, вертикальное) положение прибора;
- отсутствие внешних электрических полей;
- другие условия, оговоренные в паспорте на измерительный прибор.

4.2. Дополнительные (относительные) погрешности измерительных приборов, вызываются отличием условий проведения измерений от нормальных и применением дополнительной аппаратуры.

а)  $\delta_t$  – погрешность от изменения температуры окружающего воздуха от нормальных значений до любой температуры в пределах рабочих температур. Область рабочих температур и предельное значение этой погрешности для различных групп измерительных приборов на каждые 10 °С изменения температуры указаны в Таблице Б.1.

Таблица Б.1

Влияющая величина	Значение влияющей величины для различных групп в долях от класса точности прибора						
	1	2	3	4	5	6	7
Область рабочих температур окружающего воздуха, °С Нижнее значение Верхнее значение	10	10	5	-10	-30	-50	-30
	25	35	40	40	50	60	70
Предельное значение $\delta_t$ для амперметров, вольтметров, ваттметров	-	1	1	1	0,8	0,6*	0,5*
То же для фазометров	-	1	1	1	0,8	0,5**	0,5**
То же для частотомеров							

\* Для приборов класса точности 0,2 и 0,5.

\*\* Для приборов класса точности 1; 1,5; 2,5; 4; 5.

б)  $\delta_f$  – погрешность, вызванная отклонением частоты от нормальной. Предельное значение этой погрешности при отклонении частоты на  $\pm 10\%$  от нормальной частоты (нормальной области частот), как правило, равно классу точности прибора.

в)  $\delta_\Phi$  – погрешность от влияния внешнего магнитного и электрического поля. Предельное значение этой погрешности для приборов, не имеющих символа F30, за исключением электростатических приборов, под влиянием однородного магнитного поля с индукцией 0,5 мТл равно значениям, указанным в Таблице Б.2.

Таблица Б.2

Вид прибора	Предел допустимой дополнительной погрешности, %, для классов точности	
	0,05; 0,1; 0,2	0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4; 5
Астатический с магнитным экраном, магнитоэлектрический	$\pm 0,75$	$\pm 1,5$
Ферродинамический	$\pm 1,5$	$\pm 3$
Прочие приборы	$\pm 3$	$+6$

Предельное значение дополнительной погрешности приборов, имеющих символ F30, за исключением электростатических приборов, под влиянием внешнего однородного магнитного поля с индукцией, равной указанной в символе в миллитеслах, равно классу прибора.

Предельное значение допустимой дополнительной погрешности для электростатических вольтметров, не имеющих символа F34, под влиянием внешнего

электрического поля частоты 50 Гц напряженностью 20 кВ/м равно  $\pm 0,5$  % для приборов классов точности 0,05-0,5 и классу точности – для приборов классов точности 1-5. Предельное значение для приборов, имеющих символ F34, под влиянием внешнего электрического поля частоты 50 Гц напряженностью, равной указанной в символе в киловольтах на метр, равна классу точности прибора.

г)  $\delta_L$  – погрешность, вызванная изменением положения прибора от нормального положения в любом направлении. Предельное значение этой погрешности при отклонении на  $\pm 5^\circ$  должно быть равно классу точности прибора. Допускается изготовление приборов с изменением положения от нормального более чем на  $5^\circ$ . При этом предельное значение дополнительной погрешности также равно классу точности прибора. Если на приборе отсутствует символ положения, предельное значение этой погрешности, вызванное изменением положения от 0 до  $90^\circ$  для переносных и от  $90$  до  $0^\circ$  для щитовых приборов, равно половине класса точности прибора.

д)  $\delta_{пр}$  – другие виды погрешностей, вызванных различными факторами, например, работой в условиях вибрации или ударов (для вибро- и удароустойчивых приборов), действием других однотипных приборов, помещенных рядом, от изменения напряжения (для фазометров, ваттметров предельное значение дополнительной погрешности, вызванное отклонением напряжения на  $\pm 10$  % номинального, равно классу точности прибора), отклонением формы кривой тока и напряжения от синусоидальной и т.п. Указанные погрешности учитывают в редких случаях, когда воздействующий фактор сильно выражен, обычно же ими пренебрегают.

е)  $\delta_{ТТ}$  – погрешность, вызванная применением измерительных трансформаторов тока. Токовая  $\delta_{ТТ}^T$  и угловая  $\delta_{ТТ}^Y$  погрешности для трансформаторов тока класса точности 0,1-0,2 при протекании первичного тока  $I$  в диапазоне от 0 до 120 % номинального значения  $I_{ном}$  и нагрузке в пределах 25-100% номинального значения могут быть подсчитаны по формулам:

$$\delta_{ТТ}^T = \pm \left[ \gamma_{max} + 0,2\gamma_{max} \left( \frac{I_{ном}}{I} - 1 \right) \right], \quad (Б.8)$$

$$\delta_{ТТ}^Y = \pm 5 \left[ 10\gamma_{max} + 0,2\gamma_{max} \left( \frac{I_{ном}}{I} - 1 \right) \right]. \quad (Б.9)$$

В зависимости от вида измерения учитывается одна или другая погрешность.

4.4. В общем случае результирующая относительная погрешность измерительного прибора  $\delta_n$  может достигнуть суммы погрешности прибора от всех влияющих факторов. В действительных условиях маловероятно совпадение всех неблагоприятно влияющих

факторов и одинакового знака всех погрешностей. Поэтому эту погрешность более правильно подсчитывать по формуле:

$$\delta_n = \sqrt{\delta_0^2 + \frac{A_m^2}{A_n^2} (\delta_T^2 + \delta_f^2 + \delta_\Phi^2 + \delta_L^2 + \delta_{TP}^2) + \delta_{TT}^2}. \quad (\text{Б.10})$$

4.5. В случаях, когда результирующее значение регистрируемой величины получается в результате арифметических преобразований показаний отдельных приборов, полная относительная погрешность определения регистрируемой величины  $\delta_\Sigma$  может быть определена по формулам:

а) при суммировании двух измеренных значений  $A_1$  и  $A_2$

$$\delta_\Sigma = \pm (A_1 |\delta_{n1}| + A_2 |\delta_{n2}|) / (A_1 + A_2); \quad (\text{Б.11})$$

б) при вычитании двух измеренных значений  $A_1$  и  $A_2$

$$\delta_\Sigma = \pm (A_1 |\delta_{n1}| + A_2 |\delta_{n2}|) / (A_1 - A_2); \quad (\text{Б.12})$$

в) при умножении или делении двух измеренных величин

$$\delta_\Sigma = \pm (|\delta_{n1}| + |\delta_{n2}|); \quad (\text{Б.13})$$

г) в общем случае, когда измерение производится  $m$  приборами, а регистрируемая величина  $A$  получается в результате преобразования

$$A = f(A_1, A_2, \dots, A_n) \quad (\text{Б.14})$$

$$\delta_\Sigma = \frac{1}{A} \left( \frac{\partial A}{\partial A_1} \delta_{n1} + \frac{\partial A}{\partial A_2} \delta_{n2} + \dots + \frac{\partial A}{\partial A_m} \delta_{nm} \right). \quad (\text{Б.15})$$

В вышеперечисленных формулах:

$\delta_{n1}, \delta_{n2}, \dots, \delta_{nm}$  – относительные погрешности приборов при измерении величин  $A_1, A_2, A_m, \frac{\partial A}{\partial A_1}$  и т.д. соответствующие частные производные.

5. При определении погрешности измерения сначала определяются основные, дополнительные и результирующие погрешности каждого измерительного прибора, а затем – полная относительная погрешность определения регистрируемой величины.

Пример. Определить возможную погрешность при измерении сопротивления срабатывания реле сопротивления при следующих условиях: измерение производится при токе 40 А, напряжении 50 В; используются вольтметр Э515/3 с пределом измерений 75-600 В класса точности 0,5 и амперметр Э514/3 на 5-10 А класса точности 0,5, включенный через трансформатор тока И-54. Измерение производится при температуре окружающего воздуха +10 °С, угол наклона плоскости стола, на котором установлены приборы 10°, частота сети 49,8 Гц.

Установим коэффициент трансформации трансформатора тока равным 50/5, предел амперметра – 5 А, предел вольтметра – 75 В. Такой выбор пределов обеспечивает измерение с наименьшей погрешностью.

Основная относительная погрешность амперметра  $\delta_{0A}$  и вольтметра  $\delta_{0B}$  составит

$$\delta_{0A} = \gamma_{max} \frac{A_{ш}}{A_{и}} = 0,5 \cdot \frac{5}{4} = 0,625 \ %;$$

$$\delta_{0B} = \gamma_{max} \frac{A_{ш}}{A_{и}} = 0,5 \cdot \frac{75}{50} = 0,75 \ %.$$

Дополнительные погрешности от отклонения температуры окружающего воздуха на  $20 - 10 = 10$  °С для обоих приборов одинаковы (приборы принадлежат ко II-IV группе по климатическим условиям) и равны классу точности прибора  $\delta_{tA} = \delta_{tB} = 0,5 \ %$ .

Определим дополнительную погрешность от магнитного поля, вызванного протеканием тока 40 А (примем расстояние этого провода до измерительных приборов  $L = 0,1$  м). Индукция внешнего магнитного поля вокруг проводника с током определяется по формуле:

$$\beta = \mu_0 H = \mu_0 \frac{I}{2\pi L} = 4\pi 10^{-7} \frac{40}{2\pi 0,1} = 0,08 \text{ мТл}.$$

Дополнительная погрешность от магнитного поля для амперметра  $\delta_{fA}$  и вольтметра  $\delta_{fB}$  согласно Таблице Б.2 составляет:

$$\delta_{fA} = \delta_{fB} = \frac{0,08}{0,5} \cdot 6 = 0,96 \ %.$$

Дополнительная погрешность от наклона прибора для амперметра  $\delta_{LA}$  и вольтметра  $\delta_{LB}$  одинакова и равна классу точности:

$$\delta_{LA} = \delta_{LB} = 0,5 \ %.$$

Погрешностью от изменения частоты можно пренебречь.

Дополнительная погрешность, вызванная применением трансформатора тока, составит:

$$\delta_{TT}^T = 0,2 + 0,2 \cdot 0,2 \cdot \left( \frac{50}{40} - 1 \right) = 0,205 \ %.$$

Результирующая относительная погрешность амперметра  $\delta_{nA}$  и вольтметра  $\delta_{nB}$  составит:

$$\delta_{nA} = \sqrt{\delta_{0A}^2 + \frac{A_{ш}^2}{A_{и}^2} (\delta_{tA}^2 + \delta_{fA}^2 + \delta_{LA}^2) + \delta_{TT}^2} =$$

$$= \sqrt{0,625^2 + \left(\frac{50}{40}\right)^2 (0,5^2 + 0,96^2 + 0,5^2) + 0,205^2} = 1,63 \%;$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{нВ}} &= \sqrt{\delta_{0\text{В}}^2 + \frac{A_{\text{ш}}^2}{A_{\text{и}}^2} (\delta_{\text{ТВ}}^2 + \delta_{\text{ФВ}}^2 + \delta_{\text{ЛВ}}^2)} = \\ &= \sqrt{0,75^2 + \left(\frac{75}{50}\right)^2 (0,5^2 + 0,96^2 + 0,5^2)} = 1,94 \%. \end{aligned}$$

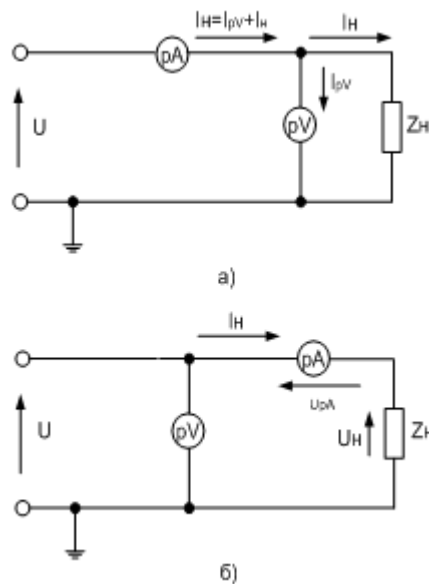
Полная относительная погрешность определения сопротивления  $\delta_{\Sigma Z}$  (как частного от деления) составит

$$\delta_{\Sigma Z} = \delta_{\text{нА}} + \delta_{\text{нВ}} = 1,63 + 1,94 = 3,57 \%.$$

6. Кроме факторов, влияющих на перечисленные выше погрешности (регламентированные ГОСТ), имеются также другие факторы, которые существенно влияют на точность измерения. Как и вышеперечисленные факторы, их влияние в ряде случаев можно полностью или частично устранить введением соответствующих поправок, изменением метода измерения другим или учесть количественно в виде дополнительной погрешности. К таким существенным факторам при проверках устройств РЗА относятся следующие:

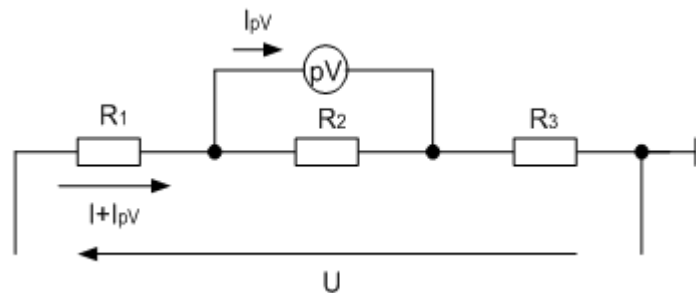
а) Внутреннее сопротивление приборов. Подбор приборов следует осуществлять таким образом, чтобы не было взаимного влияния измерительных приборов и их влияния на схему проверяемого устройства РЗА. Ниже для примера на рисунке Б.1 приведены две схемы включения амперметра и вольтметра для снятия вольт-амперных характеристик. Из схемы видно, что при несоблюдении условий, указанных в подрисуночных надписях, увеличится дополнительная погрешность измерения, вызванная для схемы на рисунке Б.1, а сравнительно малым внутренним сопротивлением вольтметра  $Z_{\text{рВ}}$ , а для схемы на рисунке Б.1, б – сравнительно большим внутренним сопротивлением амперметра  $Z_{\text{рА}}$ . Поэтому схема рисунка Б.1, а обычно применяется при малых  $Z_{\text{н}}$ , а рисунка Б.1, б – при больших.





**Рис. Б.1 Схемы включения амперметра и вольтметра для снятия вольт-амперных характеристик**

Из схемы, приведенной на рисунке Б.2, видно, что в случае, когда внутреннее сопротивление вольтметра соизмеримо с сопротивлениями резисторов  $R_1$ - $R_3$ , может произойти существенное изменение режима работы схемы проверяемого устройства.



**Рис. Б.2 Изменение токов при подключении в схему вольтметра с недостаточно большим внутренним сопротивлением**

б) Существенным фактором является система измерительного прибора при измерении несинусоидальных токов и напряжений, например, в цепях выпрямленного тока, токов и напряжений на выходе насыщающихся трансформаторов, стабилизаторов и т.п.

Измерительные приборы переменного тока и напряжения реагируют либо на действующее значение, либо на среднее по модулю (средневыпрямленное) значение, либо на амплитудное значение, наконец, на постоянную составляющую. На действующее значение реагируют электромагнитная, электродинамическая, ферродинамическая, электростатическая, термоэлектрическая системы приборов, а также электронные вольтметры с двухполупериодным выпрямлением и квадратичной характеристикой. На среднее по модулю значение реагируют магнитоэлектрическая система приборов с выпрямителем, электронные вольтметры с однополупериодным выпрямлением и линейной

или квадратичной характеристикой. На амплитудное значение реагируют электронные вольтметры с амплитудной характеристикой. На постоянную составляющую реагируют магнитоэлектрические системы приборов без выпрямителя. Градуировка этих приборов (кроме магнитоэлектрических систем приборов без выпрямителя) производится в действующих значениях тока или напряжения при правильной синусоидальной форме кривой измеряемой величины.

Соотношения между амплитудным значением  $A_m$ , действующим  $A_\delta$  и средним значением  $A_{cp}$  измеряемой величины  $A$  определяется выражениями:

при действии синусоидально изменяющейся величины

$$\delta_\delta = \frac{A_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 A_m; \quad (Б.16)$$

$$A_{cp} = \frac{2}{\pi} A_m \approx 0,637 A_m; \quad (Б.17)$$

при действии несинусоидально изменяющихся величин (путем разложения в ряд Фурье на  $n$  гармонических составляющих) эти величины могут быть представлены в виде:

$$a = A_0 + A_{1m} \sin \omega t + A_{2m} \sin(2\omega t + \psi_2) + \dots + A_{nm} \sin(n\omega t + \psi_n); \quad (Б.18)$$

$$A_\delta = \sqrt{A_0^2 + \frac{A_{1m}^2}{2} + \frac{A_{2m}^2}{2} + \dots + \frac{A_{nm}^2}{2}} = \sqrt{A_0^2 + A_{1\delta}^2 + A_{2\delta}^2 + \dots + A_{n\delta}^2}; \quad (Б.19)$$

$$A_{cp} = A_0 + \frac{2}{\pi} \left( A_{1m} + \frac{1}{2} A_{2m} \cos \psi_2 + \dots + \frac{1}{n} A_{nm} \cos \psi_n \right). \quad (Б.20)$$

При измерении несинусоидальных величин приборы разных типов могут давать различные показания. Как видно из вышеприведенных формул, показания приборов, реагирующих на действующее значение, не будут зависеть от угла сдвига фаз между гармоническими составляющими, а показания приборов, реагирующих на среднее по модулю значение, будут зависеть от угла сдвига фаз отдельных гармонических составляющих относительно основной гармонической составляющей и от схемы выпрямления (в схемах с однополупериодным выпрямлением будут суммироваться основная и нечетная гармонические составляющие, а в схемах с двухполупериодным выпрямлением – все гармонические составляющие). Для получения результата в средних значениях необходимо выполнить пересчет согласно формуле:

$$A_{cp} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} A_\delta \approx 0,9 A_\delta. \quad (Б.21)$$

Амплитудные электронные вольтметры измеряют значение напряжения, равное 0,707 амплитудного значения напряжения любой формы, симметричного относительно оси

времени, а при несимметричной кривой их показания зависят от того, к каким выводам прибора подведено измеряемое напряжение. При синусоидальном напряжении они измеряют действующее значение напряжения.

Производить каждый раз анализ формы кривой и вводить какие-либо поправки в показания приборов затруднительно. Поэтому при измерениях в цепях с несинусоидальной формой кривой и в цепях выпрямленного тока следует применять измерительные приборы такой же системы, как и работающая в этих цепях аппаратура. Так, если в цепях с несинусоидальным током работает электромагнитное реле, то измерение следует производить также электромагнитным прибором. Если в цепях выпрямленного тока работает поляризованное реле или от этих цепей заряжаются конденсаторы (БПЗ-400), то измерения следует производить магнитоэлектрическим прибором. В цепях, к которым подключены микропроцессорные защиты, измерения следует производить прибором, измеряющим то значение электрической величины, на которое реагирует защита. Обычно это указывается в руководствах по эксплуатации защит, в разделе «Измерения».

Особо следует отметить случаи работы электромагнитного реле постоянного тока на выпрямленном напряжении. Такое реле теоретически реагирует на действующее значение выпрямленного тока, и, в принципе, измерения следовало бы производить электромагнитным прибором. Учитывая, что индуктивное сопротивление обмотки реле велико, а для высших гармонических составляющих оно еще больше, ток через его обмотку почти не содержит высших гармонических составляющих и с достаточной для практики точностью может считаться постоянным током. Поэтому измерения в таких цепях правильнее производить магнитоэлектрическим прибором.

7. Для уменьшения вышеперечисленных и других погрешностей измерения следует руководствоваться следующими рекомендациями.

а) Испытательное устройство должно давать практически синусоидальный ток и напряжение. Для этого испытательные устройства запитываются от линейных напряжений, во вторичную цепь нагрузочного трансформатора включается добавочный резистор, сопротивление ( $R_{\delta}$ , в омах) которого определяется по формуле:

$$R_{\delta} \approx 10 Z_p, \quad (\text{Б.22})$$

где  $Z_p$  – сопротивление обмотки реле, Ом.

б) Система измерительного прибора выбирается таким образом, чтобы прибор и проверяемое реле реагировали на одни и те же значения (действующее, среднее и др.). Детекторные и электронные измерительные приборы в цепях с несинусоидальными током

или напряжением можно применять лишь для измерений, не требующих высокой точности, или для определения максимальных и минимальных значений.

в) Пределы измерительных приборов подбираются 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 трансформатора тока.

Класс точности этого трансформатора тока должен быть, по крайней мере, на одну ступень выше класса точности амперметра (ваттметра). Коэффициент трансформации подбирается таким образом, чтобы значение измеряемого тока было как можно ближе к номинальному первичному току трансформатора тока. Значение сопротивления нагрузки должно быть в пределах 25-100 % номинального значения трансформатора тока. При использовании трансформаторов тока температура окружающего воздуха должна быть в пределах 10-35 °С.

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. При этом результирующая погрешность в ряде случаев может оказаться меньшей, чем при применении приборов других групп с более высоким классом точности.

е) Следует правильно устанавливать прибор, по возможности не допуская отклонений от его нормального положения.

ж) Во всех случаях, особенно при измерении малых значений токов и напряжений, следует включать амперметр и вольтметр так, чтобы собственное потребление прибора вносило минимальные ошибки в измерения. При измерениях напряжений в цепях маломощных источников (на выходах фильтров, в полупроводниковых схемах и др.) следует применять высокоомные вольтметры. Сопротивление вольтметров переменного тока должно быть не менее 1-2 кОм/В, сопротивление вольтметров для измерения в цепях постоянного тока (полупроводниковые устройства РЗА, цепи приемопередатчиков ВЧ защит) должно 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 25-50 мА.

з) Для устранения влияния внешних полей следует скручивать вместе прямой и обратный провода, по которым протекают значительные токи.

и) При измерении одной и той же величины двумя приборами и определении ее по сумме показаний этих приборов следует большую долю измеряемой величины измерять прибором с более высоким классом точности.

к) При измерении электрической мощности целесообразнее производить измерение с помощью ваттметров, а не по показаниям трех приборов того же класса точности: вольтметра, амперметра и фазометра (так как их погрешности при измерении складываются).

л) При применении электронных средств измерения (электронных вольтметров, осциллографов, частотомеров и др.) следует учитывать наличие возможного заземления отдельных точек схемы (в токовых цепях и цепях напряжения, в блоках питания и др.). При неправильном подключении заземленного вывода измерительного прибора возможно возникновение КЗ (рисунок Б.2) или значительная ошибка в измерении из-за нарушения режимов работы проверяемой схемы (шунтирование резистора R3 или R2, в схеме рисунка Б.2). Поэтому указанными приборами следует производить измерения только относительно заземленных точек схемы. При измерении напряжений в схеме по рисунку Б.2 ламповым вольтметром с незаземленным корпусом появится дополнительная ошибка в измерении из-за наличия емкостных связей между корпусом прибора и землей.

м) Для стабилизации характеристик проверяемого устройства РЗА и измерительных приборов измерения следует производить после их предварительного прогрева током и напряжением.

н) Для уменьшения погрешностей, носящих случайный характер, следует производить несколько измерений и определять среднее значение, отбросив единичные результаты, значительно отличающиеся от остальных (промахи). Для уменьшения влияния вариации прибора в отдельных случаях, требующих особо точных измерений, следует производить измерение при плавном увеличении, а затем при плавном снижении измеряемой величины; такой способ не пригоден для снятия вольт-амперных характеристик трансформаторов тока.

о) При проверках устройств РЗА следует производить измерения с необходимой степенью точности. Необходимо заранее определить, какая точность измерения нужна согласно Таблице Б.2, и необходимые классы точности измерительных приборов путем расчета или согласно рекомендациям, приведенным в Таблице Б.3, для проверки устройств РЗА различных типов.

Таблица Б.3

Наименование	Класс точности приборов
1. Дистанционное реле, реле мощности с регулированием уставки срабатывания	Не менее 0,5
2. Токовые реле защит, согласующиеся 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

Измерительные приборы проверочных устройств должны удовлетворять предъявляемым требованиям. Допускается применение устройств с приборами меньшей точности (например, У5053). При этом следует обязательно оценивать возможные последствия, к которым может привести неточность замеров.

### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ**

Требования к испытательной аппаратуре определяются составом устройств РЗА, современными техническими возможностями и условиями обслуживания. Настоящие требования обусловлены:

- появлением в электроэнергетике нового поколения устройств РЗА (микроэлектронных, микропроцессорных);
- появлением компьютерных средств, позволяющих в значительной степени автоматизировать техническое обслуживание (далее – ТО), устройств РЗА, автоматически создавать протоколы проверки требуемой формы, обеспечивать ряд дополнительных удобств для персонала;
- намечающимся изменениям подхода к ТО устройств РЗА, в частности, уменьшением времени, выделяемого на плановое ТО при сокращении численности персонала.

Испытательные устройства, необходимые для ТО устройств РЗА, цифровых регистраторов, устройств для определения мест повреждения на линиях электропередачи, могут выполняться в двух основных вариантах.

Первый вариант, наиболее распространенный в настоящее время, предусматривает подачу в устройства РЗА входных величин в ручном или полуавтоматическом режиме. Это реализуют комплектные устройства У5053, ЭУ5001, установки «Уран-1», «Уран-2» и др. Второй вариант позволяет подавать в устройства РЗА требуемые значения входных величин как в ручном, так и в автоматическом режиме. Возможна также подача в устройство входных величин, физически воспроизводящих аварийные процессы либо по математическим программам, разрабатываемым для конкретных типов устройств РЗА, либо по записям реально возникавших аварийных процессов в энергосистемах. Такими возможностями обладают, например, устройства типа «РЕТОМ» (НПП «Динамика»).

В обоих вариантах устройства должны обеспечивать выполнение «Правил технического обслуживания» (11, 12), достоверность и достаточную точность измерений, безопасность и удобство, минимальные трудозатраты на ТО.

Устройства должны обеспечивать плавное или ступенчатое с достаточной степенью дискретности регулирование в необходимых пределах значений тока, напряжения, угла между векторами переменного тока и напряжения. Вместе с тем, устройства должны поддерживать на заданном уровне значения упомянутых величин при изменениях входных

сопротивлений испытываемых устройств. В частности, это относится к случаям использования устройств в качестве источника оперативного напряжения. При опробовании взаимодействия элементов устройств РЗА, особенно с использованием электромеханических реле, возникают скачкообразные изменения сопротивления устройства. Стационарные источники оперативного напряжения на энергообъектах, как правило, обеспечивают стабильность оперативного напряжения. Однако в процессе наладки вновь вводимых объектов таких источников еще может не быть.

Для ТО большинства устройств РЗА достаточны следующие пределы регулирования выходных величин:

- по переменному напряжению от нуля до 400 В с длительно допустимой нагрузкой 0,5-1 А и кратковременной 1,5-2 А;
- по постоянному напряжению от нуля до 245 В с такой же допустимой нагрузкой;
- по переменному току от нуля до 10 А без нагрузочного устройства (блока) и до 200 А с нагрузочным устройством (блоком);
- по углу между синусоидальными выходными величинами (напряжением и током для ТО направленных защит, двумя напряжениями для ТО аппаратуры проверки синхронизма) в диапазоне от нуля до 360° плавно или плавно-ступенчато;
- по частоте от 45 до 55 Гц для ТО устройств АЧР, ЧАПВ и т.п.

Устройства могут выполняться для имитации как однофазных, так и трехфазных режимов. Желательна независимая регулировка токов и напряжений в каждой фазе, однако для большинства используемых в эксплуатации устройств РЗА (направленные и дистанционные защиты, защиты от несинхронных режимов и др.) допустимо иметь трехфазную систему регулируемых выходных напряжений и однофазную систему регулируемых выходных токов.

В качестве источника оперативного напряжения устройство должно поддерживать напряжения 110 и 220 В в пределах, допустимых «Правилами технической эксплуатации» (15), (от -20 до +10 %) с допустимой нагрузкой до 400 Вт. Зависимость выходного напряжения от тока нагрузки должна предоставляться фирмами-изготовителями. При использовании в таком качестве выпрямленного напряжения изготовитель должен предоставлять информацию о степени сглаживания в зависимости от значения комплексного сопротивления нагрузки.

Устройства должны давать минимальные искажения синусоидальной кривой переменного тока или напряжения (в зависимости от проверяемого устройства РЗА). В частности, для снятия вольт-амперной характеристики трансформаторов тока (ТТ)



желательно иметь минимальные искажения формы кривой напряжения. А для проверки устройств РЗА с нелинейными характеристиками (электромагнитные реле типов ДЗТ, РТ40/Р, схемы дешунтирования отключающих катушек выключателей и др.) желательно иметь минимальные искажения формы кривой тока. Коэффициенты нелинейных искажений во всем диапазоне подаваемых величин и в зависимости от значений нагрузки также должны предоставляться фирмами-изготовителями.

Вместе с тем устройства, выполняемые по второму варианту, должны обеспечивать имитацию режимов глубокого насыщения трансформаторов тока, питающих токовые цепи устройств РЗА с возможностью регулирования этого режима. Это, в частности, необходимо при ТО микропроцессорных защит, использующих квантование аналоговых сигналов по времени, для имитации режимов близких КЗ, так как фирмы, выпускающие микропроцессорную аппаратуру, далеко не всегда указывают принципы восстановления исходной функции по ее дискретным значениям.

Устройства должны обеспечивать контроль как устройства РЗА в целом, так и его отдельных частей, если они не могут быть проверены в процессе проверки устройства в целом. Это относится, в частности, к характеристикам отдельных функциональных узлов и реле (параметры срабатывания и возврата, коэффициенты торможения и др.). Для этого устройства должны быть укомплектованы необходимым набором соединительных проводников, подобранных по условиям нагрева, с наконечниками (или разъемами), пригодными для подключения к элементам проверяемой аппаратуры.

Тепловой режим работы устройства должен обеспечивать подачу выходных величин на время, необходимое для успокоения переходных процессов в проверяемых устройствах плюс время считывания показаний оператором. В устройствах, выполняемых по второму варианту тепловой режим должен обеспечивать подачу требуемых выходных величин на весь цикл испытания. Предельно допустимые значения времени подачи выходных величин должны указываться фирмами-изготовителями.

Устройства должны обеспечивать измерение значений выходных величин (или их задание – для устройств автоматической проверки) в пределах диапазона их регулирования с точностью, соответствующей требованиям вышеупомянутых «Правил» (11 и 13) и настоящей инструкции. Фирма-изготовитель должна указывать, какое значение выходной величины измеряет (или задает) устройство – действующее, амплитудное или средневыпрямленное. В частности, это важно при снятии вольт-амперных характеристик трансформаторов тока.

Устройства должны обеспечивать измерение времени срабатывания и возврата, времени замкнутого состояния временно замыкающих контактов как отдельных реле, так и устройств РЗА в целом с точностью, соответствующей требованиям вышеупомянутых документов. Желательно обеспечить измерение времени удержания сигнала пуска защиты (выдержки времени на возврат логики устройства РЗА после исчезновения величины, превышающей уставку срабатывания), поскольку оно достаточно широко используется в микропроцессорных защитах для выявления перемежающихся коротких замыканий.

Для измерения временных характеристик, а также для контроля за срабатыванием и возвратом аппаратуры РЗА устройство должно иметь входы для подключения дискретных сигналов от аппаратуры РЗА.

Питание устройств должно осуществляться от сети однофазного или трехфазного переменного напряжения 220-380 В. Устройства должны быть обеспечены защитой от коротких замыканий и недопустимых перегрузок.

Устройства автоматической проверки (второй вариант испытательных устройств), должны содержать не менее трех источников напряжения и трех источников тока (чтобы создавать симметричные системы токов и напряжений прямой и обратной последовательностей), независимо управляемых по модулю, фазе и частоте.

Источники тока и напряжения устройства автоматической проверки должны обладать следующими эксплуатационными характеристиками:

- допускать длительную работу;
- иметь защиту от перегрева;
- иметь защиту от коротких замыканий источников напряжения;
- иметь защиту от обрыва в цепях источников тока.

При срабатывании защит должен выдаваться соответствующий сигнал.

Комплект программ устройств автоматической проверки должен включать в себя проверку наиболее распространенных устройств РЗА, ручное управление источниками тока и напряжения, моделирование сигнала заданной формы, синтез сигнала при известном его гармоническом составе, генерирование последовательности состояний сигналов на входе устройств РЗА для проверки АПВ, АВР, АЧР и др.

## **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

В последние два десятилетия появилось новое поколение испытательных устройств для обслуживания простых и сложных защит, к которому относятся устройства типа РЕТОМ, позволяющие осуществлять как ручную, так и автоматическую проверку устройств РЗА с помощью компьютера по заданным программам и минимизирующие затраты ручного труда на переключения в схемах РЗА и составление протоколов.

Среди большого количества других комплектных испытательных устройств, облегчающих техническое обслуживание сложных устройств РЗА (далее – УРЗА), ранее наибольшее распространение получили устройства У5053, ЭУ5001. Например, эти устройства стали прототипом для более совершенных установок «Уран».

В данном приложении приводятся краткие сведения о современных испытательных устройствах для проверки и наладки всех трех поколений устройств РЗА: на электромеханической, микроэлектронной и микропроцессорной базе.

Полные сведения об устройствах и правилах их эксплуатации содержатся в материалах фирм-изготовителей.

**При выполнении работ по техническому обслуживанию устройств РЗА допускается применение других по типам испытательных устройств, основные технические характеристики и данные которых не ниже представленных в настоящем Приложении.**

### **1. Устройства типа «РЕТОМ»**

Компьютерно-управляемые устройства типа РЕТОМ для проверки УРЗА выполняет следующие функции:

– Генерируют сигналы переменного и постоянного тока и напряжения, независимо друг от друга управляемые по модулю, фазе и частоте. Это позволяет в ручном или автоматическом режиме проверять характеристики УРЗА при КЗ различного вида и других аномальных режимах энергосистем (например, при качаниях и асинхронном ходе). При автоматической проверке эти сигналы могут подаваться на УРЗА как толчком, изменяясь от шага к шагу, так и при плавном (ступенчатом) изменении.

– Управляют необходимыми при автоматической проверке переключениями в схеме УРЗА при помощи дискретных (преимущественно контактных) сигналов, синхронизированных по заданной программе с аналоговыми сигналами.

– Контролируют реакцию УРЗА – принимает и обрабатывает поступающие от нее дискретные и аналоговые сигналы для проверки параметров и характеристик УРЗА. Дискретные входы РЕТОМ гальванически развязаны, универсальны и позволяют подключаться даже к контактам реле под напряжением постоянного тока до 250 В и к потенциальным выходам ИМС.

– Автоматически оценивают правильность защитных функций и точность параметров и уставок УРЗА.

– Автоматически создают протоколы испытаний УРЗА установленной формы.

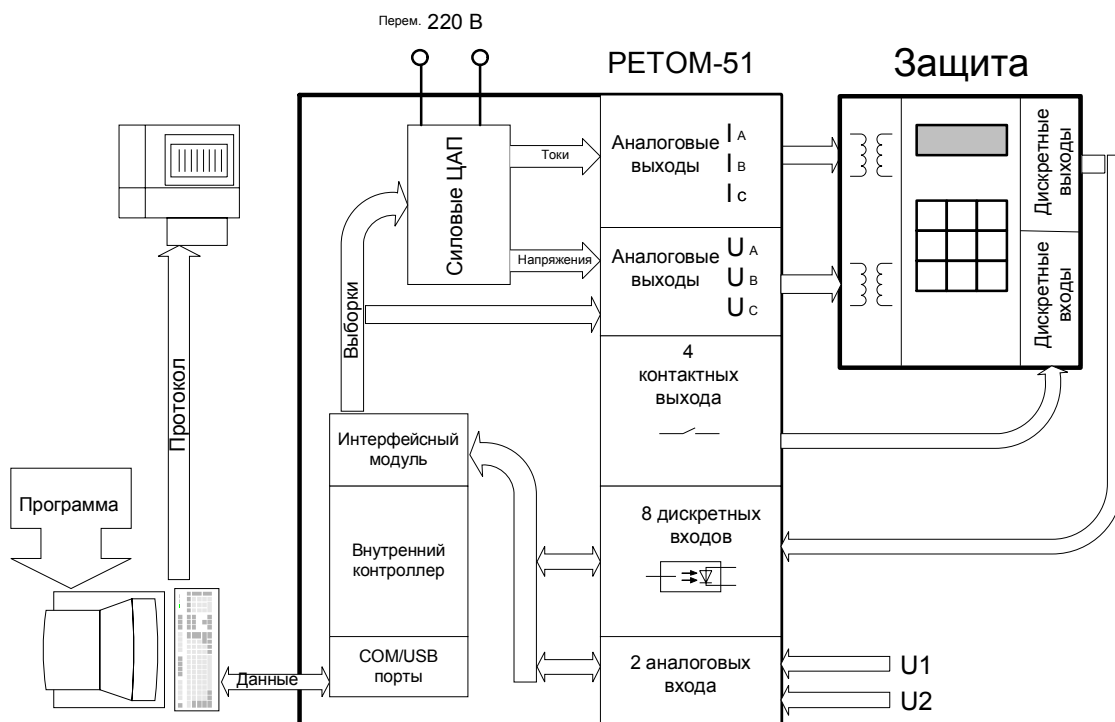
РЕТОМ предоставляет проверяющему во время проверки УРЗА возможность наблюдать на экране компьютера ход проверки, анализировать промежуточные результаты, гибко менять параметры проверки и в необходимых случаях корректировать параметры УРЗА и сам ход проверки.

Выпущен уже ряд поколений устройств РЕТОМ. В данном описании приводятся принципы действия и краткие характеристики устройства, РЕТОМ-51, поскольку оно в полной мере отображает подход к техобслуживанию УРЗА, существенно отличающийся от предыдущих подходов.

Набор стандартных программ, поставляемых с РЕТОМ-51, включает в себя универсальные программы: «ручное» управление источниками тока и напряжения; программы для проверки реле тока, напряжения, направления мощности, сопротивления, частоты; универсальный секундомер-регистратор; программы воспроизведения аварийных процессов, записанных цифровыми регистраторами; RL-модели энергосистемы; программу формирования несинусоидальных токов и напряжений в виде суммы синусоидальных сигналов заданных частот.

Кроме того, в составе программного обеспечения для РЕТОМ-51 есть специализированные программы, в том числе программы по проверке устройств защиты типа ЭПЗ-1636, ШДЭ-2801(02), ДФЗ-201, ПДЭ-2802, ОМП, АЧР, автосинхронизаторов, диффзащит с реле РНТ и ДЗТ, реле обратной последовательности типов РТФ, счетчиков электроэнергии, систем возбуждения генераторов, программа генерирования сигналов тока и напряжения произвольной формы и другие. Создан также специальный язык для разработки проверочных программ самим пользователем.

1.1. Функциональная схема программно-технического измерительного комплекса РЕТОМ-51 (рисунок Г.1) включает в себя силовой блок, управляемый портативным персональным компьютером (ПК).

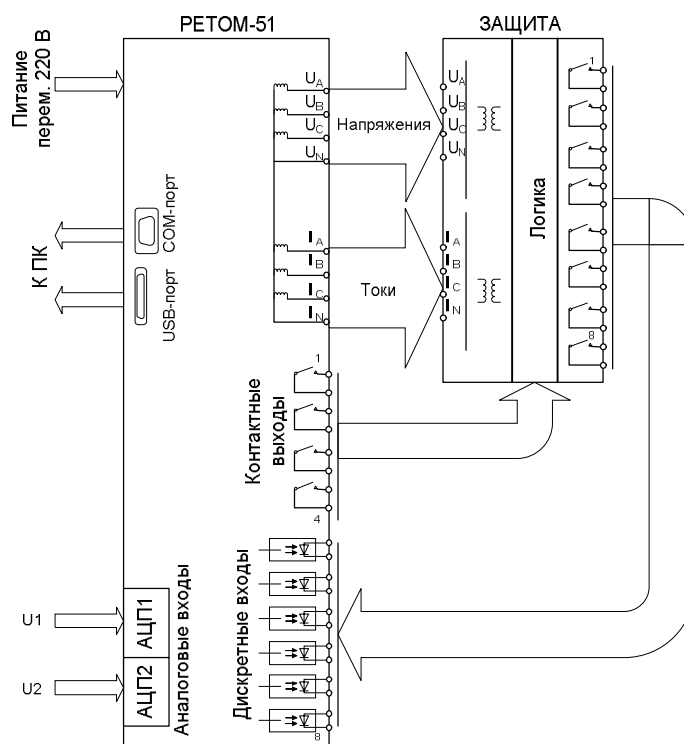


**Рис. Г.1 Функциональная схема программно-технического измерительного комплекса РЕТОМ-51**

С помощью программ, разработанных для проверки отдельных реле или устройств РЗА в целом, оператор вводит в ПК требуемые исходные данные, ПК рассчитывает необходимые для проверки режимы и отправляет информацию во внутренний контроллер силового блока. Этот контроллер по заданию программы рассчитывает цифровые выборки токов и напряжений, передает их в интерфейсный модуль, откуда эти выборки подаются в цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). С выхода ЦАП требуемые аналоговые сигналы через усилители подаются в проверяемое УРЗА. Туда же через дискретные выходы силового блока подаются задаваемые программой проверки управляющие команды.

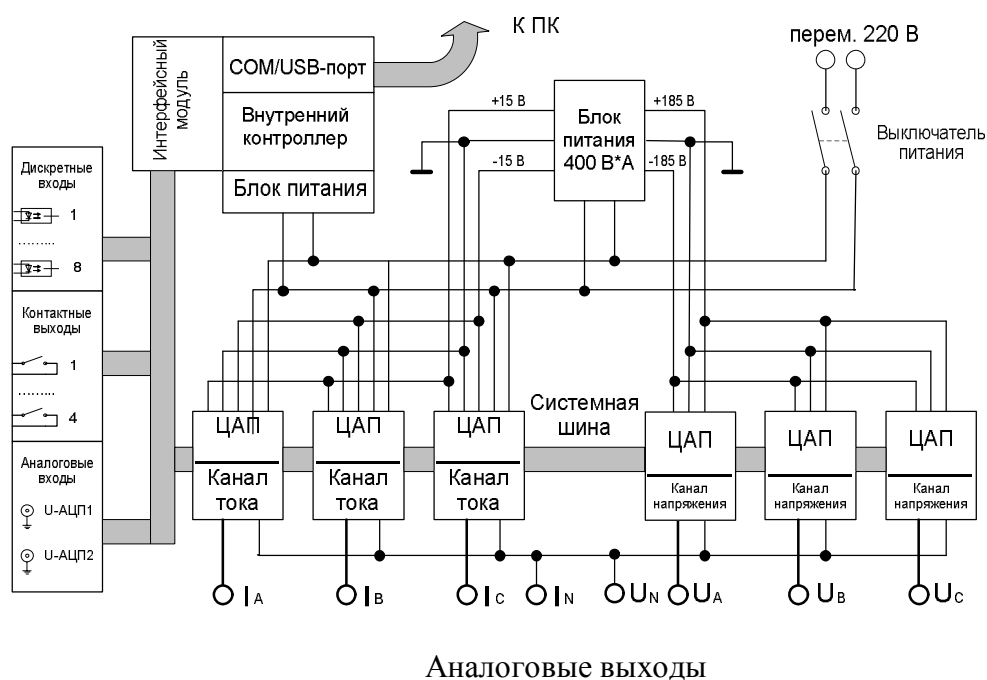
Выходные сигналы проверяемого УРЗА (например, замыкание контакта реле тока или напряжение на реагирующем органе дифференциального реле) подаются в дискретные или аналоговые входы силового блока, и через внутренний контроллер отправляются в ПК. Здесь сигналы обрабатываются, и ПК выдает на экран результаты проверки устройства. Эти результаты по желанию оператора могут быть распечатаны в виде протокола.

2.2. В соответствии со своей структурой УРЗА подключается токовыми цепями к источникам тока силового блока, цепями напряжения – к источникам напряжения (рисунок Г.2) логическими оперативными цепями (например, цепями ускорения) – к контактным выходам силового блока.



**Рис. Г.2 Схема подключения защиты к РЕТОМ-51**

2.2.1. В составе РЕТОМ имеются три источника тока (ИТ) максимальной выходной мощностью 250 В·А каждый, регулируемые независимо друг от друга по модулю, фазе и частоте (рисунок Г.3).



**Рис. Г.3 Схема аппаратной части РЕТОМ-51**

Без дополнительных устройств ИТ обеспечивают пофазную регулировку переменных токов в диапазоне 0,01-20 А. Три ИТ могут использоваться также в однофазном режиме, обеспечивая регулировку тока в диапазоне 0,01-60 А. Внутреннее сопротивление ИТ составляет не менее 330 Ом, что обеспечивает стабильность значения тока при колебаниях сопротивления нагрузки. ИТ могут работать также в режиме источника постоянного тока, обеспечивая регулировку в диапазоне 0,01-20 А. Внутреннее сопротивление ИТ в этом режиме составляет не менее 1000 Ом, что также обеспечивает стабильность значения подаваемого тока в режиме изменения сопротивления нагрузки.

2.2.2. В составе РЕТОМ имеются также три независимо регулируемых источника напряжения (ИН) максимальной выходной мощностью 60 В·А каждый, регулируемые независимо друг от друга по модулю, фазе и частоте. Без дополнительных устройств ИН обеспечивают пофазную регулировку переменных напряжений в диапазоне 0,01-120 В. Два ИН могут использоваться также в однофазном режиме, если включить их в противофазе, обеспечивая регулировку в диапазоне 0,01-240 В. Внутреннее сопротивление ИН не превышает 0,5 Ом, что обеспечивает стабильность значения напряжения при изменении сопротивления нагрузки. ИН могут работать также в режиме источника постоянного тока, обеспечивая регулировку в пределах 0,01-320 В. Внутреннее сопротивление ИН не превышает в этом режиме 0,5 Ом, что также обеспечивает стабильность значения подаваемого напряжения при изменении сопротивления нагрузки.

2.3. Коэффициент нелинейных искажений синусоидального сигнала не превышает 1,5 %. Вместе с тем имеются программы формирования несинусоидальных сигналов для специальных испытаний аппаратуры, например, проверки поведения реле при глубоких насыщениях трансформаторов тока.

2.4. Устройство позволяет регулировать фазовые углы ИТ и ИН в пределах 0-359,9° с погрешностью  $\pm 0,1$  %, позволяет измерять интервалы времени в диапазоне 0,001-99999 с с погрешностью  $\pm 1,0$ %. В составе устройства имеются два аналоговых и 8 дискретных входов для получения информации с проверяемого устройства. Устройство подключается к источнику однофазного переменного напряжения  $220 \pm 22$  В, потребляемая мощность устройства не превышает 2200 В·А. Работоспособность обеспечивается в диапазоне температур 5-40 °С.

2.5. Устройство РЕТОМ-51 работает под управлением компьютера со следующими минимальными параметрами:

1. Процессор Pentium-III 450 МГц.
2. ОЗУ – 128 Мб, рекомендуемый объем памяти – 256 Мб.

3. Дисплей SVGA с разрешением 800х600, рекомендуемый – 1024х768.

4. Наличие USB и COM-портов. Для подключения устройства рекомендуется использовать USB-порт как более быстрый в отличие от COM-порта. Устройство поддерживает протокол USB 1.1, который совместим и с USB 2.0.

5. Наличие привода CD-ROM желательно, он используется для установки программного обеспечения.

6. Операционная система – WINDOWS '98, '2000, 'XP, рекомендуется WINDOWS XP как более современная.

7. Требования безопасности должны удовлетворять ТСО-95.

8. Для специальных программ рекомендуется Internet Explorer версия 6.0 и выше.

Программное обеспечение (ПО) занимает на жестком диске объем не более 50 Мб. Для работы потребуется также стандартная клавиатура и координатное устройство типа Mouse («мышь»).

2.6. Особенностью устройства типа РЕТОМ-51 является отсутствие необходимости использовать при проверке защит измерительные приборы: амперметры, вольтметры, частотомеры, фазометры, секундомеры, осциллографы. При этом РЕТОМ-51, сертифицированный как средство измерения, обеспечивает декларированную точность параметров выдаваемых сигналов тока и напряжения. Первичная настройка выполняется фирмой-изготовителем. Для подстройки коэффициентов усиления каналов тока и напряжения, а также других параметров под конкретную нагрузку с целью получить повышенную точность используется специальная программа юстировки, настройки и коррекции, поставляемая вместе с устройством.

### **Устройства «РЕТОМ-51» и «РЕТОМ-61»**

Устройства РЕТОМ-51 и РЕТОМ-61 предназначены для наладки и проверки характеристик и параметров настройки электромеханических, полупроводниковых и микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики в энергетике.

Устройство РЕТОМ-51 имеет три регулируемых источника напряжения и три регулируемых источника тока переменной частоты, восьми канальный дискретный анализатор, двухканальный многофункциональный измеритель и четыре свободно коммутируемых реле.

Устройство РЕТОМ-61 имеет четыре регулируемых источника напряжения и шесть регулируемых источников тока переменной частоты, один регулируемый источник напряжения постоянного тока, шестнадцати канальный дискретный анализатор,



двухканальный многофункциональный измеритель и восемь свободно коммутируемых реле.

Устройство выполняет следующие функции:

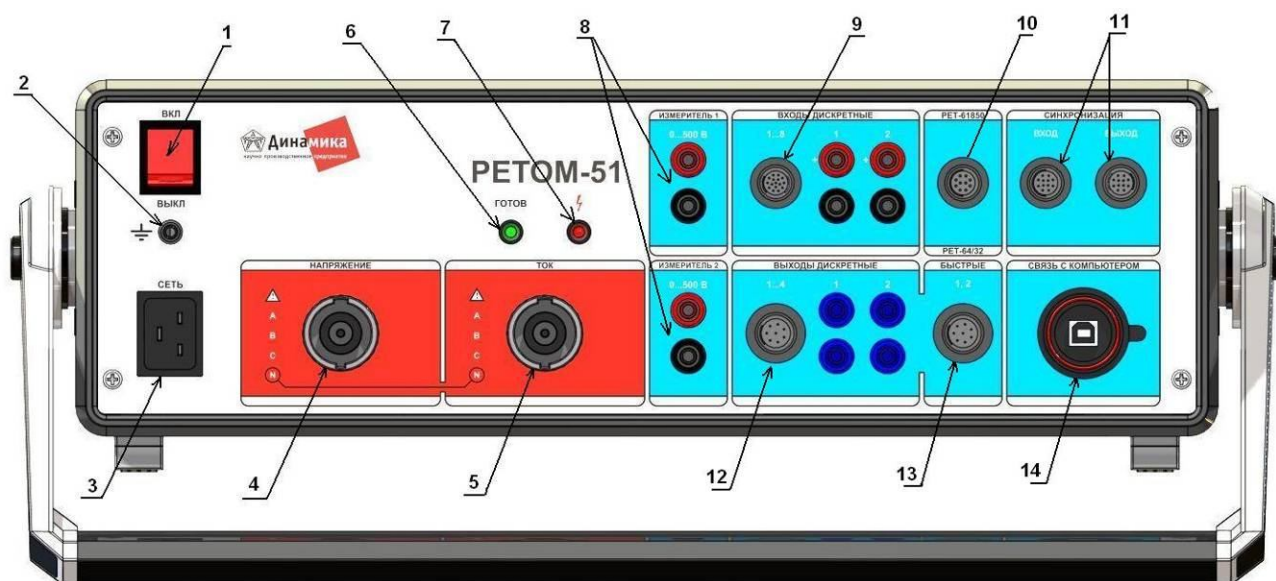
- Генерирует сигналы переменного и постоянного тока и напряжения, независимо друг от друга управляемые по модулю, фазе и частоте. Это позволяет в ручном или автоматическом режиме проверять характеристики УРЗА при КЗ различного вида и других аномальных режимах энергосистем (например, при качаниях и асинхронном ходе). При автоматической проверке эти сигналы могут подаваться на УРЗА как толчком, изменяясь от шага к шагу, так и при плавном (ступенчатом) изменении.
- Управляет необходимыми при проверке переключениями в схеме УРЗА с помощью дискретных сигналов.
- Контролирует реакцию УРЗА – принимает и обрабатывает поступающие от нее дискретные и аналоговые сигналы для проверки параметров и характеристик УРЗА. Дискретные входы гальванически развязаны и универсальны, позволяют подключаться к контактам реле под напряжением постоянного тока до 250 В и к потенциальным выходам ИМС.

Большой набор программных модулей позволяет автоматически оценивать правильность защитных функций и точность параметров и уставок практически всех видов УРЗА и создавать протоколы их испытаний. При этом предоставлена возможность наблюдать на экране компьютера весь ход проверки, анализировать промежуточные результаты и, в необходимых случаях, корректировать условия проверки.

Внешний вид и органы управления устройств РЕТОМ-51 и РЕТОМ-61 показаны на рисунках Г.4 и Г.5, а их технические параметры приведены в Таблице Г.1.

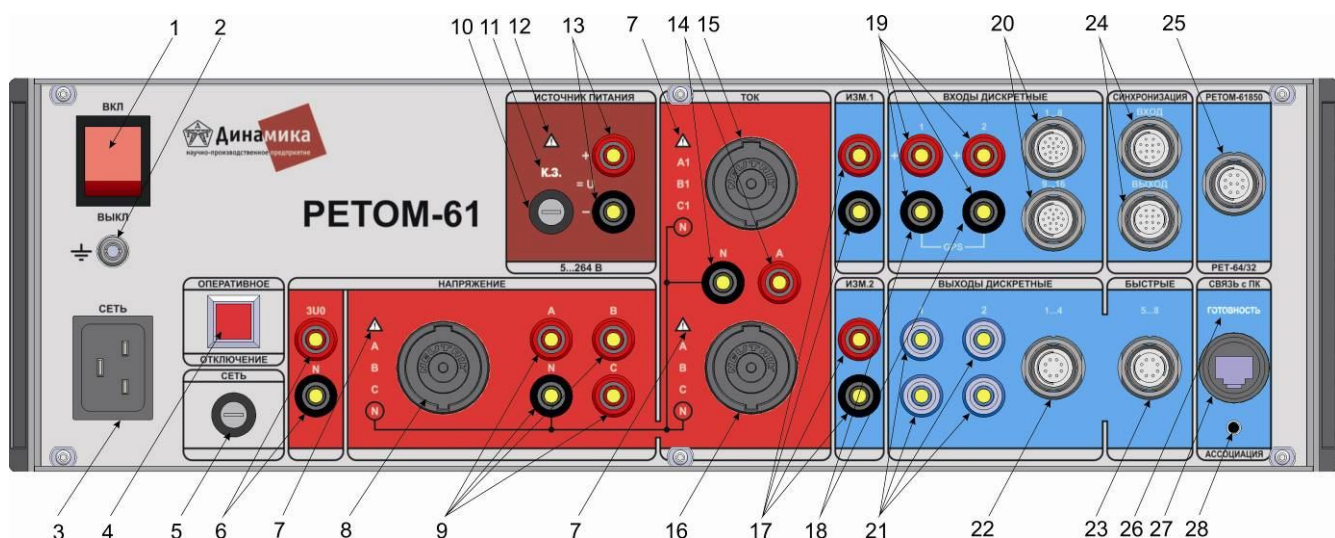
Устройство РЕТОМ-51/61 работает под управлением компьютера со следующими минимальными параметрами:

- операционная система WINDOWS XP и выше;
- процессор одноядерный с частотой не менее 2 ГГц;
- ОЗУ не менее 1024 Мб для работы в Windows XP, и не менее 2048 Мб для работы в Windows 7;
- дисплей SVGA с разрешением не менее 1024x768;
- стандартная клавиатура и координатное устройство типа Mouse;
- наличие Ethernet и USB порта;



**Рис. Г.4 Лицевая панель РЕТОМ-51**

- 1 – выключатель «Сеть»;
- 2 – клемма заземления (дублирование третьего провода в сетевом кабеле);
- 3 – разъём для подключения устройства к сети 220 В;
- 4 – разъём силовой для выходов источников напряжения (назначение контактов показано на рисунке 8.3);
- 5 – разъём силовой для выходов источника тока (назначение контактов показано на рисунке 8.3);
- 6 – индикатор «ГОТОВ» (индикатор готовности к запуску программ работы с РЕТОМ-51);
- 7 – индикатор высокого напряжения (индикатор наличия на выходах опасных напряжений и токов);
- 8 – клеммы аналоговых входов;
- 9 – разъём дискретных входов 1 – 8 (назначение контактов показано на рисунке 8.5);
- 10 – разъём для подключения блоков РЕТ-61850 и РЕТ-64/32;
- 11 – разъёмы синхронизации;
- 12 – разъём дискретных выходов 1 – 4 (назначение контактов показано на рисунке 8.6);
- 13 – разъём «быстрых» дискретных выходов 1 – 2;
- 14 – разъём Ethernet-порта для связи с компьютером.



**Рис. Г.5 Лицевая панель РЕТОМ-61**

- 1 – выключатель «Сеть»;
- 2 – клемма заземления;
- 3 – разъём для подключения устройства к сети 220 В;
- 4 – кнопка экстренного обнуления выдаваемых значений тока и напряжения;
- 5 – предохранитель сетевой;
- 6 – клеммы выхода источника напряжения 3UO;
- 7 – индикатор « $\Delta$ » - наличие на выходах опасных напряжений и токов;
- 8 – разъём для подключения внешнего силового кабеля источников напряжения (фазы A,B,C), гальванически связан с выходами источников тока и напряжения (позиции 8, 11, 12, 13);
- 9 – клеммы выходов источников напряжения (UA, UB, UC, UN);
- 10 – предохранитель источника напряжения оперативного питания =U;
- 11 – индикатор «К.З.» - короткое замыкание источника питания;
- 12 – индикатор « $\Delta$ » - наличие напряжения на выходе источника питания;
- 13 – клеммы выхода источника напряжения оперативного питания =U;
- 14 – клеммы выхода фазы A источника тока IA;
- 15 – разъём для подключения внешнего силового кабеля источников тока (фазы A,B,C), гальванически связан с выходами источников тока и напряжения (позиции 7, 8, 11, 13);
- 16 – разъём для подключения внешнего силового кабеля источников тока (фазы A1,B1,C1), гальванически связан с выходами источников тока и напряжения (позиции 7, 8, 11, 12);
- 17 – клеммы аналоговых входов;
- 18 – клеммы для подключения блока PET-GPS;
- 19 – клеммы дискретных входов 1, 2;
- 20 – разъёмы дискретных входов 1-8, 9-16;
- 21 – клеммы дискретных выходов 1, 2;
- 22 – разъём дискретных выходов 1 – 4;
- 23 – разъём дискретных выходов быстрых 5 – 8;
- 24 – разъёмы синхронизации;
- 25 – разъём для подключения блока РЕТ-64/32 и РЕТ-61850;
- 26 – индикатор «ГОТОВНОСТЬ» - готовность к запуску программ работы с РЕТОМ-61;
- 27 – разъём Ethernet для подключения к ПК;

28 – кнопка "АССОЦИАЦИЯ" - "привязка" компьютера к РЕТОМ.  
Таблица Г.1

Наименование параметра	РЕТОМ-51	РЕТОМ-61
<b>ИСТОЧНИК ТОКА</b>		
Количество, шт.	3	6
Диапазон изменения тока в одном канале, А	0,01 – 36А	
Диапазон изменения тока в однофазном режиме, А	108	216
Минимальный шаг изменения тока, мА	1,0	
Максимальное выходное напряжение, В, не менее	27	33
Максимальная мощность одного канала, В·А, не менее	500	600
Максимальная суммарная мощность всех источников, В·А, не менее	2000	1500
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения величины переменного тока, % **	±(0,005x + 0,0001Xk)	
<b>ИСТОЧНИК НАПРЯЖЕНИЯ</b>		
Количество, шт.	3	4
Диапазон изменения напряжения в одном канале, В	0,01– 120	0,01– 135
Диапазон изменения напряжения в однофазном режиме, В	0,02 – 240	0,02 – 405
Диапазон изменения напряжения в режиме постоянного тока	0,05 – 320	0,05 – 380
Минимальный шаг изменения напряжения, мВ	10	
Максимальная выходная мощность каждого источника (при Uвых ≥ 60 В), В·А, не менее	60	80
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения напряжения переменного/постоянного тока, % **	±(0,004x + 0,00004Xk)	
<b>ИСТОЧНИКИ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ</b>		
Диапазон изменения частоты, Гц	1,0 – 1000	
Минимальный шаг изменения частоты, Гц	0,001	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты, Гц	± 0,01	
Диапазон изменения угла фазового сдвига при промышленной частоте (50 Гц), °	0 - 359,99	
Минимальный шаг изменения угла фазового сдвига, °	0,001	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки угла фазового сдвига, °	± 1,0	
<b>МИЛЛИСЕКУНДОМЕР</b>		
Диапазон измерения времени, с	0,001 - 99 999	
Минимальный шаг изменения значения интервала времени, мс	0,1	
Пределы допускаемой относительной погрешности изменения и воспроизведения интервалов времени, %, не более	± 0,1	
<b>АНАЛОГОВЫЕ ВХОДЫ</b>		
Количество, шт.	2	
Диапазон измерения напряжения, В	0,05 - 500	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения напряжения, %	$\pm \left[ 1,5 + 0,1 \left( \frac{\tilde{O}_e}{\tilde{\sigma}} - 1 \right) \right]$	
<b>ДИСКРЕТНЫЕ ВХОДЫ</b>		
Количество, шт.	8	16
Тип:	«сухой контакт», транзис- торный ключ, ТТЛ 15 В, контакт	
Максимальное напряжение постоянного тока на входе, В, не более	300	

Продолжение Таблицы Г.1.

ДИСКРЕТНЫЕ ВЫХОДЫ		
Количество, шт	4	8
Тип	контакт	оптореле
Коммутационная способность при активной нагрузке:		
- сила переменного тока, А	5	0,12
- напряжение переменного тока, В	400	250
Время срабатывания / возврата, мс, не более	14 / 5	0,4 / 0,5
Длительно допустимый постоянный ток, А	5	0,5
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
Синхронизация устройств:	кабель синхронизации блок PET-GPS	
- в одном помещении (до 9 устройств) - на любом расстоянии друг от друга		
Точность синхронизации с сетью, с автоматической подстройкой частоты, Гц, не хуже	0,001	
Связь с управляющим устройством (ПК):	USB; Ethernet-100 ручной, автоматический, программируемый	
- порт связи - режимы управления источниками		
Класс оборудования по ЭМС (в соответствии с ГОСТ Р 51522)	класс А	
Защита от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0	класс I	
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	от 1 до 40	
Питание устройства:	<div>220 – 22 + 44</div> <div>48 – 51</div> <div>3000   3200</div>	
- однофазная сеть, В		
- частота питающей сети, Гц		
- потребляемая мощность, В·А, не более		
Масса устройства, кг, не более	22	
Габаритные размеры устройства (без ручки), мм, не более	520×160×450	

В дополнение к РЕТОМ-51/61 выпускаются:

- Блок преобразователя тока РЕТ-10 представляет собой трансформатор тока с коэффициентами преобразования 10; 5 и 0,1 и предназначен для расширения выдаваемого диапазона тока от 0,1мА до 300А.
- Блок преобразователя напряжения РЕТ-ТН предназначен для расширения функциональных возможностей РЕТОМ-51/61 и позволяет масштабировать трехфазную систему напряжений на выходе устройства с коэффициентами трансформации 5,  $\sqrt{3}$ , 1 и  $1/\sqrt{3}$ , и используется, в основном, для имитации напряжений полноценного разомкнутого треугольника.
- Блок расширения входов/выходов РЕТ-64/32 обеспечивает дополнительно 64 дискретных входа и 32 дискретных выхода.
- Блок временной синхронизации РЕТ-GPS предназначен для дистанционной синхронизации выдаваемых сигналов двух и более комплексов РЕТОМ-51/61 посредством GPS-связи. Это может использоваться для одновременного запуска комплексами расположенных по концам линий при проверке дифференциально-фазных защит.
- Блок коммутационный РЕТ-61850, который обеспечивает прием и передачу GOOSE-сообщений, в соответствии со стандартом МЭК 61850 при обмене виртуальной информацией от проверяемого устройства РЗА.

## Устройство РЕТОМ-21

Мощное однофазное устройство РЕТОМ-21 предназначено для наладки и проверки характеристик и параметров настройки электромеханических, полупроводниковых и микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики в энергосистемах напряжением 0.4-35 кВ.

Устройство РЕТОМ-21 имеет два регулируемых источника напряжения или тока переменной частоты, один регулируемый источник напряжения постоянного тока, пульт управления и многофункциональный измеритель, который включает в себя: амперметр, вольтметр, фазометр, частотомер, секундомер.

Устройство РЕТОМ-21 осуществляет воспроизведение:

- регулируемого однофазного переменного тока или напряжения сетевой частоты повышенной мощности;
- регулируемого однофазного переменного тока или напряжения регулируемой частоты (режим генератора технической частоты) с возможностью регулирования фазы относительно опорного сигнала;
- одновременно двух напряжений, тока и напряжения или двух токов сетевой частоты с возможностью регулирования фазового угла между ними;
- регулируемого постоянного (выпрямленного или сглаженного) напряжения/тока;
- отдельного оперативного питания на проверяемые устройства РЗА;
- управляемого дискретного сигнала (имитация контактов «РПВ» и «РПО» или сигнал ускорения).

Устройство РЕТОМ-21 осуществляет измерение:

- воспроизводимого тока, напряжения, частоты и фазового угла;
- внешнего напряжения (одновременно 2 канала) и тока, фазового угла и частоты;
  - виды значений для тока и напряжения - среднеквадратичного, средневыпрямленного, амплитудного и селективного на 50 Гц;
  - виды значений для фазового угла -  $0-360^\circ$ ,  $\pm 180^\circ$ ,  $\cos(\varphi)$  и  $\operatorname{tg}(\varphi)$ ;
- всех видов временных характеристик (срабатывание, возврат, длительность, разновременность, вибрация) различных реле и коммутационных аппаратов;
- расчет полного, активного и реактивного сопротивления (исходя из известных входных параметров: тока, напряжения и угла между ними) с учетом схемы подключения;

- расчет полной, активной и реактивной мощности, косинуса и тангенса угла (исходя из известных входных параметров: тока, напряжения и угла между ними).

Устройство РЕТОМ-21 имеет следующую логику управления:

- подачу или отключение тока или напряжения с одновременным запуском секундомера;
- запуск секундомера по появлению тока и его останов по исчезновению тока при отключении выключателя;
- переключение между двумя заранее заданными частотами одного сигнала;
- переключение между двумя заранее заданными значениями выходного напряжения одного сигнала;
- переключение фазы сигнала на 180 эл. градусов;
- одновременное управление двумя каналами, позволяет имитировать различные виды аварии;
- внешний пуск позволяет проверять АПВ и расширяет возможности использования его совместно с другими испытательными системами.

Устройство РЕТОМ-21 позволяет проводить проверку и настройку:

- практически всех видов реле постоянного и переменного тока (тока, напряжения, частоты, мощности, сопротивления, времени, промежуточных, и т.д.);
- комплектов, панелей и шкафов защит (линий, кабелей, трансформаторов, шин и т.д.), в том числе и микропроцессорных;
- широкой номенклатуры низковольтных коммутационных аппаратов: контакторы и электромагнитные пускатели с номинальным током до 200 А;
- измерительных трансформаторов тока и напряжения и другого электрооборудования.

Технические параметры РЕТОМ-21 приведены в таблице Г.2.

Устройство РЕТОМ-21 выполнено в пластиковом ударопрочном корпусе, по бокам и на крышке которого находятся ручки с противоскользящим покрытием. Корпус оснащен дополнительной выдвижной ручкой и двумя краевыми роликами для перемещения. Также на корпусе имеется автоматический клапан выравнивания давления для использования его при авиаперевозках. Все органы управления находятся на лицевой панели. Внешний вид устройства с обозначением основных узлов приведен на рисунке Г.6. На внутренней поверхности крышки изображена структура меню управления устройством. Оранжевым



цветом выделены три области: Источник 1, Источник 2 и Источник 3. Зоны независимы по управлению и гальванически развязаны как между собой, так и от сети. В каждом случае оранжевым цветом обведены все элементы, которые относятся к управлению соответствующей силовой части: клеммы, регуляторы, коммутаторы и т.д.



**Рис. Г.6 Панель лицевая РЕТОМ-21**

В дополнение к РЕТОМ-21 выпускаются:

- однофазный измерительно-трансформаторный блок РЕТ-ВАХ-2000, который предназначен для снятия вольт-амперных характеристик и измерения коэффициентов трансформации трансформаторов тока и напряжения, а также для расширения диапазона выдаваемого РЕТОМ-21 напряжения до 2000 В;
- однофазный нагрузочный тороидальный трансформатор РЕТ-3000, применение которого вместе с РЕТОМ-21 позволяет получать на выходе ток до 3500 А для проверки первичным током выключателей, трансформаторов тока и реле прямого действия.



## Технические характеристики РЕТОМ-21

Таблица Г.2

Источник 1. ВЫХОД «=U1». Регулируемое напряжение постоянного тока			
Класс точности	0,5		
Диапазон регулирования напряжения, В	176-264		
Номинальное значение выходного напряжения, В	220		
Номинальная выходная мощность, Вт, не менее	220		
Источник 2. ВЫХОД «~U2». Регулируемое напряжение переменного тока			
Класс точности	0,5		
Диапазон работы, выбирается в меню	10	65	250
Диапазоны регулирования выходного напряжения, В	0-10	0-65	0-250
Дискретность установки выходного напряжения, В, не более	0,01	0,08	0,3
Диапазоны регулирования силы выходного тока, А, не более	0-10	0-1,5	0-0,6
Минимальный шаг изменения тока, мА	1,0	1,0	1,0
Выходная мощность, В А, не менее:	100		
Коэффициент нелинейных искажений, %, не более	1,0		
Диапазоны воспроизводимых частот, Гц	20-45	св. 45 - 55	св. 55 - 1000
Дискретность изменения частоты, Гц, не более	0,5	0,001	0,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты, Гц	±0,5	±0,001	±0,5
Диапазон изменения угла сдвига фаз сигналов напряжения и тока, °	0-360		
Дискретность изменения фазы, °, не более	0,3		
Источник 3. ВЫХОДЫ «~U3», «=U4», «~U5», «~U6».			
Класс точности	0,5		
Выходная мощность, В·А, не менее: - номинальная* - в течение 1 мин - в течение 5 с	2000 2500 3600		
Источник 3. ВЫХОД «~U3». Регулируемые переменный ток или напряжение (частота сети)			
Положение переключателя	“~500 В, 4 А”	“~250 В, 8 А”	“~50 А, 40 В”
Диапазоны регулирования силы тока, А	0-8	0-16	0-100
Диапазоны регулирования напряжения, В	11-500	5,5-250	0,9-40
Защита выходной цепи - терморезыватель: - номинальный ток, А	4,5	8	-
Источник 3. ВЫХОД«=U4». Регулируемое постоянное или выпрямленное (несглаженное) напряжение			
Положение переключателя	"= 250 В, 8 А"		
Пункт в меню работы для постоянного тока Источника 3	"Выпрямленн."	"Сглаженный"	
Род тока	выпрямленный	постоянный	
Диапазон регулирования напряжения, В	5,4-250	7,6-350	
Диапазон регулирования тока, А	0 - 10	0 - 5	
Номинальная выходная мощность, Вт, не менее	2000		
Источник 3. ВЫХОД «~U5». Регулируемый переменный ток			
Положение переключателя	“~200 А, 10 В"		
Диапазон регулирования напряжения, В	0 - 10		
Сила выходного тока, А, не менее: - длительно - в течение 1 мин - в течение 5 с - в течение 0,5 с	200 300 500 700		
Источник 3. ВЫХОД «~U6». Регулируемое напряжение переменного тока (ВЫХОД ЛАТР)			
Диапазон регулирования выходного напряжения, В	0 - 250		

Продолжение Таблицы Г.2

Встроенный мультиметр					
Род тока	постоянный / переменный				
Амперметр					
Пределы измерения силы постоянного тока, А	0,1	1,0	10	700	
Разрешающая способность измерителя тока, мА	0,1	1,0	10	100	
Минимальное допустимое значение измеряемой величины, % предела измерения	10				
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения силы тока, А:	± [0,005х+0,0005 X <sub>к</sub> ]				
Вольтметр					
Пределы измерения напряжения, В	6		600		
Разрешающая способность измерителя напряжения, В	0,001		0,1		
Минимальное допустимое значение измеряемой величины, % предела	1				
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения напряжения, В	± [0,005х+0,0005 X <sub>к</sub> ]				
Входное сопротивление вольтметра, кОм, не менее	1000				
Частотомер					
Диапазоны измерений частоты по входу напряжения, Гц	20 - 45	св. 45 - 55	св. 55 -1000		
Разрешающая способность измерения частоты, Гц	0,01	0,001	0,1		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты в рабочих диапазонах измерения напряжения, Гц	±0,05	±0,005	±0,5		
Фазометр					
Диапазон измерения угла сдвига фаз между двумя напряжениями, напряжением и током, двумя токами, °	0-360				
Разрешающая способность измерения угла сдвига фаз, °	0,1				
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла сдвига фаз между двумя напряжениями, напряжением и током, двумя токами в рабочих диапазонах измерения тока и напряжения, °	± 1,0				
Встроенный секундомер					
Наименование параметра	Значение				
Диапазоны измерений временных интервалов	0,0 – 999,9 мс	1,000 – 9,999 с	10,00 – 99,99 с	100,0 – 999,9 с * *	1000 – 9999 с *
Разрешающая способность	0,1 мс	0,001 с	0,01 с	0,1 с	1 с
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения временных интервалов	±0,5 мс	±0,01 с		±0,1 с	±1 с
Общие технические данные					
Защита от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0	класс I				
Класс оборудования по ЭМС (в соответствии с ГОСТ Р 51522)	класс А				
Сила потребляемого тока, А, не более	30				
Масса устройства, кг, не более	33				
Габаритные размеры устройства, мм, не более	540 × 460 × 300				

### **Устройство РЕТОМ-61850**

Устройство РЕТОМ-61850 предназначено для проведения испытаний релейной защиты и противоаварийной автоматики (УРЗА), а также другого оборудования, работающего по стандарту МЭК-61850. Он представляет собой полноценный аналог устройства РЕТОМ-51/61, только обмен информацией производится в цифровом виде по Ethernet каналу посредством GOOSE-сообщений для логических сигналов и Sampled Values – для аналоговых величин.

Устройство РЕТОМ-61850 позволяет в соответствии стандарту МЭК-61850 выполнить:

- прием и обработку (измерение и осциллографирование) четырех потоков тока и напряжения, т.е. 16 (4x4) каналов тока и 16 (4x4) каналов напряжения;
- регистрация входного потока данных по Ethernet с дальнейшим отображением их на осциллограмме;
- генерацию 10 потоков тока и напряжения (по 40 каналов тока и напряжения);
- прием и анализ логических сигналов GOOSE-сообщений (128 сообщений);
- прием и анализ дискретных логических сигналов (4 шт.),
- выдачу логических сигналов GOOSE-сообщений (128 сообщений);
- выдачу логических сигналов в виде контактов реле (2 шт.);
- преобразование логических сигналов GOOSE-сообщений в дискретные сигналы;
- измерения временных характеристик устройств релейной защиты;
- проверки характеристик устройств релейной защиты в режимах максимально приближенные к реальным повреждениям.
- синхронизацию по протоколам SNTP(NTP), PTP (IEEE 1588 v1 и v2), PPS;

Устройство РЕТОМ-61850 управляется с персонального компьютера по Ethernet каналу. При совместной работе с РЕТОМ-51/61 заменяет блок РЕТ-61850.

Внешний вид представлен на рисунке Г.7, а технические параметры в таблице Г.3.

На лицевой панели устройства расположены основные органы управления и коммутации:

- кнопка «ВКЛ/ВЫКЛ» включения/выключения питания;
- индикаторы «Готов» и «Авария»;
- основной разъем «0» для подключения к сети Ethernet;
- четыре дополнительных разъема «1», «2», «3», «4» для создания автономных сетей Ethernet при проверке различных объектов РЗА;

- разъем «USB» для подключения USB-накопителя (flash-карты);
- разъем «PETOM-51/61» для совместной работы с PETOM-51/61;
- два дискретных входа;
- четыре дискретных выхода (еще 2 выхода расположены на задней части).



**Рис. Г.7 Внешний вид устройства PETOM-61850**

Таблица Г.3

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		
Наименование параметра	Значение	
Максимально количество портов Ethernet RJ-45, шт.	5	
Максимальное количество оптических Ethernet портов, шт.	4	
Скорость обмена данных, Мбит/с	100/1000	
Поддержка виртуальных сетей VLAN	+	
GOOSE-сообщения		
Количество входных GOOSE-сообщений	128	
Количество выходных GOOSE-сообщений	128	
Количество логических входов и выходов	96	
Собственное время обработки, мс, не более	1	
Время приема-передачи через сеть согласно МЭК-61850-5	Type 1A;Class P2/3	
Sampled Values 9-2 LE		
Количество выходных потоков	10	
Количество входных потоков	4	
Номинальная частота сигнала, Гц	50; 60	
Количество выборок за период номинальной частоты	80; 256	
Дискретные входы		
Количество, шт.	2	
Тип	«сухой контакт», транзисторный ключ, ТТЛ 15 В	
Максимальное напряжение постоянного тока на входе, В, не более	300	
Дискретные выходы		
Тип	контакт	транзистор
Количество, шт.	2	2
Коммутационная способность при активной нагрузке:		
- сила переменного тока, А	5	1
- напряжение переменного тока, В	400	400
Время срабатывания/возврата, мс, не более	14 / 5	0,001
Длительно допустимый постоянный ток, А	5	1

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Синхронизация	GPS, SNTP(NTP), PTP (IEEE 1588 v1 и v2), PPS,
Температура окружающего воздуха, °C	20 ± 5
Способ защиты человека от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0	класс I
Требования безопасности ГОСТ Р МЭК 60950-1	по классу I
Питание устройства	~220
- однофазная сеть, В	100 - 240
- частота питающей сети, Гц	47 - 63
- потребляемая мощность, В·А, не более	150
Габаритные размеры, мм	400×407×156
Масса, кг, не более	7

## РЕТОМЕТР-М2

Вольтамперфазометр РЕТОМЕТР-М2 (далее – прибор) является развитием семейства приборов, которые исторически именуются в российской электроэнергетике, как "ВФ" (аббревиатура слов Вольт, Ампер, Фаза).

Устройство РЕТОМЕТР-М2 это автономный малогабаритный трехфазный цифровой прибор для измерений параметров электрических цепей с рабочей частотой 50 Гц в полевых и лабораторных условиях. Прибор питается от одного литий-ионного (Li-ion) аккумулятора.

Отличительной особенностью прибора является программа цифровой обработки сигнала, которая обеспечивает правильное и высокоточное измерение всех параметров. Прибор имеет высокую точность измерения частоты. Угол фазового сдвига измеряется на основной гармонике и на точность не влияет величина искажения сигнала. Напряжение и ток измеряются, как среднеквадратическим методом (TRUE RMS), так и с фильтром, подавляющим во входном сигнале все гармоники кроме основной частоты.

Устройство выполняет измерение и вычисление:

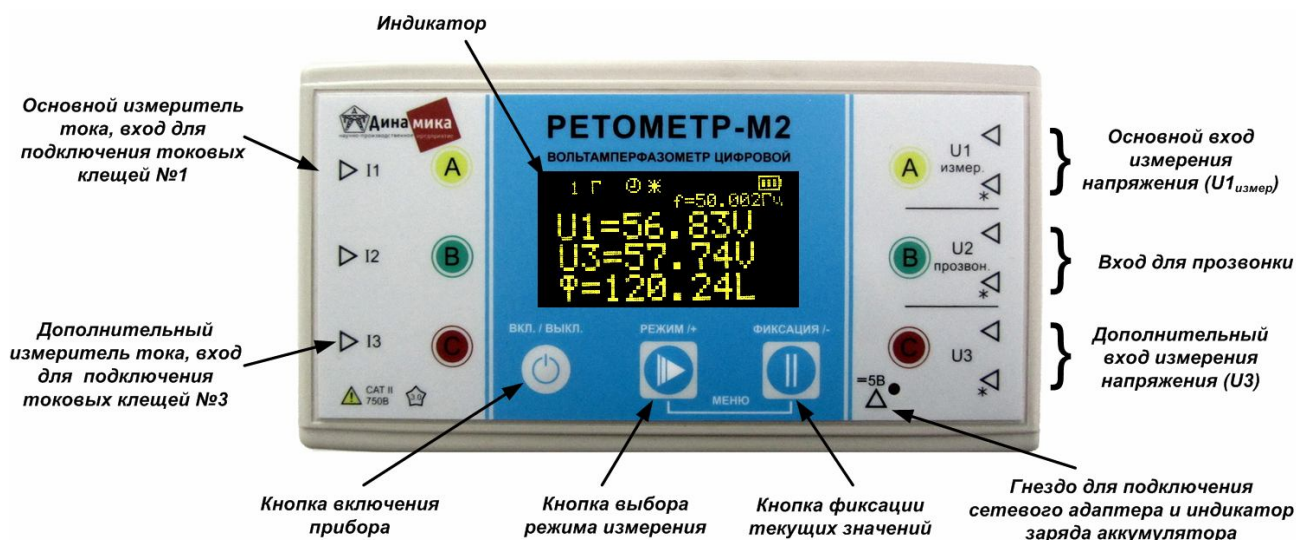
- однофазной и трехфазной векторной диаграммы напряжения и тока;
- прямой, обратной и нулевой составляющих трехфазного тока и напряжения;
- полной, активной и реактивной мощности, а так же, к.п.д. -  $\cos\varphi$  и потери –  $\lg\varphi$ ;
- полного, активного и реактивного сопротивления;
- постоянного напряжения (используется средневывпрямленный метод – DC).

Кроме того, прибор обладает следующими достоинствами:

- высокая чувствительность, расчет всех параметров начинается с момента реального измерения тока и напряжения;
- для работы в сетях 660 В увеличено измеряемое напряжение до 750 В;
- максимальное измеряемое значение силы переменного тока увеличено до 40 А;

- функция HOLD – позволяет зафиксировать на экране все параметры;
- имеется возможность использование опционных токовых клещей (РЕТ-ДТ);
- простой способ определения полярности обмоток у трансформаторов тока и напряжения;
- безопасная проверка целостности соединений - режим "прозвонка" не включается при наличии внешнего напряжения;
- хорошо видимый графический индикатор;
- аккумулятор, который обеспечивает быстрый заряд и отсутствие эффекта памяти;
- автоматическое выключение продлевает жизнь аккумулятора;
- фиксация прибора на любой стальной стенке при помощи встроенных в чехол магнитов;
- малогабаритные токовые клещи позволяют выполнить измерение тока в самых труднодоступных местах, например, таких как современные панели микропроцессорных защит.

Внешний вид прибора, назначение органов управления и входов в однофазном режиме приведено на рисунке Г.8. Назначение входов в трехфазном режиме приведено на рисунке Г.9. Технические параметры приведены в таблице Г.4.



**Рисунок Г.8 Внешний вид и органы управления**

Прибор имеет:

- с левой стороны три 3-х мм гнезда типа «JACK» для подключения токовых клещей из комплекта поставки;
- с правой стороны три пары гнезд измерителя напряжения;
- на нижней стороне установлен разъем подключения сетевого адаптера для заряда и питания при длительной работе;

- на фронтальной части расположен экран и три кнопки управления ВКЛ/ВЫКЛ, РЕЖИМ, ФИКСАЦИЯ.



**Рисунок Г.9 Назначение входов в трехфазном режиме**

Включение и выключение прибора осуществляется кнопкой ВКЛ/ВЫКЛ.

Кнопка РЕЖИМ позволяет выполнить переход к следующему параметру в рамках выбранного режима или пунктов меню. Переход идет по кругу.

Кнопка ФИКСАЦИЯ позволяет отключить процесс обновления параметров на индикаторе или выбрать параметр в меню.

Для входа в меню надо одновременно нажать на кнопки РЕЖИМ и ФИКСАЦИЯ.

В однофазном режиме, подключение токовых клещей к входу I1 переключает вывод второго параметра с U3 на измерение тока I1. Подключение к входу I3 вторых токовых клещей, приводит к тому, что в место U1 и I1, на экран выводится значение двух токов I1 и I3. Канал I1 становится опорным.

В режиме «РЕТ-ДТ», канал U3 переводится на работу с преобразователем тока РЕТ-ДТ или другие токовые клещи, имеющие на выходе напряжение до 3 В пропорциональное току.

В режиме «Прозвонка», к выходу канала U2 периодически кратковременно подключается генератор тока на 100 мА.

В верхней части экрана отображаются три значка:



– показывает уровень заряда аккумулятора;



– указывает на включенный режим «Автоматического выключения» (10 минут);



– фиксация измеренных параметров.

RMS – измерения проводятся среднеквадратичным методом.

DC – измерения проводятся средневывпрямленным методом.

1Г – измерения проводятся с выделением первой гармоники.

ДТ – индикатор режима «РЕТ-ДТ».

Таблица Г.4

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ	
Наименование параметра	Значение
Количество измерительных каналов	3
Диапазон частот измеряемого напряжения переменного тока, Гц	40 - 80
Входное сопротивление, МОм, не менее	1
Род тока	переменный/постоянный
Диапазоны измерений напряжения канала, В	0,010 – 750,0
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения, В	$\pm (0,005x + 0,003)$
ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА	
Количество измерительных каналов	3
Род тока	Переменный
Диапазон измерений силы переменного тока промышленной частоты (используется клещевая приставка из комплекта поставки), А	от 0,04 до 40
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения силы переменного тока, А:	$\pm (0,015x + 0,003)$
ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ	
Диапазон измерений частоты напряжения, Гц	40 – 80
Диапазон напряжения переменного тока, В	0,6 – 750
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения, Гц	$\pm 0,01$
ИЗМЕРЕНИЕ УГЛА СДВИГА ФАЗ	
Диапазон измерений угла сдвига фаз между напряжением и напряжением, током и током, напряжением и током, °	от - 180 до 180 (от 180С до 180L)
Диапазон напряжения переменного тока, В	0,06 – 750
Диапазон силы переменного тока (для клещевой приставки из комплекта поставки), А	0,04 – 40
Пределы допускаемой абсолютной основной приведенной погрешности измерения угла сдвига фаз, градусы:	$\pm 0,5$
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ	
Измерение трехфазной векторной диаграммы напряжения и тока	
Измерение прямой, обратной и нулевой последовательностей трехфазного сигнала	
Расчет однофазной мощности (полная, активная или реактивная)	
Диапазон отображаемых значений, ВА, Вт, Вар, кВА, кВт, кВар	0,001... 999,9
Расчет сопротивления (полное, активное или реактивное с учетом знака)	
Диапазон отображаемых значений, Ом, кОм	0,001... 999,9
Проверка целостности проводника - в режиме «прозвонка»	
Пороговое значение сопротивления в режиме «прозвонка», Ом	$10 \pm 2$
Проверка полярности обмоток измерительных трансформаторов тока и напряжения	
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Диапазон рабочих температур, °С	от - 20 до + 40
Емкость встроенного Li-ion аккумулятора	1800 мА·ч
Масса прибора (без клещевой приставки, без токовой петли, без чехла), кг, не более	0,5
Масса комплекта (с тремя клещевыми приставками из комплекта поставки, сумкой, блоком питания, измерительными щупами и ЗИП), кг, не более	3
Габаритные размеры (без чехла), мм, не более	110 × 195 × 45
Габаритные размеры (в сумке), мм, не более	270 × 173 × 130
Требования безопасности по ГОСТ Р 52319	класс II



## **РЕТОМ - 6000**

Автоматическое устройство РЕТОМ- 6000 предназначено для измерения (испытания) электрической прочности изоляции электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей повышенным испытательным напряжением постоянного и переменного тока промышленной частоты.

Устройство имеет функцию мегомметра для измерения сопротивления изоляции до 2 ГОм.

Устройство позволяет снять вольт-амперные характеристики трансформаторов тока в энергосистемах напряжением 110 – 750 кВ.

Устройство обеспечивает:

- воспроизведение регулируемого однофазного напряжения переменного тока до 6000 В;
- воспроизведение регулируемого напряжения постоянного тока до 6000 В;
- задание определенной скорости подъема и спада напряжения;
- задание времени выдачи высокого напряжения со звуковой сигнализацией по окончании счета;
- измерение, выдаваемого на испытуемый объект, напряжения переменного и постоянного тока, тока утечки, сопротивления изоляции;
- приостановление процесса проверки при превышении тока утечки заранее заданной величины (пробой);
- фиксацию на индикаторах значений напряжения, тока, сопротивления и времени пробоя.

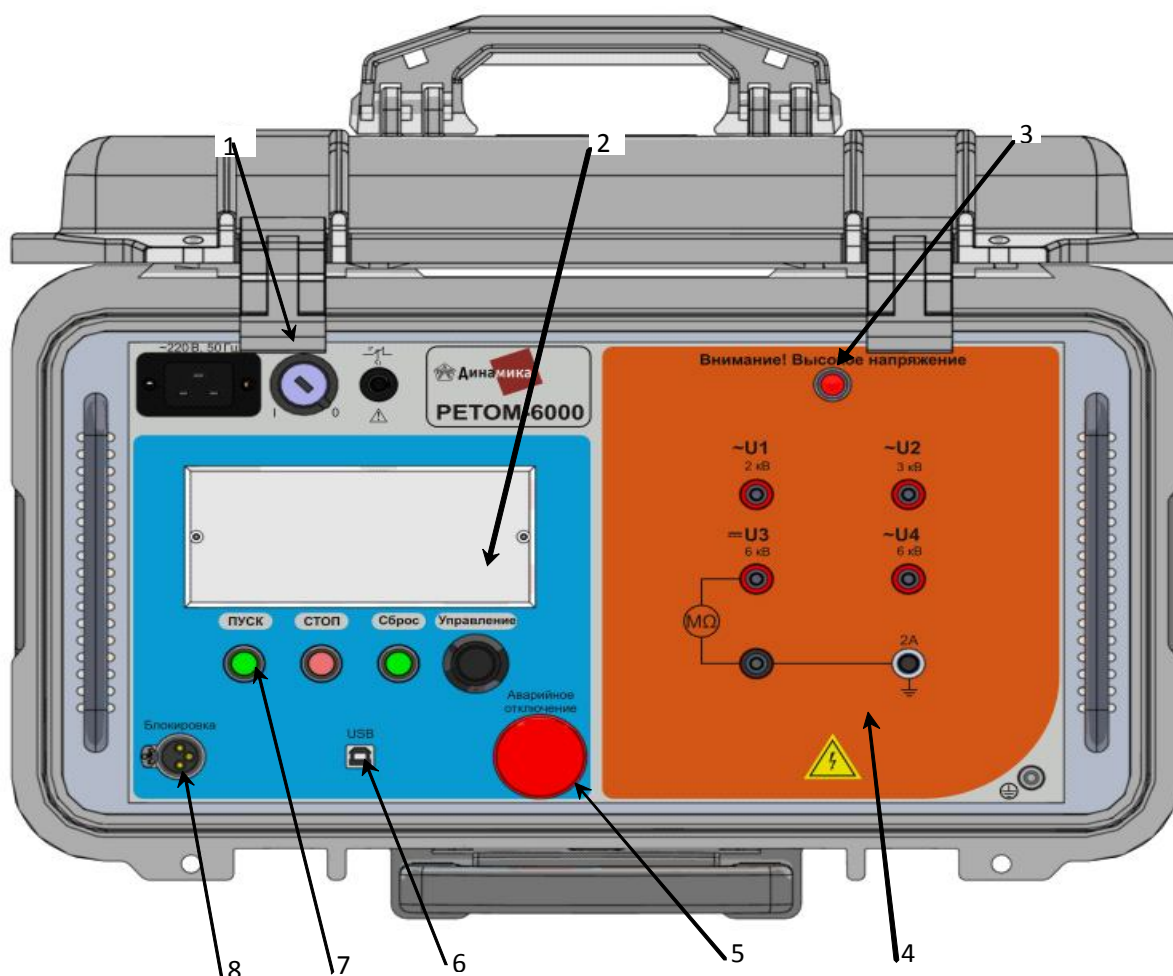
Технические параметры приведены в Таблице Г.5.

Конструкция.

РЕТОМ-6000 выполнен в пластиковом ударопрочном корпусе, по бокам и на крышке которого находятся ручки с противоскользящим покрытием. Корпус оснащен дополнительной выдвижной ручкой и двумя краевыми роликами для перемещения. Также на корпусе имеется автоматический клапан выравнивания давления для использования его при авиаперевозках.

Внешний вид лицевой панели устройства с кратким описанием всех функциональных элементов приведен на рисунке Г.10. Рабочее поле устройства состоит из трех функциональных зон, выделенных цветом: рабочая – красная, информационная – синяя, сетевая – серая.

В сетевой зоне расположены элементы связанные с питающей сетью 220 В и «землей». В информационной зоне располагаются органы индикации и управления устройством, а также интерфейсные разъёмы.



**Рис. Г.10 Лицевая панель**

- 1 - сетевой выключатель «Сеть» с замком.
- 2 – индикатор.
- 3 - светодиодный индикатор наличия высокого напряжения.
- 4 – в рабочей зоне располагаются выходы высокого напряжения «~U1 2кВ», «~U2 3кВ», «~U3 6кВ», «~U4 6кВ», гнездо «земля» и выход термореле «2 А».
- 5 - кнопка «Аварийное отключение».
- 6 - Разъём «USB» для связи с ПК.
- 7 - зона управления включает кнопки «Пуск», «Стоп», «Сброс» и энкодер «Управление».
- 8 - Разъём блокировки от внешнего датчика - «Блокировка».

Таблица Г.5

РЕЖИМ «МЕГАОММЕТР»			
Наименование параметра	Значение		
Испытательные напряжения постоянного тока	250 В; 500 В; 1 кВ; 2,5 кВ; 5 кВ		
Диапазоны измерения сопротивления	100 кОм – 2000 МОм		
Разрешающая способность измерения сопротивления:	0,1 кОм		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения сопротивления, %	± 5		
Длительность выдержки воспроизведения высокого напряжения, с	5, 10, 30, 45, 60, 90, 180, 900		
РЕЖИМ «ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ»			
Источник высокого напряжения (выход)	~U2	=U3	~U4
Диапазон плавной регулировки выходного напряжения, кВ	0,1 – 3	0,2 – 6	0,2 – 6
Максимальный выходной ток, А	0,5	0,02	0,1
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения напряжения, %	±2		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения тока, %	±1		
Установка заданных значений силы тока утечки, мА	1, 2, 5, 10, 20,30,40,50, 60,70,80,90, 100, «Прожиг»		
Максимальная выходная мощность, В·А	1500**	120**	600**
Дискретность установки выходного напряжения, кВ, не более	0,01	0,02	0,02
Длительность выдержки воспроизведения высокого напряжения (ручной режим), с	1, 30, 60, 90, 180, 900, длительно		
РЕЖИМ «СНЯТИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ»			
Источник высокого напряжения (выход)	~U1		
Диапазоны плавной регулировки выходного напряжения переменного тока (с частотой питающей сети), кВ	0,03 – 1,0	0,03 – 2,0	
Максимальный выходной ток, А	2	1	
Максимальная выходная мощность, В·А	2000		
Дискретность установки выходного напряжения, кВ, не более	0,01		
Диапазон измерений силы переменного тока, мА	2– 2000		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения напряжения, %	±2		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения тока, %	±1		
ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ			
Температура окружающего воздуха, °С	20 ± 5		
Степень защиты по ГОСТ 14254:			
- оболочки	IP67		
- выходных клемм	IP40		
Способ защиты человека от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0	класс I		
Класс оборудования по ЭМС (в соответствии с ГОСТ Р 51522)	класс А		
Потребляемая мощность, В·А, не более	2200		
Масса устройства, кг, не более	35		
Габаритные размеры устройства, мм, не более:	540 x 460 x 300		

С подробной информацией обо всей выпускаемой предприятием ООО «НПП Динамика» продукцией можно познакомиться на сайте: [www.dynamics.com.ru](http://www.dynamics.com.ru).

### Устройство типа РЕТОМ-11М

Устройство РЕТОМ-11М предназначено для:

- выдачи регулируемого однофазного переменного тока или напряжения сетевой частоты, а также постоянного напряжения или тока;
- измерения формируемых токов и напряжений, а также внешних напряжений с помощью двух встроенных цифровых мультиметров;
- измерения временных характеристик реле и коммутационных аппаратов с помощью встроенного цифрового секундомера.

РЕТОМ-11М дает возможность проводить проверку и настройку параметров и основных характеристик практически всех типов простых реле (тока, напряжения, времени, указательных, промежуточных), блок-реле, комплектов, панелей и шкафов защит, блоков питания, широкой номенклатуры низковольтных аппаратов управления (реле управления, контакторы и электромагнитные пускатели до 200 А) и другого электрооборудования в схемах релейной защиты и автоматики, в том числе:

- тока и напряжения срабатывания и возврата;
- времени срабатывания и возврата реле, разновременности переключения контактов, длительности замкнутого состояния контактов (на замыкающих и размыкающих контактах).

Таблица Г.6 Технические данные РЕТОМ-11М

Источник 1. ВЫХОД «=U1». Регулируемое напряжение постоянного тока			
Положение переключателя	4 А		1,5 А
Диапазоны регулирования тока, А	0-8		0-3
Диапазоны регулирования напряжения, В	0,2-35		2,4-300
Выходная мощность номинальная, Вт, не менее:	140		300
Источник 1. ВЫХОД «~U2». Регулируемое напряжение переменного тока			
Положение переключателя	4 А		1,5 А
Диапазоны регулирования тока, А	0-8		0-3
Диапазоны регулирования выходного напряжения, В	0,18-25		1,6-220
Выходная мощность номинальная, В·А, не менее:	100		300
Источник 2. ВЫХОД «~U3,~I». Регулируемые переменный ток или напряжение			
Положение переключателя	~ 250 В, 8 А	~ 20 А, 100 В	~ 50 А, 40 В
Диапазоны регулирования тока, А	0-16	0-40	0-135
Диапазоны регулирования напряжения, В	3-250	1,2-100	0,5-40
Выходная мощность номинальная, В·А, не менее:	2000	2000	2000

Источник 2. ВЫХОД «=U4». Регулируемое выпрямленное (несглаженное) напряжение					
Положение переключателя			= 250 В, 8 А		
Диапазон регулирования напряжения, В			3-250		
Диапазон регулирования тока, А			0-10		
Номинальная выходная мощность, Вт:			2000		
Источник 2. ВЫХОД «~U5». Регулируемый переменный ток					
Положение переключателя			~ 200 А, 10 В		
Диапазон регулирования тока, А			0-400		
Диапазон регулирования напряжения, В			0-10		
Выходная мощность номинальная, В·А, не менее:			2000		
Источник 2. ВЫХОД «~U6». Регулируемое напряжение переменного тока (ВЫХОД ЛАТР2)					
Диапазон регулирования выходного напряжения, В			3-250		
Номинальный выходной ток, А			6		
Выходная мощность номинальная, В·А, не менее:			2000		
Ограничение времени выдачи выходного сигнала			20 мс – 9999 с		
ВСТРОЕННЫЙ ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР					
Род тока			≡		
Пределы измерений напряжения, В			2,5; 25; 250; 500		
Пределы измерений тока, А			0,25; 2,5; 10; 50; 300		
ВСТРОЕННЫЙ ЦИФРОВОЙ СЕКУНДОМЕР					
Пределы измерений		999,9 мс	99,99 с	999,9 с	9999 с
Разрешающая способность		0,1 мс	0,01 с	0,1 с	1 с
Дискретные входы		контакт с потенциалом до + 400 В, «сухой контакт», потенциальный выход ИМС			
ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ					
Масса устройства, кг, не более			34		
Габаритные размеры устройства, мм, не более			455×375×200		

РЕТОМ-11М выполнен в виде чемодана со съемной крышкой. Рабочее положение прибора – горизонтальное или вертикальное.

В дополнение к РЕТОМ-11М выпускаются:

- трехфазный измерительно-трансформаторный блок РЕТ-ВАХ, который предназначен для снятия вольт-амперных характеристик и измерения коэффициентов трансформации трансформаторов тока и напряжения, а также для расширения диапазона выдаваемого РЕТОМ-11М напряжения до 1000 В;

- однофазный нагрузочный тороидальный трансформатор РЕТ-3000, применение которого вместе с РЕТОМ-11М позволяет получать на выходе ток до 3500 А для проверки первичным током выключателей, трансформаторов тока и реле прямого действия.

## 2. Устройства типа У5053 и «Уран»

Описание для краткости дается совместно обоих типов устройств, благодаря схожести их конструктивного исполнения и функциональных схем. Наименование блоков и элементов схем дается для более современного устройства типа «Уран», а соответствующие наименования для устройств У5053 приводятся в скобках.

Устройства (установки) в полном объеме состоят из трех блоков, блока регулировочного (К513), нагрузочного (К514) и блока трехфазного напряжения (К515). Первые два блока предназначены для проверки простых устройств защиты, т.е. устройств, в которых используются измерительные органы с одной входной величиной (током или напряжением). Комплект из двух блоков называется «Уран-1» (У5052). При добавлении третьего блока устройство в целом становится способным проверять сложные защиты, т.е. защиты, в которых используются измерительные органы с двумя входными величинами (током и напряжением). Комплект из трех блоков называется «Уран-2» (У5053).

1.1. В состав регулировочного блока входят следующие основные элементы:

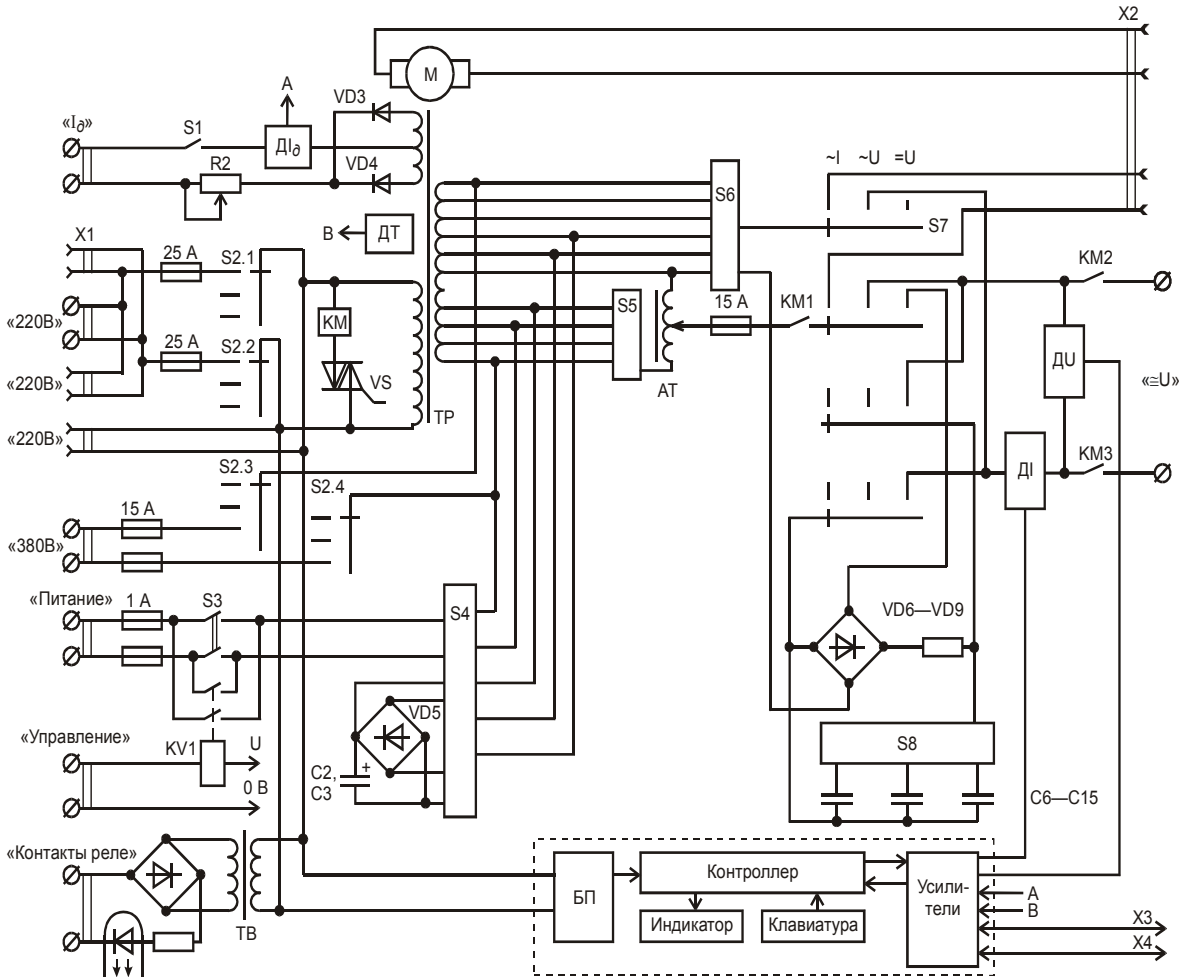
а) узел плавно-ступенчатого регулирования тока и напряжения, включающий в себя трансформаторы ТР и АТ (Т1, Т2) с переключателями S5, S6 (S9) пределов грубой и плавной регулировки выходных напряжений и токов, магнитный пускатель КМ (К1), коммутирующий выходные цепи; трансформатор вспомогательного питания ТВ (доп. обмотка Т2) для подключения контактов проверяемого реле к сигнальному светодиоду (и к цепям секундомера); выпрямительный мост VD6-VD9 (VD7-VD10) и блок конденсаторов с переключателем емкости фильтра для формирования постоянного (выпрямленного со сглаживанием) напряжения; узел формирования тока  $I_0$ , необходимого для проверки токовых обмоток промежуточных реле; переключатель «Режим работы» S7 (S7); переключатель питания блока напряжением 220 или 380 В;

б) измерительная схема, включающая в себя в устройстве «Уран» датчики напряжения на 500 В, выходного тока на 10 А, тока в цепи  $I_0$  на 5 А и температуры для включения вентилятора охлаждения, а также схему усиления аналоговых сигналов, поступающих с датчиков; в устройстве У5053 измерительная схема включает в себя стрелочный ампервольтметр с переключателем пределов, стрелочный электросекундомер с переключателем вида контактов и схему для подключения внешнего миллисекундомера.

В отличие от устройства У5053 регулировочный блок устройства «Уран» дополнен схемой управления, состоящей из контроллера, жидкокристаллического индикатора, клавиатуры и блока питания измерительной схемы. Такое построение значительно

расширяет измерительные возможности блока по сравнению с соответствующим блоком в У5053.

Функциональная схема регулировочного блока «Уран» приведена на рисунке Г.11. Функциональная схема регулировочного блока К513 приводится в заводских данных и отличается незначительно.



**Рис. Г.11 Функциональная схема регулировочного блока установки «Уран»**

Регулировочный блок обеспечивает регулировку выходных электрических величин в следующих диапазонах (в скобках – данные по У5053):

**Таблица Г.6**

Переменное напряжение, В	0,01...410 (380)
Переменный ток, А	0,001...10 (10)
Постоянное (выпрямленное со сглаживанием) напряжение, В	0,01...240 (240)
Постоянный (выпрямленный со сглаживанием) ток, А	0,001...5 (4,5)
Выпрямленный (без сглаживания) ток, А	0,01...4,5 (4,5)
Переменное или постоянное напряжение питания оперативных цепей (нерегулируемое постоянное), В	110, 220 (210, 220)
Максимальный ток питания оперативных цепей, А	1 (0,65)

Регулировочный блок обеспечивает измерение выходных электрических величин в рабочем диапазоне в полосе частот  $50 \pm 0,5$  Гц с основной приведенной погрешностью  $\pm 1,5$  ( $\pm 2,5$ ) %. Диапазон измерения времени срабатывания и возврата проверяемых устройств от 0,001 до 99,99 с (от 0,1 до 10 с) с точностью, не превышающей 1 % ( $\pm 0,03$  с при измерениях до 3 с и  $\pm 0,05$  с при измерениях до 10 с для устройств У5053).

1.2. В состав нагрузочного блока входят следующие основные элементы:

а) нагрузочный трансформатор ТН (Т3), формирующий выходной ток и имеющий шесть одинаковых обмоток напряжением 22 (12) В с переключателями для ступенчатой регулировки выходного тока S3, S4 (S16, S17); набор резисторов, включаемых в первичную обмотку нагрузочного трансформатора для улучшения формы кривой выходного тока, и переключатель S2 (S21) для выбора подходящего сопротивления из этого набора; переключатель реверса тока – «Ток» S20 (S1); переключатель «Режим работы», S6 (S19) для выбора режима большого тока на низкоомную нагрузку или большого напряжения на высокоомную нагрузку и соответственно переключатель «Диапазон измерения» S5 только в установке «Уран»; переключатель выбора фазы проверяемого устройства «Фаза тока» S7 (S18);

б) измерительная схема, включающая в себя в устройстве «Уран» датчики напряжения на 500 В, выходного тока на 300 А, выходного тока на 10 А и температуры для включения вентилятора охлаждения, а также схему усиления аналоговых сигналов, поступающих с датчиков; все измерения выполняются в регулировочном блоке; в устройстве У5053 измерительная схема включает в себя многопредельный трансформатор тока с максимальным первичным током 50 А; его вторичная обмотка подключается к амперметру в регулировочном блоке.

Функциональная схема нагрузочного блока «Уран» приведена на рисунке Г.12. Функциональная схема аналогичного блока К514 приводится в заводских данных и отличается незначительно.





- снятие вольт-амперных характеристик;
- организацию измерения временных характеристик защиты («Уран-1» позволяет делать это в циклическом режиме с накоплением информации в памяти установки и вычислением средних значений измеряемых величин).

1.3. Состав блока трехфазного напряжения в устройстве «Уран-2» значительно отличается от блока K515 устройства У5053. Тем не менее, основные узлы имеют сходные назначения.

1.3.1. В состав блока K515 входят следующие основные элементы:

а) трехфазный фазорегулятор для регулирования фазы подаваемого напряжения и регулировочные трансформаторы Т5, Т6; коммутационные ключи S27, S29-S31 и реле К3, К5, К8 для имитации аварийных режимов; коммутационный ключ S26 для выбора фаз проверяемого устройства, на которых имитируется аварийный режим; ключ S28 для подключения фазорегулятора к регулировочному блоку или к сети;

б) измерительная схема, включающая фазоизмеритель с переключателем пределов S23, и вольтметр с переключателем пределов S24.

1.3.2. В состав блока трехфазного напряжения в установке «Уран-2» входят следующие элементы:

а) блок питания (БП2), три усилителя мощности с устройством формирования синусоидального сигнала и схемой формирования синхроимпульса (в составе схемы управления), трансформаторы ТР4, ТР5, ТР6, формирующие выходные напряжения;

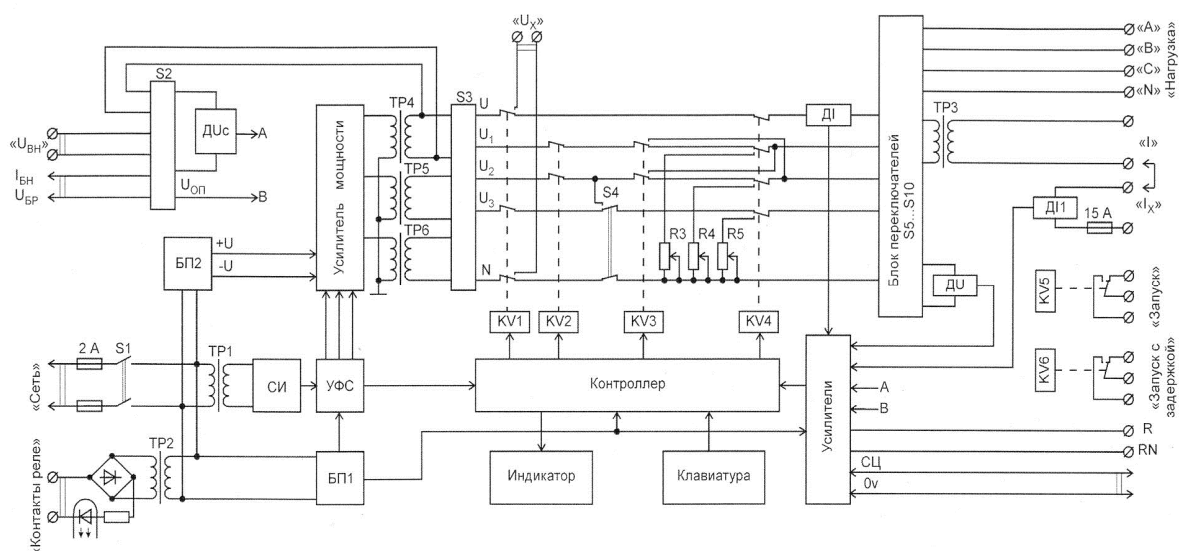
б) узел формирования аварийных режимов, включающий в себя переключатели S3, S4, реле KV1-KV4, управляемые контроллером схемы управления, блок переключателей S5-S10;

в) измерительная схема, включающая в себя датчики внешнего напряжения на 400 В (ДУС), формируемого напряжения на 200 В (ДУ), датчики тока на 5 А (ДИ) и на 25 А (ДИ1), схему усиления аналоговых сигналов, поступающих с датчиков, схему измерения сопротивления;

г) схема управления, включающая в себя контроллер, жидкокристаллический индикатор, клавиатура, блок питания БП1;

д) ряд дополнительных устройств, расширяющих возможности устройства.

Функциональная схема блока трехфазного напряжения «Уран-2» приведена на рисунке Г.13. Функциональная схема блока K515 приводится в заводских данных.



**Рис. Г.13 Функциональная схема блока трехфазного напряжения установки «Уран-2»**

1.3.3. Блок трехфазного напряжения обеспечивает регулировку выходных электрических величин в следующих диапазонах, в скобках, как и выше, данные по У5053:

Таблица Г.8

Трёхфазное напряжение, В фазных	0,02...65
Максимальный выходной ток, А	0,5
Однофазное напряжение, В	0,02...195
Регулируемое междуфазное напряжение, В	(0,1-110)
Нерегулируемое симметричное междуфазное напряжение, В	(110)

Блок обеспечивает измерение выходных электрических величин тока и напряжения в рабочем диапазоне в полосе частот  $50 \pm 0,5$  Гц с основной приведенной погрешностью  $\pm 1,5\%$  ( $\pm 1,5\%$ ), измерение угла сдвига фаз  $\pm 2$  ( $\pm 5-10$ ) эл. градусов.

1.3.4. Установки «Уран-2» и У5053 дополнительно к перечисленным выше функциям обеспечивают:

- проверку работы наиболее распространенных сложных защит путем подачи на них трехфазного напряжения и однофазного тока (напряжения) с возможностью регулировки угла сдвига фаз между ними;
- определение времени срабатывания сложных защит при имитации одно-, двух- и трехфазных коротких замыканий;
- регулировку частоты формируемого сигнала (только «Уран-2»);

– измерение внешнего напряжения, внешнего тока, угла сдвига фаз между двумя внешними напряжениями и между внешним током и внешним напряжением (только «Уран-2»).

В процессе работы установки «Уран-2» обеспечивается автоматический контроль работоспособности, контроль за предельно допустимыми значениями формируемых величин и температурой силовых узлов.

**Примеры программ и записей**  
**Д.1 Пример типовой программы переключений**

Главный диспетчер  
ОДУ Юга

\_\_\_\_\_ 2010 г.

**ТИПОВАЯ ПРОГРАММА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ № 1**  
вывода из работы для технического обслуживания / оперативного вывода  
НДЗ (ПДЭ-2003)  
ВЛ 500 кВ «Ростовская АЭС – Буденновск»

**1. Диспетчерские наименования объектов электроэнергетики. Цель переключений:**

ПС 500 кВ Буденновск, Ростовская АЭС.

Оперативный вывод из работы или вывод из работы для проведения ТО НДЗ (ПДЭ-2003)

ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.

**2. Условия выполнения переключений:**

2.1. ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск в работе, выведена в ремонт или в резерве.

2.2. На ПС 500 кВ Буденновск:

введены резервные защиты (ПДЭ-2001осн, ПДЭ-2002осн и/или ПДЭ-2001доп, ПДЭ-2002доп) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.

При отсутствии резервных защит ВЛ 500кВ Ростовская АЭС – Буденновск, до выполнения работ по программе, необходимо выполнить операции в соответствии с инструкциями по обслуживанию комплексов и устройств РЗА.

2.3 На Ростовской АЭС:

введены в работу ПДЭ-2001осн. и ПДЭ-2002осн. ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.

При отсутствии резервных защит ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск, до выполнения работ по программе, необходимо выполнить операции в соответствии с инструкциями по обслуживанию комплексов и устройств РЗА.

2.3. При оперативном выводе выполняются операции по пунктам 3.1, 3.2,3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.9, 3.11.

2.4. При выводе для технического обслуживания на ПС 500 кВ Буденновск, Ростовской АЭС выполняются операции по пунктам 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5,3.6, 3.7, 3.8, 3.10, 3.12.

<i>Персонал, выполняющий операцию</i>	<i>Пункт программы</i>	<i>Объект переключений, операция, сообщение</i>	<i>Время отдачи команды</i>	<i>Время выполнения команды</i>
	2.5	Мероприятия по подготовке к выполнению переключений:		
	2.5.1	Организационные		

Ростовская АЭС	2.5.1.1	Подтверждение готовности персонала к производству переключений на Ростовской АЭС. Подтверждение наличия у персонала Ростовской АЭС проверенного бланка (типового бланка) и возможности применения указанных в нём последовательностей переключений по выводу из работы для технического обслуживания/оперативного вывода <b>НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск</b>		
ПС 500кВ Будёновск	2.5.1.2	Подтверждение готовности персонала к производству переключений на ПС 500 кВ Буденновск. Подтверждение наличия у персонала ПС 500 кВ Буденновск проверенного бланка (типового бланка) и возможности применения указанных в нём последовательностей переключений по выводу из работы для технического обслуживания/оперативного вывода <b>НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск</b>		
<b>Персонал, выполняющий операцию</b>	<b>Пункт программы</b>	<b>Объект переключений, операция, сообщение</b>	<b>Время отдачи команды</b>	<b>Время выполнения команды</b>
	2.6	Режимные мероприятия		
	2.6.1	Не требуются.		
	3	Порядок и последовательность выполнения операций:		
<b>При введенном АКА-АКАП ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск (в любом направлении) операции по пунктам 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 не выполняются</b>				
<b>Операции по пунктам 3.1 и 3.2 выполнять одновременно</b>				
ОДУ Юга	3.1	<b>На Ростовской АЭС:</b>		
	3.1.1	Вывести ОАПВ ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Будёновск.		
	3.2	<b>На ПС 500кВ Будёновск:</b>		
	3.2.1	Вывести ОАПВ и УТАПВ ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС - Будёновск		
<b>Операции по пунктам 3.3 и 3.4 выполнять одновременно</b>				
ОДУ Юга	3.3	<b>На Ростовской АЭС:</b>		
	3.3.1	Ввести оперативное ускорение второй зоны ДЗ на ПДЭ-2001осн. ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.		
	3.3.2	Ввести оперативное ускорение второй зоны ДЗ на ПДЭ-2001доп. ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.		
	3.4	<b>На ПС 500кВ Будёновск:</b>		
	3.4.1	Ввести оперативное ускорение второй зоны ДЗ на ПДЭ-2001осн. ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.		
	3.4.2	Ввести оперативное ускорение второй зоны ДЗ на ПДЭ-2001доп. ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.		
<b>Операции по пунктам 3.5 и 3.6 выполнять одновременно</b>				
ОДУ Юга	3.5	<b>На Ростовской АЭС:</b>		
	3.5.1	Отсоединить НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск по цепям оперативного тока.		
	3.6	<b>На ПС 500кВ Будёновск:</b>		
	3.6.1	Действие НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск перевести на “СИГНАЛ”.		
<b>Пункт 3.7. выполняется при выводе для технического обслуживания НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск на Ростовской АЭС</b>				

ОДУ Юга	3.7	<b>На Ростовской АЭС:</b>		
	3.7.1	Отсоединить НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск по цепям оперативного тока.		
	3.7.2	Вывести из работы первую ступень ТЗНП (стороны 500 кВ) МР-507.		
	3.7.3	Отсоединить НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск по цепям переменного тока.		
	3.7.4	Ввести в работу первую ступень ТЗНП (стороны 500 кВ) МР-507.		
	3.7.5	Отсоединить НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск по цепям переменного напряжения.		

<i>Персонал, выполняющий операцию</i>	<i>програм</i>	<i>Объект переключений, операция, сообщение</i>	<i>Время отдачи команды</i>	<i>Время выполнения команды</i>
<b>Пункт 3.8. выполняется при выводе для технического обслуживания НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск на ПС 500 кВ Буденновск</b>				
ОДУ Юга	3.8.	<b>На ПС 500 кВ Будёновск:</b>		
	3.8.1	Отсоединить НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск по цепям оперативного тока.		
	3.8.2	Вывести из работы первую ступень ТЗНП (стороны 500 кВ) МР-507.		
	3.8.3	Вывести из работы третью и четвёртую ступени ТЗНП ПДЭ-2002 доп. ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.		
	3.8.4	Отсоединить НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск по цепям переменного тока.		
	3.8.5	Ввести в работу III и IV ступени ТЗНП ПДЭ-2002 доп. ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.		
	3.8.6	Ввести в работу 1 ступень ТЗНП (стороны 500 кВ) МР-507.		
	3.8.7	Отсоединить НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск по цепям переменного напряжения.		
	3.9	Сообщить оперативному персоналу 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск Ростовской АЭС об оперативном выводе НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ.		
<b>Пункт 3.10. выполняется при выводе для технического обслуживания НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск на Ростовской АЭС</b>				
ОДУ Юга	3.10	Сообщить оперативному персоналу Ростовской АЭС о выводе для технического обслуживания НДЗ(ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС– Буденновск. Организуйте производство работ потехническому обслуживанию НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС– Буденновск, работы закончить к _____ с аварийной готовностью.		
	3.11	Сообщить оперативному персоналу ПС 500 кВ Буденновск об оперативном выводе НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск.		
<b>Пункт 3.12. выполняется при выводе для технического обслуживания НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск на ПС 500 кВ Буденновск</b>				

	3.12	Сообщить оперативному персоналу ПС 500 кВ Буденновск о выводе для технического обслуживания НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС– Буденновск. Организовать производство работ по техническому обслуживанию НДЗ (ПДЭ-2003) ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС– Буденновск, работы закончить к _____ с аварийной готовностью.		
--	------	---	--	--

#### Персонал, участвующий в производстве переключений

№№ п/п	Организация (объект переключений)	Фамилия, инициалы	Должность
1	ОДУ Юга		
2	Ростовская АЭС		
3	ПС 500кВ Будёновск		

## Д.2 ПРИМЕР РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПО ВЫВОДУ В ПРОВЕРКУ (ВВОДУ В РАБОТУ) СЛОЖНОГО УСТРОЙСТВА РЗА

750 кВ Б. Раст

Наименование подстанции

ВЛ-500 кВ Конаковская ГРЭС  
- Б. Раст

Присоединение

ДЗ-503

Устройство РЗА

### Рабочая программа на вывод в проверку и ввод в работу № 35

ДЗ-503 ВЛ-500 кВ Конаковская ГРЭС - Б. Раст, п. № 71

Указывается тип оборудования, № панели

1. Условия проведения проверки: ВЛ-500 кВ Конаковская ГРЭС - Б. Раст в работе
2. При работе по программе используется принципиальная исполнительная схема: альбом схем № 8-16 ЗЕ на 9 листах
3. Подача оперативной заявки

Дата, Время	Наименование отключаемого оборудования	Причина (Н, К1, В, К, О)	Релейные указания	Условия производства работ
----------------	--	--------------------------------	-------------------	-------------------------------



	<i>ДЗ-503 ВЛ-500 кВ Конаковская ГРЭС – Б. Раст</i>		<i>На время ввода-вывода токовых цепей отключить 3 и 4 ступени ТЗНП ВЛ-500 кВ Конаковская ГРЭС – Б. Раст</i>	<i>ВЛ-500 кВ Конаковская ГРЭС – Б. Раст в работе, в работе остаются ТЗНП и ДФЗ- 504 с ПВЗУ-Е</i>
--	--	--	--	--

4. Проверить оперативный вывод устройства РЗА из работы, выполняемый оперативным персоналом по программе переключений, (включая пункты по вводу оперативного ускорения, если это требуется):

№ п/п	Коммутационное устройство			Выполняемая операция
	Место установки	Обозна чение	Название	
1	<i>п. 71</i>	<i>1Н</i>	<i>1 ступень ДЗ</i>	<i>Перевести в положение «сигн»</i>
2	<i>п. 71</i>	<i>4Н</i>	<i>2 ступень ДЗ</i>	<i>Перевести в положение «сигн»</i>
3	<i>п. 71</i>	<i>3Н</i>	<i>3 ступень ДЗ</i>	<i>Перевести в положение «сигн»</i>
4	<i>п. 71</i>	<i>5Н</i>	<i>Автоматическое ускорение 2 ступени ДЗ</i>	<i>Перевести в положение «сигн»</i>
5	<i>п. 71</i>	<i>2Н</i>	<i>1 ст. ДЗ без блокировки при качаниях</i>	<i>Перевести в положение «сигн»</i>

5. Подготовка рабочего места

Операции по отключению цепей (выполняются релейным персоналом)					
№ п/п	Коммутационное устройство			Выполняемая операция	Примечание
	Место установки	Обозначение	Название		
1.	П. 71	<i>Кл. 10</i>	<i>0245</i>	<i>Отключить от панели и заизолировать со стороны кабеля</i>	<i>Выходные цепи</i>
2.		<i>Кл. 13</i>	<i>091</i>		
3.		<i>Кл. 15,16,17</i>	<i>0111</i>		
4.		<i>Кл. 18</i>	<i>07</i>		
5.		<i>Кл. 4</i>	<i>0225</i>		
6.		<i>Кл. 19</i>	<i>0227</i>		
7.		<i>Кл. 39</i>	<i>01</i>		
8.		<i>Кл. 41</i>	<i>051</i>		
9.		<i>Кл. 1</i>	<i>01</i>		
10.		<i>Кл. 21</i>	<i>02</i>		

Операции, выполняемые оперативным персоналом при готовности релейного персонала к выводу токовых цепей проверяемого устройства:

№	Коммутационное устройство	Выполняемая операция
---	---------------------------	----------------------

п/п	Место установки	Обозначение	Название	
1	П. 68	<i>Н9</i>	<i>3 ступень НЗНП</i>	<i>Перевести в положение «сигн»</i>
2		<i>Н13</i>	<i>Автом. ускорение 3 ступени НЗНП</i>	<i>Перевести в положение «сигн»</i>
3		<i>Н10</i>	<i>4 ступень НЗНП</i>	<i>Перевести в положение «сигн»</i>

Операции по отключению цепей (выполняются релейным персоналом)					
1	п. 71	<i>Кл. 69</i>	<i>А 526</i>	<i>Поставить перемычку в сторону ТТ и отключить со стороны панели</i>	<i>Токовые цепи</i>
2		<i>Кл. 79</i>	<i>А 527</i>		
3		<i>Кл. 71</i>	<i>В 526</i>	<i>Поставить перемычку в сторону ТТ и отключить со стороны панели</i>	
4		<i>Кл. 80</i>	<i>В 527</i>		
5		<i>Кл. 73</i>	<i>С526</i>	<i>Поставить перемычку в сторону ТТ и отключить со стороны панели</i>	
6		<i>Кл. 82</i>	<i>С 527</i>		
7		<i>Кл. 75</i>	<i>О 522</i>	<i>Поставить перемычку в сторону ТТ и отключить со стороны панели</i>	
8		<i>Кл. 83</i>	<i>О 523</i>		

Операции, выполняемые оперативным персоналом при готовности релейного персонала к вводу токовых цепей проверяемого устройства (после проверки исправности токовых цепей):				
№ п/п	Коммутационное устройство			Выполняемая операция
	Место установки	Обозначение	Название	
1	п. 68	<i>Н9</i>	<i>3 ступень НЗНП</i>	<i>Перевести в положение «откл»</i>
2		<i>Н13</i>	<i>Автом. Ускорение 3 ступени НЗНП</i>	<i>Перевести в положение «откл»</i>
3		<i>Н10</i>	<i>4 ступень НЗНП</i>	<i>Перевести в положение «откл»</i>

Операции по отключению цепей (выполняются релейным персоналом)					
1.	П. 71	<i>Кл. 59</i>	<i>А604</i>	<i>Отключить от панели и заизолировать со стороны кабеля</i>	<i>Цепи напряжения</i>
2.		<i>Кл. 60</i>	<i>В 603</i>		
3.		<i>Кл. 61</i>	<i>С604</i>		
4.		<i>Кл. 62</i>	<i>О 604</i>		
5.		<i>Кл. 63</i>	<i>Н 604</i>		
6.		<i>кл. 64</i>	<i>И 604</i>		
7.		<i>кл. 65</i>	<i>Ф 604</i>		
8.		<i>Кл. 66</i>	<i>К 603</i>		

Операции по отключению цепей (выполняются релейным персоналом)					
9.		Кл. 24	-0704		Цепи сигнализа- ции
10.		Кл. 48	913		
11.		Кл. 28	+0705		
12.		Кл. 29	705		
13.		Кл. 49	909		
14.		Кл. 31	716		

6. Выполнение работы на устройстве РЗА согласно

СТО 56947007-33.040.20.141-2012 в объеме \_\_\_\_\_ (Н, К1, В, К, О)

7. Ввод в работу ДЗ-503 ВЛ-500 кВ Конаково – Б. Раст после проведения работы:

7.1 Собрать цепи, выведенные на клеммнике шкафа/панели по п. 5, соблюдая обратную последовательность и выполняя операции по выводу и вводу защит, которые могут ложно сработать при операциях с цепями тока (выполняется релейными и оперативным персоналом).

7.2. Проверить отсутствие напряжения на клеммах цепей отключения и связей с другими устройствами в сторону панели (выполняется релейным персоналом).

7.3. Осмотреть панель 71, поднять флажки указательных реле и др. (выполняется релейным персоналом).

Сделать запись в журнале по релейной защите о проделанной работе и возможности ввода в работу ДЗ-503 ВЛ-500 кВ Конаковская ГРЭС – Б. Раст (выполняется релейным персоналом).

7.4. Проверить перевод оперативным персоналом накладок, указанных в п. 4, в положение «откл».

Программу составил:

вед. инженер РЗА

подпись

\_\_\_\_\_  
фамилия, инициалы

Дата \_\_\_\_\_

**Д.3. ПРИМЕР ФОРМЫ ЗАПИСЕЙ В РАБОЧИЙ ЖУРНАЛ РЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ  
ТО КОНТРОЛЯ ОТСОЕДИНЕНИЯ (ПРИСОЕДИНЕНИЯ) ЦЕПЕЙ ПРИ ВЫВОДЕ В  
ПРОВЕРКУ (-) И ВВОДЕ В РАБОТУ (+) УСТРОЙСТВ РЗА**

**ПДЭ ВЛ-110 кВ ПС А – ПС Б**

Назначение отсоединяемых цепей	Обозначение на схеме	№ клеммы	Дата проверки и подпись исполнителя						
Цепи отключения	1	92							
	33	98							
Цепи оперативного напряжения	+ ШУ	51							
	– ШУ	54							
Токовые цепи	N 421	1							
	A 421	3							
	B 421	5							
	C 421	7							
Цепи напряжения	A 710	40							
	B 600	41							
	C 710	42							
	N 710	43							
	H 710	45							
	I 710	46							
Цепи сигнализации	– ШС	124							
		125							
		127							
	+ ШС	134							
Цепи автоматики	0105	60							
	0117	70							
	0107	76							

Начальник СРЗА \_\_\_\_\_

## **ОБЩАЯ МЕТОДИКА ФАЗИРОВКИ ПАНЕЛЕЙ ДИФФАЗНЫХ ЗАЩИТ**

Двусторонние проверки устройств РЗА производятся совместно с аппаратурой ВЧ каналов по следующей методике:

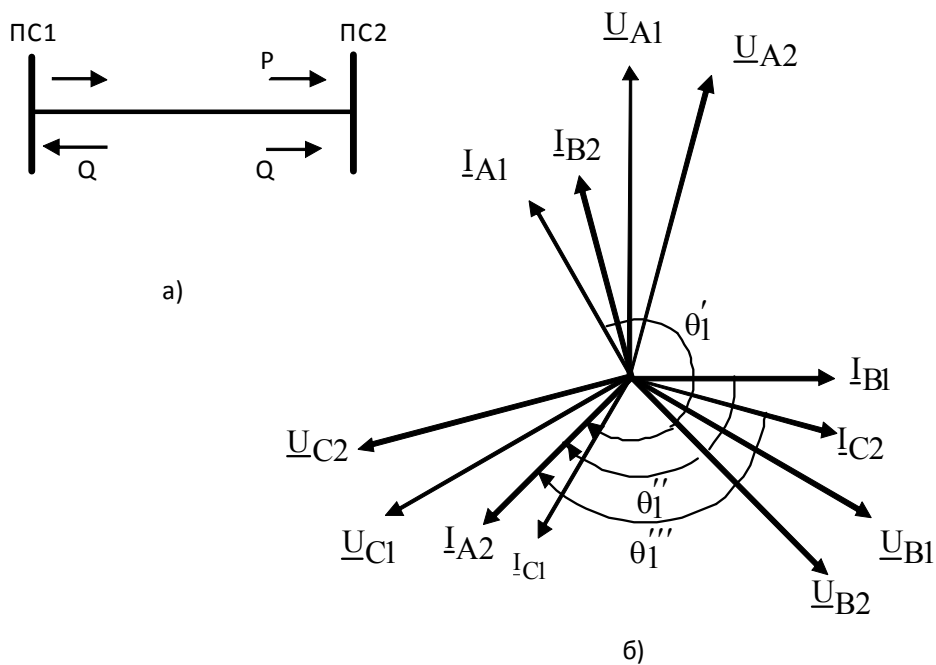
1. Следует проверить правильность совместной работы устройств РЗА, установленных на противоположных концах ВЛ (на многоконцевых ВЛ двусторонние проверки производятся поочередно) и связанных между собой с помощью ВЧ аппаратуры, например, высокочастотных дифференциально-фазных защит, направленных защит с ВЧ блокировкой, устройств отключения противоположного конца ВЛ, устройств ускорения резервных защит, устройств противоаварийной автоматики и т.п. Двусторонняя проверка диффазной защиты выполняется путем снятия фазной характеристики и установкой заданного угла блокировки, проверки фазировки цепей тока и напряжения и правильности подключения органов манипуляции ВЧ передатчиками на противоположных концах ВЛ, обмена ВЧ сигналами для дифференциально-фазных защит ВЛ. Для других устройств РЗА производится проверка правильности прохождения сигналов от передающего к приемному устройству РЗА. Перед этими проверками должна быть полностью проверена аппаратура ВЧ канала.

2. При двухсторонней проверке диффазной защиты снимается фазная характеристика, т.е. зависимость тока в исполнительном реле органа сравнения фаз от угла сдвига между векторами напряжений на выходе органов манипуляции противоположных концов ВЛ. Эту работу возможно производить и при отключенной ВЛ при наличии источников синхронных напряжений на обоих концах ВЛ или после включения ВЛ под напряжение или под нагрузку. Ветви фазной характеристики могут оказаться несимметричными из-за наличия отраженного сигнала от неоднородностей ВЧ канала, мощность которого достаточна для дополнительного запирающего ВЧ приемника. Считается допустимым такое влияние отраженного сигнала, при котором при переключении выхода приемопередатчика с 75 Ом на линию ширина импульса тока на выходе приемника уменьшается (напряжение на выходе приемника увеличивается) не более чем на  $10^\circ$ .

При снятии фазной характеристики нуль отсчета, то есть, совпадение векторов напряжения манипуляции двух концов ВЛ целесообразно брать при совмещении начал «своего» и «чужого» пакетов ВЧ передатчиков за линейным фильтром (в сторону «своего»

передатчика). Только в случае такого подхода к снятию фазной характеристики можно оценить несимметрию ее ветвей.

3. В диффазной защите проверяется правильность фазировки цепей тока. Эта проверка производится на включенной под нагрузку линии (нагрузка должна быть достаточной для полной манипуляции ВЧ сигналов) при запущенных передатчиках на обоих концах ВЛ путем пофазной подачи токов нагрузки в защиту на каждом конце ВЛ и сравнения манипулированных ВЧ сигналов в приемниках обоих полукомплектов защит (рисунок Е.1).



N опыта	Подстанция 1		Подстанция 2
	Контрольные штекеры в токовых цепях	Вид осциллограммы на входе приемопередатчика защиты	Контрольные штекеры в токовых цепях
1			
2			
3			
4			
5			
6			

№ опыта	Подстанция 1		Подстанция 2
	Контрольные штекеры в токовых цепях	Вид осциллограммы на входе приемопередатчика защиты	Контрольные штекеры в токовых цепях
7			
8			
9			

**Рис. Е.1 Проверка правильности фазировки цепей тока по концам ВЛ**

Для правильного проведения фазировки на одном из полукомплектов в фазу А панели подается фаза А токовых цепей. На другом конце в такую же фазу А подаются поочередно фазы А, В и С токовых цепей. Затем на первом полукомплекте в фазу А панели подается фаза В токовых цепей, а на другом конце повторяется поочередная подача фаз А, В и С. Процесс повторяется при подаче в первом полукомплекте фазы С токовых цепей в фазу А панели.

Следует иметь в виду, что для уменьшения мешающего влияния короны на работу дифференциально-фазной защиты ВЛ 330-750 кВ подвод цепей тока к защите осуществляется с циклической перестановкой фаз тока на рядах выводов панели со стороны подходящих кабелей с тем, чтобы комбинированный фильтр органа манипуляции выделял на выходе напряжение той фазы ВЛ, которая подвергнута ВЧ обработке, поэтому для упрощения терминологии при проверках пользуются маркировкой токовых цепей, указанной в заводской документации, т.е. панельной маркировкой, а не маркировкой на жилах кабеля.

Проверку правильности фазировки следует осуществлять с помощью осциллографов, подключаемых на входе ВЧ приемников (за линейными фильтрами), а также по токам



(напряжениям) на выходах приемников и в выходных цепях органа сравнения фаз. Фазировка токовых цепей считается выполненной правильно, если при подведении к защитах одноименных фаз тока на экране осциллографов отсутствуют перерывы между ВЧ пакетами передатчиков обоих концов ВЛ, то есть, ВЧ пакеты смещены один относительно другого на  $180^\circ$ , а показания приборов соответствуют заблокированному состоянию защит или между ВЧ пакетами имеются небольшие паузы (фиксируемые осциллографами и приборами), которые обусловлены запаздыванием распространения ВЧ сигнала ( $6^\circ$  на каждые 100 км ВЛ) и сдвигом фаз между токами по концам ВЛ, вызванным емкостными токами. Могут иметь место случаи, когда ВЧ пакеты при подаче токов одноименных фаз совмещены между собой и смещены один относительно другого на углы, близкие к  $180^\circ$ , при подведении к защитах разноименных фаз, например, на ВЛ 750 кВ при нулевых или малых перетоках активной мощности по ВЛ, когда по ВЛ могут протекать чисто емкостные токи, что соответствует направлению токов при внутренних КЗ. При значительных углах между ВЧ пакетами ( $20^\circ$  и более) при подведении одноименных фаз тока этот сдвиг ( $\psi$ ) в град, должен быть оценен по формуле:

$$\Psi = \theta + \alpha, \quad (\text{E.1})$$

где  $\theta$  – угол между токами по концам ВЛ, эл. град;

$\alpha$  – угол, вызванный запаздыванием ВЧ сигнала ( $6^\circ$  на 100 км длины ВЛ), град.

Значение угла  $\theta$  следует определить путем построения векторной диаграммы токов обоих концов ВЛ, получив векторную диаграмму токов противоположного конца ВЛ по телефону. Значение этого угла отсчитывается от вектора тока на рассматриваемом конце ВЛ (в направлении, противоположном вращению часовой стрелки) до вектора тока на противоположном конце ВЛ (рисунок Е.1, б).

В связи с тем, что векторная диаграмма токов на противоположном конце ВЛ снимается относительно собственных напряжений, которые сдвинуты относительно напряжений на рассматриваемом конце на угол  $\delta_n$ , при нанесении вектора тока противоположного конца ВЛ на диаграмму нужно учесть значение этого угла для ВЛ, по которым протекают значительные активные мощности. При построении диаграммы на питающем конце значение угла  $\delta_n$  вычитается, а на приемном – складывается со значением фазы вектора тока, полученным по телефону. Значение угла ( $\delta_n$ ), в градусах, если можно пренебречь емкостными токами, может быть подсчитано по формуле

$$\delta_n = \arcsin \frac{PX_{л}}{U_1 U_2}, \quad (\text{E.2})$$

где  $P$  – активная мощность на рассматриваемом конце ВЛ, МВт;

$X_L$  – индуктивное сопротивление ВЛ, Ом;

$U_1, U_2$  – напряжения на концах ВЛ, кВ.

Эта формула справедлива, если нет параллельных связей.

Значение угла ( $\theta$ ), в градусах, может быть также подсчитано по приближенной формуле

$$\Theta = \arctg \frac{P}{3I^2 \left( X_C - \frac{X_L}{2} \right) + Q} + 180^\circ, \quad (E.3)$$

где  $P$  и  $Q$  – активная и реактивная мощности на рассматриваемом конце ВЛ, МВт, МВар;

$I$  – ток на данном конце ВЛ, кА;

$X_C, X_L$  – емкостное и индуктивное сопротивления ВЛ, Ом.

На рисунке Е.1, в показан примерный вид осциллограммы ВЧ импульсов, соответствующей векторной диаграмме, приведенной на рисунке Е.1, б. Сдвиг между ВЧ импульсами ( $\beta$ ), в градусах, определенный по осциллограмме, должен соответствовать расчетным, определяемым по одной из формул

$$\beta = Q_1 + \alpha - \gamma_{пр} - \text{для опыта 1}, \quad (E.4)$$

где  $\gamma_{пр}$  – ширина ВЧ импульса передатчика противоположного конца ВЛ, град;

$$\beta = \Omega_c - \theta_1'' - \alpha - \text{для опыта 2}, \quad (E.5)$$

где  $\Omega_c$  – ширина паузы ВЧ сигнала собственного передатчика, град.

В остальных опытах значения углов  $\beta$  определяется по одной из вышеприведенных формул при подстановке соответствующих углов  $\theta_1'$ . Аналогичные опыты выполняются и на подстанции 2, при этом углы определяются по соответствующим углам  $\theta_2$ .

4. Проверку правильности фазировки цепей напряжения можно произвести аналогично путем подачи на один из концов ВЛ одной фазы напряжения, а на другой конец ВЛ – поочередно напряжений трех фаз. Фазировка цепей напряжения считается правильной, если при подведении к защитах одноименных фаз напряжения ВЧ импульсы передатчиков совпадают или сдвинуты на угол, обусловленный запаздыванием ВЧ сигнала противоположного конца (угол  $\alpha$ ), углом нагрузки  $\delta_n$  и разностью ширины импульсов ВЧ передатчика.

5. Для проверки правильности включения устройств компенсации емкостных токов следует произвести совместную проверку при подаче одновременно и цепей тока, и цепей напряжения. На обоих концах ВЛ к защитах одновременно подводится трехфазная система токов и напряжений с прямым, с обратным чередованиями фаз, а затем с поочередным исключением одноименных фаз тока и напряжения (поочередно для всех трех фаз). При

этом пакеты ВЧ импульсов должны быть смещены один относительно другого на угол, близкий к  $180^\circ$ , или по крайней мере, пауза между ВЧ импульсами должна быть меньше, чем при подведении к защитах одноименных фаз токов (последнее условие может иногда не выполняться для приемного конца длинной сильно нагруженной ВЛ сверхвысокого напряжения).

6. Производится обмен ВЧ сигналами между комплектами дифференциально-фазной и направленных высокочастотных защит. Для этого сначала поочередно, а потом одновременно запускаются передатчики на концах ВЛ. Для ВЧ каналов защит, оборудованных автоматическим контролем ВЧ канала, обмен ВЧ сигналами производится с помощью этих устройств.

В дифференциально-фазных защитах при запуске передатчика только с одной стороны при достаточной нагрузке ток на выходе приемника уменьшается примерно наполовину в обоих приемниках (появляется напряжение на выходе приемников АВЗК-80 при работе с полупроводниковыми защитами со значением, равным примерно половине максимального значения), что соответствует манипулированному ВЧ сигналу при односторонне запущенном передатчике, а при одновременном запуске обоих передатчиков ток приема падает до нуля (напряжение на выходе приемника АВЗК-80 при работе с полупроводниковыми защитами достигает максимального значения), что соответствует заблокированному состоянию защиты.

В направленных ВЧ защитах состояние защиты должно соответствовать заблокированному состоянию при хотя бы одном запущенном передатчике.

После окончания двусторонних проверок устройства РЗА могут вводиться в работу в соответствии с пунктами 5.6 настоящей Инструкции.

Подробные сведения по проверке и наладке диффазных защит приведены в отдельных нормативных документах по диффазным защитах.

## **Итоговая комплексная проверка устройств (комплексов) РЗА.**

### **Общие положения и рекомендации.\***

1. Итоговая комплексная проверка устройств (комплексов) РЗА (ИКП) включает определенную совокупность специальных испытаний и может являться объективным критерием дополнительной проверки исправности вводимых (введенных) в эксплуатацию на подстанциях устройств (комплексов) РЗА.

2. ИКП обязательно должна включать в себя имитацию не только внешних и внутренних повреждений на объекте, но и более сложных аварийных режимов, в которых должно быть обеспечено правильное функционирование МП РЗА, в том числе при:

- успешных и неуспешных АПВ и ОАПВ;
- возникновении КЗ в цикле ОАПВ;
- отказе выключателя при КЗ и работе УРОВ;
- получении различного вида ВЧ-команд с противоположного конца ВЛ;
- опробовании линии на КЗ и другие режимы.

3. В основные этапы ИКП входит:

- Анализ полноты протоколов наладочных испытаний по объемам проверки и их правильности, включая файлы параметрирования и конфигурирования отдельных МП РЗА.
- Определение эквивалентных параметров схем моделирования повреждений.
- Определение на основе анализа проекта РЗА объекта объема испытаний ИКП (места и виды повреждений, в том числе с учетом отказов выключателей, ускорения отключения и т.п.).
- Разработка на основе определенной базовой программы отдельных тестовых программ для реализации объема испытаний ИКП.
- Разработка и согласование в установленном порядке программ проведения ИКП.
- Подготовка (обучение, инструктаж) оперативного и технического персонала, задействованного в проведении ИКП.
- Проведение ИКП устройств (комплексов) РЗА.
- При выявлении в процессе проведения ИКП случаев неправильной работы устройств РЗА (отказах в работе, ложных и излишних срабатываний) в определенных

тестовых режимах – разработка и внедрение мероприятий по устранению неправильной работы устройств РЗА в выявленных режимах с проведением частичных повторных ИКП.

- Оформление результатов проведения ИКП (в виде протоколов и технических отчетов).

4. ИКП устройств (комплексов) РЗА рекомендуется для применения на ответственных подстанциях нового поколения либо при необходимости выяснения и устранения причин сложных не выясненных и повторяющихся случаев неправильной работы устройств РЗА.

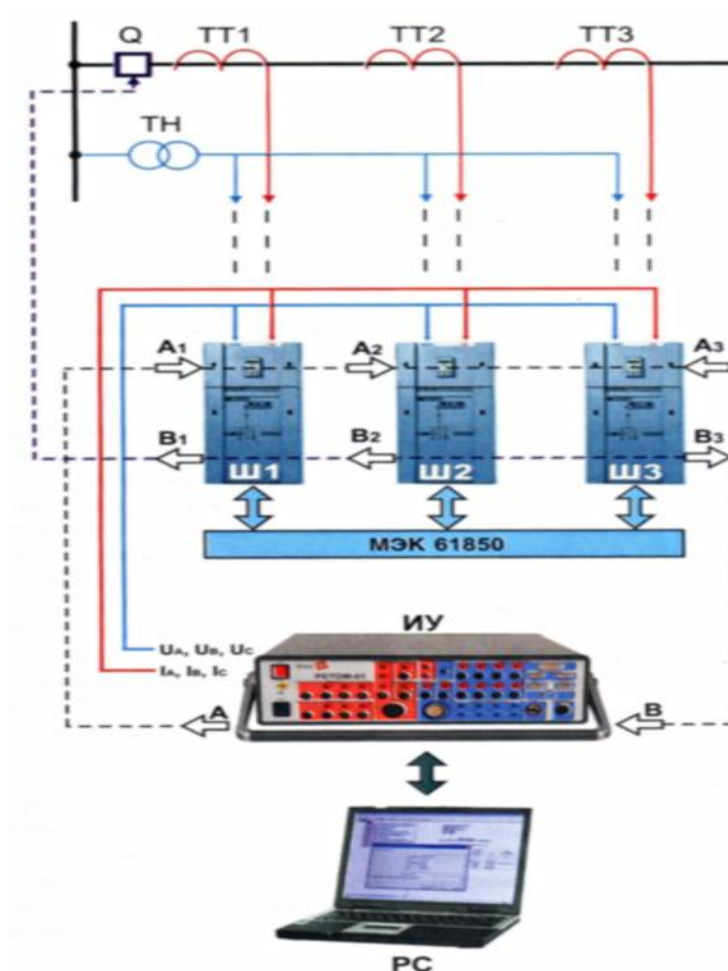
ИКП проводится на подстанциях по решению руководства ОАО «ФСК ЕЭС» или регионального МЭС.

Для выполнения ИКП устройств (комплексов) РЗА следует привлекать специализированные организации, аттестованные на право проведения испытаний МП РЗА, владеющие специальными методиками проведения ИКП, необходимыми устройствами и программным обеспечением.

ИКП проводится совместно с выделенными эксплуатирующей организацией специалистами – кураторами. ИКП выполняется по специально разработанной программе с соблюдением всех необходимых организационных мероприятий по проверкам устройств (комплексов) РЗА.

5. Основная методика проведения ИКП может быть основана на принципе «черного ящика», при котором - на входах устройств МП РЗА создаются сигналы, соответствующие различным повреждениям в энергосистеме и контролируется правильность генерируемых комплексом команд и сообщений. При этом, возможные ошибки, связанные с последующим переходом по окончании испытаний от режима проверки к рабочему режиму, минимизируются тем, что этот переход определяется в основном переключениями в цепях переменного тока и выходных сигналов комплекса и не затрагивает операции с микропроцессорными терминалами. Правильность восстановления цепей переменного тока и напряжения проверяется обычным методом контроля «под нагрузкой» и выполняется в соответствии с программой по техническому обслуживанию устройства РЗА.

6. При проведении ИКП обязательно соблюдение организационных мероприятий при проведении работ в устройствах РЗА, указанных в Разделе 5 для предотвращения неправильных действий устройств РЗА, находящихся в эксплуатации на подстанции.



**Рис. И1 Упрощенная структура комплексной проверки МП РЗА объекта**

7. При организации и проведении ИКП должны выполняться следующие общие условия (на примере для комплекса МП РЗА, состоящего из 3 комплектных устройств - шкафов РЗА Ш1, Ш2, Ш3, структура которого приведена на рисунке И1):

- Конфигурация, параметры и уставки проверяемого МП РЗА полностью соответствуют рабочему состоянию отдельных терминалов и всего комплекса МП РЗА объекта, предусмотренному проектом.

- Входные цепи переменного тока и напряжения отсоединены от измерительных трансформаторов и подсоединены к входам испытательного устройства (ИУ), генерирующего трехфазные системы токов и напряжений, заданное количество выходных сигналов А, подводимых в данном случае к шкафам Ш1, Ш2, Ш3 (А1, А2, А3) и контролирующего заданное количество выходных сигналов МП РЗА (В), определяемых выходными сигналами В1, В2, В3 отдельных шкафов комплекса.

- Схемы подключения входных сигналов варьируются в зависимости от конкретных условий. Испытательное устройство ИУ может генерировать и контролировать команды и

сообщения в формате протокола МЭК 61850 (для МП РЗА, выполненных с учетом требований МЭК 61850).

- Программно-управляемое от персонального компьютера РС (ПК) испытательное устройство (ИУ) генерирует сигналы переменного тока и напряжения, соответствующие различным видам КЗ внутри и вне защищаемого объекта (определяется специальной программой) и синхронно с необходимыми сдвигами по времени генерирует дискретные сигналы А, соответствующие действию (командам) от РЗА других объектов, если они в данном случае предусмотрены и обусловлены принципом действия комплекса МП РЗА. Одновременно контролируются и выходные сигналы комплекса В (В1, В2, В3), подаваемые от комплекса на вход устройства.

- При проверке и испытаниях МП РЗА применяются программно-управляемые испытательные устройства, содержащие приставки с размножителями входных и выходных сигналов, выпускаемые в России (РЕТОМ – см. Приложение Г) или за рубежом (Omicron, Doble Engineering и др.).

- При проверках и испытаниях применяются специализированные тестовые модели и сигналы.

8. Принципиальным моментом при использовании тестовых программ расчета КЗ и других возможных нарушений в работе электрической сети является то, что модели для расчета должны быть максимально простыми, по возможности стандартизированными и служить только для проверки правильности реализации проекта комплекса РЗА и прежде всего выполнения программируемых логическо-функциональных связей и других видов соединений и обмена сигналами, полноценный общий анализ которых на основе рассмотрения только технической документации и результатов проведения наладочных работ не всегда возможен.

В простейших случаях, например, для МП РЗА с многоступенчатой дистанционной защитой ВЛ, достаточно имитировать различные КЗ в зонах и вне зон действия с учетом режимов АПВ, ОАПВ, УРОВ и др. При этом, обеспечивается скачок полного сопротивления  $Z$  от нормального режима  $Z_N$  к сопротивлению  $Z_K$ .

Оптимальным вариантом может являться простейшая модель ВЛ с эквивалентными сопротивлениями, соответствующими параметрам энергосистемы, или простейшая модель для проверки защит трансформатора при внутренних и внешних КЗ. Для упрощения достаточно иметь только статические расчеты доаварийных, аварийных и послеаварийных величин, т.е. можно использовать скачкообразно изменяющиеся синусоидальные сигналы.

9. Базовая тестовая программа (например, по аналогии программы «СКАТ-РЗА» производства НПП «Селект»), входящая в программное обеспечение испытательного устройства (ИУ) должна обеспечивать возможность программирования каждого испытания как последовательности (совокупности) единичных тестов, характеризующихся заданными на определенный промежуток времени комбинациями входных сигналов переменного тока и напряжения ( $U_A...U_C, I_A...I_C$ ) и дискретных сигналов  $A$  - рисунок И 1. При этом сигналы переменного тока и напряжения генерируются программой моделирования повреждений в упрощенной эквивалентной схеме замещения, которая является частью базовой тестовой программы. Сигналы  $A$  моделируют необходимые при проверке команды от других МП РЗА. В результате испытательное устройство ИУ генерирует во времени при каждом проверяемом повреждении последовательность единичных тестов, соответствующих протеканию заданного в ИКП режима повреждения.

Смена единичных тестов зависит и от команд  $B$  (логических сигналов), генерируемых проверяемым комплексом МП РЗА и подводимых к испытательному устройству ИУ (например, переход к единичному тесту бестокового режима после команды отключения выключателя).

Одновременно при программировании тестов задаются с помощью базовой программы для каждого единичного теста ожидаемые комбинации выходных сигналов МП РЗА ( $B_{\text{зад}}$ ), которые должны возникнуть в определенные диапазоны времени при правильном функционировании защитного комплекса.

В процессе ИКП при каждом тесте, определяющем конкретное повреждение  $K_n$ , испытательное устройство генерирует соответствующие сигналы переменного тока и напряжения и дискретные сигналы  $A$ , подводимые к входам проверяемого комплекса МП РЗА. Одновременно с помощью специальной программы производится сравнение во времени последовательности выходных сигналов  $B$  с заданной последовательностью  $B_{\text{зад}}$ , характеризующей правильное функционирование при данном виде повреждения  $K_n$ . Это позволяет фиксировать в автоматическом режиме в процессе проверки возникающие несоответствия сигналов, характеризующие ошибки, возникшие при проектировании или в процессе наладочных работ.

В ходе проверки проводится запись и протоколирование всех промежуточных результатов (сигналов переменного тока и напряжения), дискретных входных и выходных сигналов МП РЗА, сообщений генерируемых МП РЗА и текущих результатов отдельных тестов, в том числе и единичных. Указанное обеспечивает не только контроль результатов, но и анализ и выявление ошибок на любом этапе ИКП.



#### 10. Особенности ИКП защит абсолютной селективности.

Рассмотренные выше принципы ИКП могут быть распространены на защиты ВЛ абсолютной селективности, в частности дифференциальные защиты, состоящие из двух или нескольких расположенных по концам ВЛ полукомплектов.

В данном случае моделирование КЗ также проводится на основе упрощенной эквивалентной схемы либо для протяженных ВЛ на основе более усложненных схем с учетом емкостной проводимости ВЛ.

Моделирование КЗ производится одновременно в обоих испытательных устройствах, расположенных по концам ВЛ, причем запуск испытательных устройств при тестах синхронизируется по сигналам точного времени от GPS - приемника.

Подготовка устройств (комплексов) РЗА к испытаниям производится по описанной выше общей методике путем переключения цепей переменного тока к входам испытательных устройств. При проведении ИКП путем имитации внешних и внутренних КЗ на ВЛ проверяются функционирование обоих полукомплектов защит по концам ВЛ одновременно с каналами связи, остающимися в рабочем состоянии. Основное отличие испытаний от реальных КЗ в этом случае заключается лишь в других источниках сигналов переменного тока и напряжения, подводимых к МП РЗА.

\* При подготовке настоящего Приложения использованы (по согласованию с НПП «Динамика» и НПП «Селект») основные положения по ИКП, изложенные в [66].

**Перечень рекомендуемой для использования при техническом обслуживании устройств РЗА нормативно-технической, методической документации и литературы**

- [1] Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты и измерения. РД 153-34.0-35.301-2002. — М.: СПО ОРГРЭС, 2003.
- [2] Инструкция по проверке трансформаторов напряжения и их вторичных цепей. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.
- [3] Единые формы протоколов проверки при новом включении устройств релейной защиты и электроавтоматики. Вып. 1-3.-М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
- [4] Единые формы протоколов проверки при новом включении устройств релейной защиты и электроавтоматики. Вып. 4.-М.: СПО Союзтехэнерго, 1986.
- [5] Единые формы протоколов проверки при новом включении устройств релейной защиты и электроавтоматики. Вып. 5.-М.: СПО Союзтехэнерго, 1987.
- [6] Методические указания по техническому обслуживанию терминалов SIPROTEC 4. – М.: Сименс, 2008.
- [7] Методические рекомендации по выполнению технического обслуживания шкафов / панелей РЗА и ПА с МП терминалами ООО «АББ Автоматизация». – Чебоксары: АББ Автоматизация», 2005.
- [8] Руководства по наладке и эксплуатации, техническому обслуживанию и устранению неисправностей (для устройств серии MiCOM) – М.: Альстом-Грид.
- [9] Руководство по эксплуатации терминалов серии UR – GE Multilin, 2007.
- [10] Инструкция по проверке и наладке реле тока и напряжения серий ЭТ, РТ, ЭН, РН. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.
- [11] Методические указания по техническому обслуживанию реле прямого действия. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1990.
- [12] Инструкция по проверке и эксплуатации дифференциальных реле серии ДЗТ. - М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1975.
- [13] Инструкция по наладке и проверке устройств фильтр-реле тока обратной последовательности типов РТ-2 и РТФ-1. - М.-Л.: Энергия, 1965.
- [14] Инструкция по эксплуатации газовой защиты: РД 153-34.0-35.518-2001 - М.: СПО ОРГРЭС, 2001.
- [15] Инструкция по проверке правильности включения реле направления мощности. - М.-Л.: Энергия, 1966.
- [16] Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит типов ПЗ-157 и ПЗ-158.-М.: Госгорэнергоиздат, 1963.
- [17] Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит ПЗ-158 и ПЗ-159.-М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1972.
- [18] Инструкция по наладке и проверке дистанционной защиты типа ПЗ-152.-М.-Л.: Энергия, 1966.
- [19] Инструкция по наладке и проверке релейной части дифференциально-фазной высокочастотной защиты типа ДФЗ-2.-М.-Л.: Энергия, 1966.
- [20] Инструкция по наладке и эксплуатации дистанционной защиты типа ДЗ-400 (ДЗ-500). - М.: Энергия, 1967.
- [21] Кочетков В.В., Сапир Е.Д., Якубсон Г.Г. Наладка и эксплуатация релейной части дифференциально-фазных высокочастотных защит линий 400-500 кВ (ДФЗ-402). - М.: Госэнергоиздат, 1968.
- [22] Инструкция по наладке и эксплуатации приемопередатчиков УПЗ-70. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.
- [23] Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционной защиты ДЗ-

503. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.

[24] Инструкция по наладке и проверке продольной дифференциальной защиты линий ДЗЛ-1. - М.: Энергия, 1972.

[25] Методика наладки высокочастотных каналов защиты с постами типа ПВЗД. - М.: БТИ ОРГРЭС, 1968.

[26] Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит ПЗ-3 и ПЗ-4. - М.: СПО ОРГРЭС, 1976.

[27] Инструкция по наладке и проверке дистанционной защиты типа ПЗ-153. - М.: Энергия, 1964.

[28] Временные руководящие указания по расчету, проверке и настройке высокочастотных заградителей ВЗ-600-0,25; ВЗ-1000-0,6 и ВЗ-2000-1,2. - М.: Энергия, 1967.

[29] Методические указания по наладке и проверке дифференциальной защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23.-М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.

[30] Методические указания по наладке и проверке промежуточных, указательных реле и реле импульсной сигнализации. - М.: СПО ОРГРЭС, 1995 г.

[31] Методические указания по наладке и эксплуатации дифференциально-фазной защиты ДФЗ-503.-М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.

[32] Методические указания по наладке и эксплуатации дифференциально-фазных защит ДФЗ-504 и ДФЗ-201: МУ 34-70-002-82. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.

[33] Методические указания по техническому обслуживанию дистанционной защиты ПЗ-5/1, ПЗ-5/2: МУ 34-70-007-82.-М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.

[34] Методические указания по наладке и техническому обслуживанию фильтр-реле РНФ-1М и РНФ-2: МУ 34-70-021-82. М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.

[35] Методические указания по проверке реле времени РВ-100, ЭВ-100, РВ-200, ЭВ-200: МУ 34-70-031-83.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

[36] Методические указания по техническому обслуживанию дифференциальных защит с реле серий РНТ и ДЗТ-10: МУ 34-70-038-83.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

[37] Методические указания по техническому обслуживанию реле максимального тока серий РТ-80, РТ-90: МУ 34-70-036-83. М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

[38] Методические указания по техническому обслуживанию реле мощности обратной последовательности РМОП-2: МУ 34-70-046-83.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

[39] Методические указания по техническому обслуживанию реле направления мощности серии РБМ и ИМБ: МУ 34-70-036-83.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

[40] Методические указания по техническому обслуживанию реле тока нулевой последовательности РТЗ-50: МУ 34-70-056-83.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

[41] Методические указания по техническому обслуживанию дистанционной защиты ПДЭ 2001; МУ 34-70-090-85.М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.

[42] Методические указания по техническому обслуживанию токовой защиты ПДЭ 2002: МУ 34-70-067-84.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1984.

[43] Методические указания по техническому обслуживанию устройства резервирования при отказе выключателей ПДЭ 2005: МУ 34-70-099-85.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.

[44] Методические указания по техническому обслуживанию дифференциальной защиты шин ПДЭ 2006 (ДЗШТ-750, ДЗШТ-751): МУ 34-70-068-84.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.

[45] Методические указания по техническому обслуживанию реле контроля синхронизма РН-55: МУ 34-70-062-84.— М.: СПО Союзтехэнерго, 1984.

[46] Методические указания по техническому обслуживанию блоков питания БП-11, БП-1002, БПЗ-401, БПЗ-402: МУ 34-70-060-84.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.

[47] Методика наладки и проверки реле частоты РЧ-1, РЧ-2: МУ 34-70-003-82.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1983. (Извещение о дополнении № 1. — М.: СПО Союзтехэнерго,

1990).

[48] Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации магнитоэлектрических реле М237/054 и М237/055. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1980.

[49] Инструкция по проверке, наладке и эксплуатации дифференциальной защиты шин с торможением типа ДЗШТ.- М.: СПО ОРГРЭС, 1977.

[50] Инструкция по проверке и наладке высокочастотной блокировки дистанционной и токовой направленной защит нулевой последовательности ЭПЗ-1636-67 воздушных линий 110-220 кВ.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.

[51] Инструкция по наладке и эксплуатации дистанционных защит ПЗ-2/2 и ПЗ-2/1.- М.: СПО ОРГРЭС, 1977.

[52] Методические указания по наладке и эксплуатации автоматических выключателей серии АЗ700 на электростанциях и подстанциях. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.

[53] Методические указания по эксплуатации автоматических выключателей серии АЗ100.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.

[54] Методические указания по наладке и эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АВМ. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.

[55] Методические указания по эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АП50.- М.: СПО ОРГРЭС, 1975.

[56] Методические указания по техническому обслуживанию автоматических выключателей серии "Электрон" с полупроводниковыми расцепителями РМТ-1.- М.: СПО Союзтехэнерго, 1989.

[57] Шкаф дистанционной и токовой защиты линии 110-220 кВ типа ШМЗЛ-ХХ. Руководство по эксплуатации. — Чебоксары: ЧЭАЗ, 2011.

[58] Шкаф дифференциально-фазной защиты линии 110-220 кВ типа ШМДФЗ-ХХ. Руководство по эксплуатации. — Чебоксары: ЧЭАЗ, 2011.

[59] Шкаф защиты трансформатора типа ШМЗТ-Х. Руководство по эксплуатации. — Чебоксары: ЧЭАЗ, 2011.

[60] Шкаф защиты шин типа ШМЗШ-ХХ. Руководство по эксплуатации. — Чебоксары: ЧЭАЗ, 2011.

[61] Шкаф ступенчатых защит и автоматики управления выключателем присоединений 110-220 кВ серии «БРЕСЛЕР ШЛ 2606». Инструкция по монтажу и техническому обслуживанию. - Чебоксары: ИЦ Бреслер, 2006.

[62] Шкаф микропроцессорной дифференциально-фазной защиты линии типа «БРЕСЛЕР ШЛ 2604». Инструкция по монтажу и техническому обслуживанию. - Чебоксары: ИЦ Бреслер, 2006.

[63] Шкаф микропроцессорной защиты трансформатора 110-220 кВ типа «БРЕСЛЕР ШТ 2108. 1ХХ». Инструкция по монтажу и техническому обслуживанию. - Чебоксары: ИЦ Бреслер, 2006.

[64] Шкафы управления, защиты и автоматики типа ШЭ2607 ХХХ. Руководства по эксплуатации. — Чебоксары: НПП «ЭКРА».

[65] Шкафы управления, защиты и автоматики типа ШЭ2710 ХХХ. Руководства по эксплуатации. — Чебоксары: НПП «ЭКРА».

[66] Шнеерсон Э.М., д.т.н. (НПП «Динамика», НПП «Селект») «Проектирование и эксплуатация — ключевые вопросы современной релейной защиты». Журнал «Релейщик», №1 март 2009.

## Библиография

1. СТО 59012820.29.020.002-2012 Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики, потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и организации эксплуатации, ОАО «СО ЕЭС».
2. СТО 59012820.29.020.005-2011 Правила переключения в электроустановках, ОАО «СО ЕЭС».
3. Положение о порядке подачи и проработки диспетчерских заявок на вывод в ремонт ЛЭП, оборудования и устройств для производства ремонтных работ и реконструкции на объектах ОАО «ФСК ЕЭС». Утверждено распоряжением ОАО «ФСК ЕЭС» от 24.05.2012 № 349р.
4. Положение о порядке оформления, подачи, рассмотрения и согласования диспетчерских заявок на изменение технологического режима работы или эксплуатационного состояния объектов диспетчеризации ЦДУ. Утверждено Директором по управлению режимами ЕЭС – главным диспетчером ОАО «СО ЕЭС» С.А. Павлушко 10.07.2012.
5. Требования к разработке и содержанию программ и бланков переключений по выводу из работы и вводу в работу устройств релейной защиты и автоматики. Утверждены Первым заместителем Председателя Правления ОАО «СО ЕЭС» Н.Г. Шульгиновым 15.03.2012.
6. Приказ Минэнерго РФ от 23.07.2012 № 340 «Об утверждении перечня предоставляемой субъектами электроэнергетики информации, форм и порядка ее предоставления» (в части организации взаимодействия между филиалами ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «СО ЕЭС»).
7. СО 34.35.502-05 Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.
8. СТО 56947007-33.040.20.141-2012 Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и сигнализации подстанций 110-750 кВ, ОАО «ФСК ЕЭС».
9. СТО 56947007-29.120.40.102-2011 Методические указания по инженерным расчетам в системах оперативного постоянного тока для предотвращения неправильной работы дискретных входов микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики при замыканиях на землю в цепях оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС, ОАО «ФСК ЕЭС».
10. СТО 56947007-29.240.044-2010 Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства, ОАО «ФСК ЕЭС».
11. РД 153-34.0-35.617-01 Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ (с Изменениями № 1 - 2).

12. РД 153-34.3-35.613-00 Правила технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4 -35 кВ.
13. ПОТ РМ-016-01 (РД 153-34.0-03.150-00) Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с Изменениями и дополнениями).
14. Правила устройства электроустановок (ПУЭ, Издание шестое). Утверждены Приказом Минэнерго СССР от 20.05.1980.
15. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены Приказом Минэнерго России от 19.05.2003 № 229.
16. РД 34.03.204-85 Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями.
17. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. Утверждена Приказом Минэнерго от 30.06.03 № 261.
18. РД 34.35.516-89 Инструкция по учету и оценке работы релейной защиты и автоматики электрической части энергосистем.
19. Сборник распорядительных материалов по эксплуатации энергосистем. Электротехническая часть. Часть 1. - М.: СПО ОРГРЭС, 2002.
20. РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования (с Изменениями и дополнениями).
21. Образцы программ проведения сложных типовых операций с устройствами РЗА – М.: СПО Союзтехэнерго, 1980.
22. СО 153-34.35.678-07 Методические указания по техническому обслуживанию шкафов резервной защиты линий 110-220 кВ и автоматики управления выключателем ШЭ2607 011021, ШЭ2607 016.
23. СО 153-34.35.671-98 Методические указания по техническому обслуживанию шкафов дистанционной и токовой защит ШДЭ 2801, ШДЭ 2802. Часть 1. Служба передового опыта АО «Фирма ОРГРЭС».
24. СО 34.35.662-93 Методические указания по техническому обслуживанию направленной высокочастотной защиты ПДЭ 2802. Служба передового опыта АО «Фирма ОРГРЭС».
25. СТО 56947007-33.040.20.022-2009 Устройства РЗА присоединений 110-220 кВ. Типовые технические требования, ОАО «ФСК ЕЭС».

26. СТО 56947007-29.120.70.031-2009 Методические указания по выбору параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты производства GE Multilin (L60), ОАО «ФСК ЕЭС».
27. СТО 56947007-29.120.70.032-2009 Методические указания по выбору параметров срабатывания дифференциально-фазной и высокочастотной микропроцессорных защит сетей 220 кВ и выше, устройств АПВ сетей 330 кВ и выше производства ООО НПП «ЭКРА», ОАО «ФСК ЕЭС».
28. СТО 56947007-29.120.40.041-2010 Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования (с Изменением от 14.12.2012), ОАО «ФСК ЕЭС».
29. СТО 56947007-29.120.70.042-2010 Требования к шкафам управления и РЗА с микропроцессорными устройствами, ОАО «ФСК ЕЭС».
30. СТО 56947007-29.120.40.093-2011 Руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС. Типовые проектные решения, ОАО «ФСК ЕЭС».
31. СТО 56947007-29.120.70.98-2011 Методические указания по выбору параметров срабатывания устройств РЗА оборудования подстанций производства ООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы», ОАО «ФСК ЕЭС».
32. СТО 56947007-29.120.70.99-2011 Методические указания по выбору параметров срабатывания устройств РЗА подстанционного оборудования производства ООО НПП «ЭКРА», ОАО «ФСК ЕЭС».
33. СТО 56947007-29.120.70.100-2011 Методические указания по выбору параметров срабатывания устройств РЗА подстанционного оборудования производства ЗАО «АРЕВА Передача и Распределение», ОАО «ФСК ЕЭС».
34. МЭК 61850-8-1 (2011) Сети и системы связи на подстанциях. Часть 8-1. Схема распределения особой услуги связи (SCSM). Схема распределения для производственной системы модульной конструкции MMS (ISO 9506-1 и ISO 9506-2) и по ISO/IEC 8802-3 (IEC 61850-8-1 (2011) Communication networks and systems for power utility automation - Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) - Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3).