Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой энергетики
_____ Ю.В.Мясоедов
«____»_____2012 г.

НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности

140203.65 – Релейная защита и автоматизация
электроэнергетических систем

Составитель: А.Г. Ротачева

Благовещенск

2012 г.

АННОТАЦИЯ

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной формы обучения по специальности 140203 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для формирования фундаментальных знаний обо всех разделах энергетики и их взаимосвязях в наладке и эксплуатации релейной защиты и автоматики.

Курс «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики» является одной из важнейших дисциплины по специальности. Дисциплина «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики» занимает важное место в учебном процессе. В этом общеэнергетическом курсе студент получает знания по дисциплинам включающие вопросы целей, задач, структур релейной защиты и автоматики, основные нормативно-технические принципы наладки и эксплуатации релейной защиты и автоматики станций и подстанций.

В данном учебно-методическом комплексе отражены следующие вопросы: соответствие дисциплины «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики» по стандарту; показана рабочая программа дисциплины; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов; предложен краткий конспект лекций по данному курсу; лабораторные работы; методические рекомендации по выполнению домашних занятий; показан перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности студентов; методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины; методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов; комплекты заданий для домашних заданий; фонд тестовых заданий для оценки качества знаний по дисциплине; контрольные вопросы к зачету; карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация 1
1. Рабочая программа 3
2. Краткий конспект лекций 10
3 Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий 149
4. Самостоятельная работа студентов 174
5. Методические указания по применению информационных технологий 180
программные продукты, реально используемых в практике деятельности выпускника 180
7. Материалы по контролю качества образования 181
8. Карта обеспеченности дисциплины профессорско-преподавательского состава 184
Заключение 185

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины является формирование теоретических знаний и овладение организационными и техническими вопросами рациональной эксплуатации и передовыми индустриальными приемами наладки и эксплуатации устройств РЗ и А энергосистем.

Задачи изучения дисциплины является ознакомление с организационными вопросами наладки и эксплуатации, монтажа и пусконаладочных работ, а также изучения практических вопросов наладки и эксплуатации устройств РЗ и А.

Предметом изучения дисциплины являются современные методы организации наладки и эксплуатации устройств РЗ и А энергосистем.

В квалификационной характеристике выпускника одной из задач его профессиональной деятельности является э*ксплуатационная деятельность:*

- поддержание и изменение режимов работы объектов энергетики;
- ведение оперативной технической документации, связанной с эксплуатацией оборудования;
- обеспечение соблюдения всех заданных параметров технологического процесса и качества вырабатываемой продукции;
- проведение профилактических испытаний оборудования.

Для успешного ее ведения студент должен получить знания о современных способах эксплуатации и наладки РЗиА; получить знания, умения и навыки по эксплуатации и наладки РЗиА, организации и выполнению эксплуатации и наладки РЗиА.

1.2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО:

Государственный образовательный стандарт для специальности 140203.65 предусматривает изучение дисциплины «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики» отнесена к факультативной дисциплине специализации – шифр ФДТ.3 .

Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины - Математика: графы, теория алгоритмов, языки и грамматики, автоматы, комбинаторика; модели случайных процессов и величин, проверка гипотез, принцип максимального правдоподобия, статистические методы обработки экспериментальных данных; Информатика: общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации; технические и программные средства реализации информационных процессов; модели решения функциональных и вычислительных задач; компьютерная графика; Электромеханика: типы электрических машин и других электромеханических преобразователей; трансформаторы; автотрансформаторы; режимы работы трансформаторов; принцип, режим работы, конструкции и характеристики синхронных и асинхронных машин и машин постоянного тока; Электроэнергетика.

1.3. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики»: блок дисциплин включает вопросы целей, задач, структур и организации наладки систем и устройств релейной защиты и автоматизации, основные нормативно-технические принципы и документация по системам в целом и конкретном случае. В результате изучения дисциплины в соответствии с квалификационной характеристикой выпускников, студенты должны:

знать:
- систему организации электромонтажных, пусконаладочных работ;
- организационные и технические мероприятия обслуживания устройств РЗ и А;

уметь:
- проверку электрических и временных характеристик устройств РЗ и А;
- регулирование и настройка реле;
- проверку первичным током к.з. от специального выделенного генератора;
- проверку взаимодействия элементов устройств РЗ и А;
- проверку взаимодействия элементов схем управления коммутационными аппаратами;
- уметь определять место повреждения в РЗ и А.

Владеть: монтажными работами на объектах электроэнергетики; наладкой систем и устройств релейной защиты и автоматизации.

1.4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс состоит из лекционной части и лабораторных работ. При самостоятельной работе с литературой и при прохождении производственной практики закрепляются знания на лекциях.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 83 часа.

№ п/п	Модуль дисциплины	Виды учебной работы			Формы текущего контроля
		Лекции (час.)	Лабораторные раб. (час.)	СРС (час.)	
Семестр 9					
1	**Раздел 1** «Общие обязанности оперативного персонала при обслуживании устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей».	8	6	15	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
2	**Раздел *2* «**Проверка схемы соединений устройств РЗА»	14	4	15	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ. Контрольная работа по модулям 1 и 2.
3	***Раздел 3* «**Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов»	6	4	11	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ. Контрольная работа по модулю 3.
		28	14	41	зачет

1.5 . СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

1.5.1 ЛЕКЦИИ

Семестр 9

Раздел 1. «Общие обязанности оперативного персонала при обслуживании устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей»

Тема 1 .Введение. Цель и задачи дисциплины, связь с другими курсами.

Тема 2. Общие обязанности оперативного персонала при обслуживании устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей;

- повседневные обязанности;
- периодические обязанности;

Тема 3. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением;

Тема 4. Организационные и технические мероприятия обслуживания устройств РЗА

- организационные мероприятия,
- технические мероприятия

Раздел *2.* «Проверка схемы соединений устройств РЗА**»**

Тема 5. Проверка состояния изоляции;

Тема 6. Проверка электрических и временных характеристик устройств РЗА;

Тема 7. Регулирование и настройка реле; обслуживание и работа с микропроцессорной базой;

Тема 8. Проверка первичным потоком к.з. от специально выделенного генератора;

Тема 9. Дистанционные защиты:;

- дистанционная защита типа ПЗ-158;
- дистанционная защита линий или панель защиты линий типа ЭПЗ-1636;
- дифференциально-фазные защиты линий.
- **у**стройство КУ-5053:

Раздел *3.* «Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов**»**

Тема 10. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗ и А; проверка взаимодействия элементов схемы управления коммутационными аппаратами;

Тема 11. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме.

Тема 12. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением.

Тема 13. Операции с РЗ и АПВ при производстве переключений в первичной схеме объема.

1.5.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

На лабораторных занятиях закрепляются теоретические знания студентов, полученные на лекциях, а также формируются навыки по выполнению испытаний и анализу полученных результатов. В рамках часов отведенных эти занятия, могут быть выполнены лабораторные работы из следующего перечня:

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (14 часов)		
№.	Наименование лабораторных работ	Кол. часов
1	Ознакомление и изучение установки КУ-5053	2
2	Проверка электрических и временных характеристик устройств РЗА	4
3	Проверка настройки уставок реле типа РТ-40 и РН-50	4

4	Операции с релейной защитой и АПВ при производстве переключений в первичной схеме объекта.	2
5	Проверка схемы соединений устройств РЗ и А	2
	ИТОГО	14

1.6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Включает изучение лекционного материала и дополнительной литературы по дисциплине при подготовке к лабораторным занятиям. Контроль степени усвояемости материала осуществляется с помощью вопросов для самопроверки, тестов, рефератов. Также на каждой лекции предусмотрен 5 минутный опрос студентов по ранее (и самостоятельно) изученному материалу

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
Семестр 3			
1	**Раздел 1 «**Общие обязанности оперативного персонала при обслуживании устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей**»**	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контролирующему тесту по модулю. Подготовка к коллоквиуму по модулю.	15
2	**Раздел *2* «**Проверка схемы соединений устройств РЗА**»**	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контролирующему тесту по модулю. Подготовка к коллоквиуму по модулю.	15
3	**Раздел *3* «**Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов**»**	Подготовка отчетов по выполнению лабораторных работ. Подготовка к контролирующему тесту по модулю. Подготовка к коллоквиуму по модулю.	11

1.7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Наилучшей гарантией глубокого и прочного усвоения дисциплины «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики» является заинтересованность студентов в приобретении знаний. Поэтому для поддержания интереса студентов к материалу дисциплины необходимо использовать различные образовательные технологии и задействовать все атрибуты процесса научного познания.

При преподавании дисциплины «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики» используется технология модульного обучения.

При чтении лекций по данной дисциплине используется такой неимитационный метод активного обучения, как «Проблемная лекция». Перед изучением модуля обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал модуля.

При выполнении лабораторных работ используется прием интерактивного обучения «Кейс-метод»: задание студентам для подготовки к выполнению лабораторной работы имитирует реальное событие; с преподавателем обсуждаются цели работы и ход ее выполнения; при защите работы - обсуждение и анализ полученных результатов; обсуждение теоретических положений, справедливость которых была установлена в процессе выполнения лабораторной работы.

1.8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

8.1 Контролирующий тест

Контролирующий тест проводится по темам соответствующих разделов. В каждом тестовом задании от 7 до 10 заданий. Тест выявляет теоретические знания, практические умения и аналитические способности студентов. Тесты представлены в УМКД.

8.2 Контрольная работа

Контрольная работа выполняется в конце семестра по всем пройденным разделам семестра**.** В контрольной работе содержится четыре задачи. Контрольная работа направлена на проверку умений студентов применять полученные теоретические знания в отношении определенной конкретной задачи.

8.3 Вопросы к зачету

1. Что должен хорошо знать и уметь оперативный персонал в области обслуживания устройств РЗА и вторичных цепей объекта, на котором он работает?
2. На что должен обращать внимание и что должен проверять дежурный, принимая смену и проводя осмотр устройств РЗА и оперативных цепей?
3. Каковы периодические обязанности оперативного персонала при проведении осмотра объекта?
4. Действия дежурного при срабатывании устройств РЗА.
5. Обязанности дежурного при допуске персонала службы.
6. Каково назначение указательных реле.
7. Перечислить обязанности оперативного персонала в случае выпадения сигнальных флажков реле при нарушении нормального режима.
8. Обслуживание и работа с микропроцессорной базой.
9. Как проводится проверка первичным током к.з. от специального выделенного генератора.
10. Как проводится проверка изоляции.
11. Организационные и технические мероприятия обслуживания устройств РЗ и А.
12. Проверка схемы соединений устройств РЗА.
13. Регулирование и настройка реле.
14. Обслуживание и работа с микропроцессорной базой.
15. Дистанционные защиты.
16. Проверка взаимодействия устройств РЗ и А.
17. Каковы особенности обслуживания электрических устройств АПВ?

18. Каковы содержания и последовательность операций при замене включателя присоединений обходным выключателем?
19. Каковы обязанности оперативного персонала по обслуживанию газовой защиты в нормальном режиме?
20. В каких случаях переводят действия газовой защиты с «Отключения», трансформатора на «сигнал»

1.9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ »

а) **основная литература**:

1. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий [Текст] : учеб. / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - 5-е изд., испр. - М. : Академия, 2010. - 235 с.
2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст] : учеб. : рек. Мин. обр. РФ / В. А. Андреев, 2008. - 640 с.
3. Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты автоматики : учеб.-метод. комплекс для спец. 140203 - Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем/ АмГУ, Эн.ф.; сост. А. Г. Ротачева. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. -231 с.

б) **дополнительная литература:**

1. Пособие для изучения правил технической эксплуатации электрических станций и сетей (электрическое оборудование).- М.: изд-во. 2000 НЦ, 2000,2002
2. Киреева Э.А. Микропроцессорные устройства, повышающие надежность работы защиты и автоматики : учеб. пособие/ Э. А. Киреева. -М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2004. -28 с.
3. Применение и техническое обслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электросетях [Текст] / сост. А. П. Кузнецов, под ред. Б. А. Алексеева. Ч. 3 : Испытательные установки для проверки устройств релейной защиты и автоматики (Серии "Уран", "Нептун", "Сатурн"), 2002. - 96 с
4. Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики. Практическое пособие. Е.Г. Дорохин, Т.Н. Дорохина. Издательство : Краснодар: Советская Кубань., 2006.448с.
5. Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты автоматики : учеб.-метод. комплекс для спец. 140203 - Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем/ АмГУ, Эн.ф.; сост. А. Г. Ротачева. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. -231 с.
6. Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей [Текст] / Сост. Ф.Д. Кузнецов, А.К. Белотелов, Под ред. Б.А. Алексеева. Ч.1 : Электромеханическое реле : производственно-практическое издание, 2000,2003. - 95 с.-19
7. Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей [Текст] / сост. Ф. Д. Кузнецов, А. К. Белотелов ; ред. Б. А. Алексеев. Ч. 2 : Реле дифференциальных, направленных и фильтровых защит, 2000. - 86 с. с.-13
8. Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей [Текст] / Сост. Ф.Д. Кузнецов, А.К. Белотелов, Под ред. Б.А. Алексеева. Ч.3 : Статические реле : производственно-практическое издание, 2000,2001. - 92 с.-13

9. Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей [Текст] / сост. Ф.Д. Кузнецов, сост. А.К. Белотелов, ред. Б.А. Алексеев. Ч.4 : Электроавтоматика, 2001. - 67с. с.-17
10. Применение и техническое обслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электросетях [Текст] / Сост. А.П. Кузнецов, Под ред. Б.А. Алексеева. Ч.2 : Устройства релейной защиты и автоматики распределительных электрических сетей : производственно-практическое издание, 2001. - 117 с.-12

в) **периодические издания (профессиональные журналы):**

1. «Энергетик»;
2. «Промышленная энергетика»;
3. «Электрика»;
4. «Вестник МЭИ»;
5. «Электротехника»;
6. «Электротехника». Реферативный журнал;
7. «Электричество»;
8. «Электрические станции»;
9. «Энергохозяйство за рубежом»;
10. «Энергетика». Реферативный журнал;
11. «Electrical Power and Energy Systems»;
12. «IEEE Transactions. Power systems».

г) **программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

№	**Наименование ресурса**	**Краткая характеристика**
1	http://www.iqlib.ru/	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

1.10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства. Материал лекций представлен в виде презентаций в PowerPoint. Лабораторные работы выполняются в ауд. 508.

№ п/п	Наименование лабораторий, ауд.	Основное оборудование
1	2	3
1	508 Стенд РЗ и А	Реле тока, напряжения, РНТ- 560, ДЗТ-11 газовое реле, БМРЗ

1.11. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточной формой контроля знаний студентов по данной дисциплине является зачет.

Для допуска к зачету достаточными основаниями являются выполнение, сдача лабораторных работ. В порядке исключения к зачету может также быть допущен студент, не выполнивший одну или две работы (задание).

Студент, не сдавший одной или двух лабораторных работ (заданий) и допущенный к зачету в порядке исключения, отвечает также на дополнительные вопросы по теме этих работ (заданий).

2. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Лекция 1. Введение. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ РЗА

Основные понятия и термины в области надежности устройств РЗА

Надежностью называется свойство устройства сохранять во времени в установленных пределах значения параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Работоспособным состоянием называется такое состояние устройств, при котором значения параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации.

Отказом называется нарушение работоспособного состояния устройства. Имеются характерные виды отказов, отличающиеся:

по возможности прогнозирования наступления отказа — постепенные и внезапные отказы;

по времени возникновения отказа — приработочные отказы, отказы периода нормальной эксплуатации и деградационные отказы.

При этом отказы могут быть как постепенные, так и внезапные.

Постепенные отказы происходят в результате изменения одного или нескольких параметров устройства или состояния его элементов из-за различных физических и химических процессов, возникающих вследствие продолжительной эксплуатации.

В устройствах РЗА к этим процессам относятся: запыление внутренних деталей реле и устройств, образование нагара и раковин на контактах, разрегулировка механической части реле, ослабление винтовых контактных соединений, снижение сопротивления изоляции, изменение характеристик устройства или его отдельных элементов. При проведении своевременных профилактических мероприятий указанные изменения параметров или состояния устройства и его элементов могут быть обнаружены методами контроля и диагностики, а возможные отказы предотвращены регулировкой, заменой или восстановлением элементов.

Внезапные отказы характеризуются скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров устройства. Причинами внезапных отказов являются физические и химические процессы, протекающие во времени достаточно медленно.

Приработочные отказы происходят в начальный период эксплуатации, вызываются в основном недостатками технологии производства и недостаточным контролем качества комплектующих элементов устройств при изготовлении. Для устройств РЗА причинами приработочных отказов могут быть также ошибки при монтаже и наладке, некачественное проведение наладки.

Отказы периода нормальной эксплуатации происходят после окончания периода приработки, но до наступления периода деградационных отказов. Это наиболее длительный период общего времени эксплуатации, в котором количество отказов примерно постоянно и имеет наименьшее значение.

Деградационные отказы вызываются естественными процессами старения, изнашивания и коррозии при соблюдении установленных правил, норм проектирования, изготовления и эксплуатации. Эти отказы происходят, когда устройство в целом или его

отдельные элементы приближаются к предельному состоянию по условиям старения или износа в конце полного или межремонтного срока службы. При правильной организации технического обслуживания эти отказы могут быть предотвращены своевременной заменой или восстановлением элементов. При этом период замены должен быть меньше среднего времени износа элемента. Если своевременная замена не производится, то количество деградационных отказов возрастает.

Приработочные отказы, отказы периода нормальной эксплуатации и деградационные отказы являются случайными событиями, но подчиняются общим закономерностям.

Необходимо различать отказ устройства защиты как событие утраты работоспособности и отказ функционирования как событие невыполнения заданной функции при возникновении соответствующего требования.

Виды технического обслуживания устройств РЗА

1. Период эксплуатации устройства или срок его службы до списания определяется износом устройства до такого состояния, когда восстановление его становится нерентабельным.

В срок службы устройства, начиная с проверки при новом включении, входит, как правило, несколько межремонтных периодов, каждый из которых может быть подразделен на характерные с точки зрения надежности этапы: период приработки и период нормальной эксплуатации.

Устанавливаются следующие виды технического обслуживания устройств РЗА электрических сетей 0,4-35 кВ:

проверка при новом включении (наладка);

первый профилактический контроль;

профилактический контроль;

профилактическое восстановление (ремонт);

опробование (тестовый контроль);

технический осмотр.

Кроме того, в процессе эксплуатации может проводиться внеочередная или послеаварийная проверка.

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

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

3. Профилактический контроль устройств РЗА проводится в целях выявления и устранения возникающих в процессе эксплуатации возможных неисправностей его элементов, способных вызвать излишние срабатывания или отказы срабатывания устройств РЗА.

Первый после включения устройства РЗА в эксплуатацию профилактический контроль выполняется главным образом в целях выявления и устранения приработочных отказов, возникающих в начальный период эксплуатации.

4. Профилактическое восстановление производится в целях проверки исправности аппаратуры и цепей, соответствия уставок и характеристик реле заданным, восстановления износившейся аппаратуры и ее частей, проверки устройства РЗА в целом.

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

5. Опробование производится в целях проверки работоспособности устройств РЗА.

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

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

6. Необходимость и периодичность проведения опробований или тестового контроля определяются местными условиями и утверждаются главным инженером предприятия.

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

8. Внеочередная проверка проводится при частичных изменениях схем или реконструкции устройств РЗА, при необходимости изменения уставок или характеристик реле и устройств, а также для устранения недостатков, обнаруженных при проведении опробования.

9. Послеаварийная проверка выполняется для выяснения причин отказов функционирования или неясных действий устройств РЗА. Внеочередная и послеаварийная проверки проводятся по программам, составленным МС РЗА, утвержденным главным инженером предприятия.

10. Периодические технические осмотры проводятся в целях проверки состояния аппаратуры и цепей РЗА, а также соответствия положения накладок и переключающих устройств режиму работы оборудования.

Периодичность технического обслуживания устройств РЗА

1. Для устройств РЗА цикл технического обслуживания устанавливается от трех до двенадцати лет.

Под циклом технического обслуживания понимается период эксплуатации устройства между двумя ближайшими профилактическими восстановлениями, в течение которого выполняются в определенной последовательности установленные виды технического обслуживания, предусмотренные настоящими Правилами.

2. По степени воздействия различных факторов внешней среды на аппараты в электрических сетях 0,4-35 кВ могут быть выделены две категории помещений.

К I категории относятся закрытые, сухие отапливаемые помещения.

Ко II категории относятся помещения с большим диапазоном колебаний температуры окружающего воздуха, в которых имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха (металлические помещения, ячейки типа КРУН, комплектные трансформаторные подстанции и др.), а также помещения, находящиеся в районах с повышенной агрессивностью среды.

3. Цикл технического обслуживания для устройств РЗА, установленных в помещениях I категории, принимается равным 12, 8 или 6 годам, а для устройств РЗА, установленных в помещениях II категории, принимается равным 6 или 3 годам в зависимости от типа устройств РЗА и местных условий, влияющих на ускорение износа устройств (см. таблицу). Цикл обслуживания для устройств РЗА устанавливается распоряжением главного инженера предприятия.

Периодичность проведения технического обслуживания устройств РЗА

электрических сетей 6-35 кВ

Место установки устройств РЗА	Цикл технического обслуживания, лет	Количество лет эксплуатации														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
В помещениях I категории (вариант 1)	12	Н	К1		-	О	-	К	-	О	-	К	-	В	-	О
В помещениях I категории (вариант 2)	8	Н	К1		-	К	-	О	-	В	-	О	-	К	-	О
В помещениях I категории (вариант 3)	6	Н	К1		-	К	-	В	-	К	-	К	-	В	-	К
В помещениях II категории (вариант 1)	6	Н	К1		-	К	-	В	-	К	-	К	-	В	-	К
В помещениях II категории (вариант 2)	3	Н	К1		В	-	-	В	-	-	В	-	-	В	-	-
Примечания: 1. Н- проверка (наладка) при новом включении; К1 - первый профилактический контроль; К - профилактический контроль; В - профилактическое восстановление; О — опробование. 2. В таблице указаны обязательные опробования. Кроме того, опробования рекомендуется производить в годы, когда не выполняются другие виды обслуживания. Если при проведении опробования или профилактического контроля выявлен отказ устройства или его элементов, то производится устранение причины, вызвавшей отказ, и при необходимости в зависимости от характера отказа - профилактическое восстановление.																

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

Указанные в таблице циклы технического обслуживания относятся к периоду эксплуатации устройств РЗА, соответствующему полному сроку службы устройств. По опыту эксплуатации устройств РЗА на электромеханической элементной базе, установленных в помещениях I категории, полный средний срок их службы составляет 25 лет и для устройств, установленных в помещениях II категории, 20 лет.

В технической документации по устройствам РЗА на микроэлектронной и электронной базе полный средний срок службы установлен, как правило, 12 лет. Эксплуатация устройств РЗА на электромеханической, микропроцессорной и электронной базе сверх указанных сроков может быть разрешена только при удовлетворительном состоянии и сокращении цикла технического обслуживания, устанавливаемого руководством предприятия.

Наибольшее количество отказов электронной техники происходит в начале и в конце срока службы, поэтому рекомендуется устанавливать для этих устройств укороченные периоды между проверками в первые два-три года и после 10—12 лет

эксплуатации. Периоды эксплуатации между двумя ближайшими профилактическими восстановлениями для этих устройств в первые годы эксплуатации рекомендуется устанавливать не более 6 лет. По мере накопления опыта эксплуатации цикл технического обслуживания может быть увеличен до 12 лет.

Цикл технического обслуживания расцепителей автоматических выключателей 0,4 кВ рекомендуется принимать равным 3 или 6 годам.

4. Плановое техническое обслуживание устройств РЗА электрических сетей 0,4-35 кВ следует по возможности совмещать с проведением ремонта основного электрооборудования.

5. Первый профилактический контроль устройств РЗА должен проводиться через 10-18 мес. после включения устройства в работу.

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

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

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

9. Для микроэлектронных и микропроцессорных устройств РЗА перед новым включением, как правило, должна производиться тренировка подачей на устройство в течение 3 — 4 сут. оперативного тока и при возможности рабочих токов и напряжений с включением устройства с действием на сигнал. По истечении срока тренировки проводится тестовый контроль и при отсутствии каких-либо неисправностей устройство РЗА переводится с действием на отключение.

10. Удаление пыли с внешних поверхностей, проверка надежности контактных соединений, проверка целости стекол, состояния уплотнений кожухов и т.п. микропроцессорных и электромеханических устройств РЗА выполняются обычным образом. Чистка от пыли внутренних модулей микропроцессорных устройств РЗА при внутреннем осмотре должна производиться пылесосом для исключения повреждения устройств статическим разрядом. Следует учитывать, что заводы-изготовители гарантируют нормальную работу электронных устройств и выполнение гарантийного ремонта РЗА в течение ограниченного периода эксплуатации при сохранности пломб завода. С учетом этого вскрывать кожухи этих устройств РЗА в течение гарантийного срока эксплуатации не рекомендуется.

11. При неисправности устройств РЗА на микроэлектронной базе ремонт устройства в период гарантийного срока эксплуатации должен производиться на заводе-изготовителе. В последующий период эксплуатации ремонт производится по договору с заводом-изготовителем или в базовых лабораториях квалифицированными специалистами.

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

Лекция 2. ПРОГРАММЫ РАБОТ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА

Программы составлены на все виды планового технического обслуживания устройств РЗА, предусмотренные настоящими Правилами.

Программы являются общими для всех устройств РЗА электрических сетей 0,4-35 кВ и определяют последовательность и объемы работ при проверках этих устройств.

Объемы работ при техническом обслуживании узлов и элементов устройств РЗА приведены в разд. 4 настоящих Правил, а методика их проверок — в документах, приведенных в списке использованной литературы.

Проверку электрических характеристик устройств РЗА рекомендуется производить с использованием комплектных испытательных устройств Уран-1, Уран-2, Нептун-1, Нептун-2, Сатурн-М, Сатурн-М1 (НПФ "Радиус", Москва), Реле-томографа (НПП "Динамика"), ЭУ 5000, У 5052 (Киевский завод "Точэлектроприбор") и аналогичных испытательных устройств.

Новое включение

1. Подготовительные работы включают:

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

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

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

2. При внешнем осмотре необходимо проверять:

а) выполнение требований ПУЭ, ПТЭ и других руководящих документов, относящихся к налаживаемому устройству, а также соответствие устройства проекту и реальным условиям работы (значениям нагрузок, тока КЗ, заданным уставкам) установленной аппаратуры и контрольных кабелей;

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

в) качество покраски панелей, шкафов;

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

д) правильность выполнения концевых разделок контрольных кабелей;

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

ж) состояние и правильность выполнения заземлений цепей вторичных соединений;

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

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

3. Проверка соответствия проекту смонтированных устройств заключается в:

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

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

4. При внутреннем осмотре, чистке и проверке механической части аппаратуры необходимо проводить:

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

б) очистку от пыли и посторонних предметов;

в) проверку надежности контактных соединений;

г) проверку затяжки стяжных болтов, трансформаторов, дросселей;

д) проверку состояния контактных поверхностей и дугогасительных камер;

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

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

Измерение производится мегаомметром на 1000 В:

а) относительно земли;

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

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

г) между жилами кабеля газовой защиты;

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

Примечания: 1. Элементы, не рассчитанные на испытательное напряжение 1000 В, при измерении по п. 3.1.5, а, б исключаются из схемы.

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

6. Проверка электрических характеристик элементов устройств проводится в соответствии с объемами работ при техническом обслуживании конкретных типов этих элементов, приведенными в разд. 4 настоящих Правил. Работы по проверке электрических характеристик должны завершаться выставлением и проверкой уставок и режимов, задаваемых ЦС РЗА или МС РЗА.

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

7. Измерение и испытание изоляции устройств следует производить при закрытых кожухах, крышках и дверцах.

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

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

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

Испытание изоляции цепей РЗА напряжением 60 В и ниже производится в процессе измерения сопротивления.

8. Проверка взаимодействия элементов устройств заключается в проверке правильности взаимодействия реле защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации. Проверка взаимодействия реле проводится в соответствии с принципиальной схемой.

Особое внимание при проверке необходимо обратить на:

а) отсутствие обходных цепей;

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

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

Проверку следует проводить при номинальном напряжении оперативного тока.

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

При комплексной проверке необходимо производить измерение полного времени действия каждой из ступеней устройства и проверять правильность действия сигнализации.

Ток и напряжение, соответствующие аварийному режиму, следует подавать на все ступени и фазы (или все комбинации фаз) проверяемого устройства и должны соответствовать нижеприведенным условиям:

а) для защит максимального действия 0,9 и 1,1 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания — во втором случаях; для контроля времени действия подается ток или напряжение, равные 1,3 уставки срабатывания.

Для защит с зависимой характеристикой срабатывания необходимо проверять четыре-пять точек характеристик.

Для токовых направленных защит следует подавать номинальное напряжение с фазой, обеспечивающей срабатывание реле направления мощности.

Для дифференциальных защит ток подавать поочередно в каждое из плеч защиты;

б) для защит минимального действия — 1,1 и 0,9 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания — во втором случаях; для контроля времени действия подавать ток или напряжение**,** равные 0,8 уставки срабатывания.

Для дистанционных защит временную характеристику следует снимать для сопротивлений, равных 0; $0{,}9Z_1$; $1{,}1Z_1$; $0{,}9Z_2$; $1{,}1Z_2$; $0{,}9Z_3$ и $1{,}1Z_3$. Регулировку выдержки времени второй и третьей ступеней производить при сопротивлениях, равных соответственно $1{,}1Z_l$ и $1{,}1Z_2$. Регулировку выдержки времени первой ступени (при необходимости) производить при сопротивлении $0{,}5Z_1$.

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

10. Проверку взаимодействия проверяемого устройства с другими включенными в работу устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационную аппаратуру необходимо проводить при номинальном напряжении оперативного тока. После окончания проверки произвести подключение цепей связи с другими устройствами на рядах зажимов проверяемого устройства с последующей проверкой действия от выходного реле проверяемого устройства на коммутационную аппаратуру.

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

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

Перед проверкой устройств рабочим током и напряжением следует произвести:

осмотр всех реле и других аппаратов, рядов зажимов и перемычек на них;

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

Проверка рабочим током и напряжением проводится в следующей последовательности:

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

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

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

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

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

12. При подготовке устройств релейной защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации к включению необходимо произвести:

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

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

в) проверку показаний контрольных устройств;

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

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

3.2. Первый профилактический контроль

1. Подготовительные работы включают:

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

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

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

г) проверку соответствия устройства требованиям руководящих документов.

2. При внешнем осмотре следует проверять:

а) надежность крепления панели, аппаратуры панели;

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

в) отсутствие пыли и грязи на рядах выводов;

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

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

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

ж) состояние заземления цепей вторичных соединений;

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

3. Предварительную проверку заданных уставок необходимо проводить при закрытых кожухах реле и крышках автоматических выключателей в целях определения работоспособности элементов и отклонения параметров срабатывания от заданных. Допустимые значения максимальных отклонений характеристик от заданных уставок устройств РЗА приведены в приложении.

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

4. Внутренний осмотр и проверку механической части релейной и коммутационной аппаратуры следует проводить и соответствии с п. 3.1.4, а — е.

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

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

6. Измерение и испытание изоляции производятся в соответствии с п. 3.1.7.

7. Проверка взаимодействия элементов устройства проводится в соответствии с п. 3.1.8.

8. Комплексная проверка устройств выполняется в соответствии с п. 3.1.9.

9. Проверка взаимодействия проверяемого устройства с другими устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационную аппаратуру проводится в соответствии с п. 3.1.10.

10. Проверка устройств рабочим током и напряжением.

11. При подготовке устройств релейной защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации к включению необходимо произвести:

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

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

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

3.3. Профилактическое восстановление

1. Подготовительные работы.

2. Внешний осмотр.

3. Предварительная проверка заданных уставок.

4. Внутренний осмотр, чистка и проверка механической части релейной и коммутационной аппаратуры.

5. Проверка электрических характеристик проводится для:

а) элементов, которые не подвергались разборке, — в объеме, соответствующем профилактическому восстановлению;

б) элементов, которые подвергались разборке или замене, — в объеме, соответствующем новому включению.

6. Измерение и испытание изоляции.

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

7. Комплексная проверка устройств проводится в соответствии с п. 9.

8. При проверке действия проверяемого устройства на коммутационную аппаратуру и восстановлении цепей связи с другими устройствами следует выполнять:

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

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

Профилактический контроль

1. Подготовительные работы.

2. При внешнем осмотре следует произвести:

а) очистку от пыли аппаратуры;

б) осмотр состояния аппаратуры.

3. Измерение сопротивления изоляции следует производить мегаомметром на 1000 В каждой из групп электрически не связанных цепей вторичных соединений относительно земли и между собой.

4. Комплексную проверку устройств необходимо проводить при номинальном напряжении оперативного тока при подаче на устройство параметров аварийного режима от постороннего источника и полностью собранных цепях устройств при закрытых кожухах реле.

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

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

5. При проверке действия выходных реле на коммутационный аппарат следует убедиться в исправности цепей отключения (включения) действием на коммутационный аппарат от выходных реле и произвести восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами.

6. При проверке устройств рабочим током и напряжением необходимо осуществлять:

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

б) проверку наличия напряжения на проверяемом устройстве.

7. При подготовке устройств к включению следует производить:

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

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

Опробование

1. Подготовительные работы включают:

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

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

2. Проверка работоспособности элементов устройства заключается в следующем:

а) опробование элементов действием защиты на коммутационную аппаратуру;

б) проверка надежной работы элементов управления приводов от устройств РЗА или от руки.

3. При подготовке устройств к включению необходимо произвести:

а) восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами;

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

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

Лекция 3. Технический осмотр

При техническом осмотре необходимо визуально контролировать:

а) отсутствие внешних повреждений устройства и его элементов;

б) состояние креплений устройств на панелях, проводов на рядах зажимов и на выводах устройств;

в) наличие надписей и позиционных обозначений;

г) положение флажков указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок и других оперативных элементов, состояние сигнальных ламп.

Дистанционные защиты

Дистанционная защита ДЗ-10

Н, В	а) проверка и регулировка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н	б) проверка тока срабатывания магнитоэлектрических реле Р1 и Р2;
Н	в) настройка трансреакторов ТР5- ТР7;
Н, В	г) настройка защиты на уставки по сопротивлению и времени срабатывания;
Н, К1	д) проверка взаимодействия элементов схемы защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
Н, К1, В	е) проверка защиты рабочим током и напряжением.

Дистанционные защиты ПЗ-3, ПЗ-4

Н, К1, В	а) проверка реле постоянного тока;
Н, К1, В	б) проверка пусковых органов защиты ПЗ-3, устройства блокировки при неисправности цепей напряжения защиты ПЗ-4;
Н, К1, В	в) проверка устройства автономного питания (УАП) при работе:
Н	проверка феррорезонансного стабилизатора тока;
Н	проверка стабилизатора напряжения;
Н, К1, В	совместная проверка стабилизаторов тока и напряжения;
Н, К1, В	г) проверка пусковых органов защиты ПЗ-4 и дистанционных органов защит ПЗ-3 и ПЗ-4:
Н, К1, В	проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей

	(1С-1Др);
Н	выравнивание комплексных сопротивлений рабочего и тормозного контуров схемы сравнения при подаче напряжения 20-30 В в рассечку накладок 1Н и 2Н соответственно и при закороченной первичной обмотке трансформатора напряжения 1ТН;
Н, К1, В	определение угла максимальной чувствительности реле на заданной уставке методом "засечек";
Н, К1, В	проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания при заданных угле и токе настройки. Если угол и ток настройки не заданы, то настройку производить при угле 60° и токе, равном или большем двойного значения тока точной работы;
Н, К1, В	снятие характеристики зависимости сопротивления срабатывания реле от тока в целях определения действительного значения тока точной работы;
Н, К1, В	д) проверка реле направления мощности защит ПЗ-3 и ПЗ-4:
Н	проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей (1С-1Др);
Н	проверка отсутствия самохода реле направления мощности при подаче на делитель 3R-4R напряжения 40 В. Ток в магнитоэлектрическом реле должен быть направлен в сторону торможения и его значение не должно превышать 2 мкА;
Н	определение угла максимальной чувствительности и зоны работы реле при номинальном токе и напряжении, равном 2 В;
Н	определение чувствительности реле направления мощности по напряжению при номинальном токе и угле максимальной чувствительности. Чувствительность реле по напряжению не должна превышать 0,6 В;
	е) проверка реле тока нулевой последовательности:
Н	проверка настройки фильтров второй (2С-2Др) и третьей (1С-1Др) гармонических составляющих;
Н, К1, В	проверка чувствительности реле по току на уставках 0,5 и 1,0 А при отсутствии торможения. Чувствительность по току должна находиться в пределах 0,5±0,05 А и 1,0±0,1 А соответственно;
Н	проверка отсутствия торможения реле при двойных замыканиях на землю. При этом следует убедиться, что в диапазоне токов от номинального до 10 $I_{ном}$, подаваемых в поврежденные фазы А и В, тормозные ампер-витки составляют не более 5% рабочих ампер-витков;
Н, К1, В	проверка тормозных характеристик реле при торможении от токов одной или двух фаз на рабочей уставке 0,5 А; проверка коэффициента чувствительности реле при двойных замыканиях на землю и токе в неповрежденной фазе, равном 2 $I_{ном}$ и уставке 0,5 А;
Н, К1, В	ж) проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
Н, К1, К, В	з) комплексная проверка защит имитацией двухфазных КЗ видов АВ, ВС, СА, а также двойных замыканий на землю при одностороннем питании линии с замыканием фаз АО, ВО, СО и подачей параметров аварийного режима, соответствующих для ПЗ-3 и ПЗ-4 — $0,5Z_1$; $0,9Z_1$; $1,1Z_1$; $0,9Z_2$; $1,1Z_2$; кроме того, для ПЗ-4 — $0,9Z_3$; $1,1Z_3$. Регулировка выдержки времени второй и третьей

ступеней при подаче параметров аварийного режима, равных соответственно $1{,}1Z_1$ и $1{,}1Z_2$. Проверка поведения защиты при близких двухфазных и трехфазных КЗ вне зоны действия защиты.
Примечание. При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке каждой зоны;

Н, К1, К, В и) проверка защиты рабочим током и напряжением.

Дистанционная защита БРЭ-2701

Н, В а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей реле;

Н, К1, В б) проверка уровней выходных напряжений блока питания;

Н, К1, В в) проверка пусковых токовых реле на рабочей уставке;

Н, К1, В г) проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания I и II ступеней защиты при заданном угле и токе настройки;

Н д) определение тока точной работы I и II ступеней защиты;

Н, К1, В е) проверка работы реле сопротивления и реле направления мощности;

Н, К1, В ж) проверка органов выдержки времени I, II, III ступеней и цепи ускорения;

Н, К1, В з) проверка настройки и линейности выходной характеристики устройства фиксации;

Н, К1, В и) проверка защиты рабочим током и напряжением;

Н, К1, К, В к) проверка работоспособности защиты с помощью кнопки тестового контроля.

Комплектное устройство защиты и автоматики пункта секционирования КРЗА-С

Н, В а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей реле;

Н, К1, В б) проверка характеристик блока питания;

Н, К1, В в) проверка настройки защиты на уставки по сопротивлению и времени срабатывания;

Н, К1, В г) проверка выдержек времени блока АПВ;

Н, К1, К, В д) проверка работоспособности устройства от кнопки "Опробование";

Н, К1, В е) проверка действия защиты и АПВ на выключатель;

Н, К1, В ж) проверка защиты рабочим током и напряжением.

Комплектные устройства защиты и автоматики ЯРЭ 2201 и ЯРЭ 2202

Н, К1, В, К а) проверка блока питания;

Н, К1, В, К б) проверка работоспособности функционального тестового контроля;

Н, К1,В в) проверка параметров срабатывания и возврата измерительных или комбинированных органов на рабочих уставках;

Н, К1, В г) проверка времени срабатывании органов выдержки времени и автоматики на рабочих уставках;

Н, К1, В д) проверка блоков входных реле;

Н, К1, В е) проверка блоков выходных реле;

Н, К1, В	ж) проверка взаимодействия элементов устройства;
Н, К1, В, К	з) комплексная проверка устройства;
Н, К1, В	и) проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА, сигнализации и коммутационными аппаратами;
Н, К1, В, К	к) проверка рабочим током и напряжением.

Микропроцессорное устройство защиты и автоматики "Сириус"

Н, К1, В	а) внешний осмотр;
К1, В	б) внутренний осмотр (до окончания гарантийного срока эксплуатации не производится);
Н, К1, В	в) измерение сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции между входными цепями тока, напряжения, оперативного тока, цепями дискретных сигналов и сигнализации, а также между указанными цепями и корпусом производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм;
Н, К1	г) испытание электрической прочности изоляции. При новом включении и первом профилактическом контроле изоляция цепей должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин;
К, В	при последующих проверках изоляция цепей устройства должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока или мегаомметром на напряжение 2500 В в течение 1 мин. Измерение сопротивления и испытания изоляции цепей интерфейса связи с компьютером RS 232C не производятся;
Н, К1	д) проверка и настройка конфигурации (функции) устройства. Осуществляются с клавиатуры или по линии связи. Производятся в соответствии с заводской инструкцией и проектом;
Н, К1	е) проверка диапазонов регулирования уставок и настройка рабочих уставок. Осуществляются с клавиатуры или по линии связи. Производятся в соответствии с заводской инструкцией;
Н	ж) проверка заданной конфигурации и рабочих уставок испытательного устройства с использованием внешних измерительных приборов. Проверка точности измерения токов и времени срабатывания устройства. Проверка потребляемой мощности по цепи оперативного тока при номинальном напряжении 220 В переменного или постоянного тока;
Н	з) комплексная проверка при подаче на защиту параметров аварийного режима от испытательного устройства, проверка отсутствия ложных действий при подаче и снятии напряжения оперативного тока;
Н, К1, В	и) проверка устройства в тестовом режиме "Контроль". Проверяется правильность подключения и работы устройства, измерения действующих значений токов, правильность хода внутренних часов;
Н	к) проверка работы тестового контроля (самодиагностики) при подключении питания;
Н, К1, В	л) проверка устройства рабочим током с измерением вторичных токов нагрузки и в нулевом проводе.

Микропроцессорные устройства защиты и автоматики "Орион" и "Орион-А"

Н, К1, В	а) внешний осмотр;
К1, В	б) внутренний осмотр. (До окончания гарантийного срока эксплуатации не производится);
Н, К1, В	в) измерение сопротивления изоляции. Измерение производится между входными цепями тока, напряжения, оперативного тока, цепями дискретных сигналов, а также между указанными цепями и корпусом мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм;
Н, К1	г) испытание электрической прочности изоляции. При новом включении и первом профилактическом контроле изоляция цепей должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин;
К, В	при последующих проверках изоляция цепей устройства должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока или мегаомметром на напряжение 2500 В;
Н, К1	д) проверка и настройка конфигурации (функций) устройства. Осуществляются с помощью движковых переключателей в соответствии с заводской инструкцией и проектом;
Н, К1	е) проверка диапазонов регулирования уставок и настройка рабочих уставок. Осуществляются набором комбинаций включенных или отключенных движков в соответствии с заводской инструкцией;
Н	ж) проверка конфигурации и рабочих уставок от внешнего источника с использованием внешних измерительных приборов. Проверка погрешности измерения значений тока и времени;
Н	з) комплексная проверка при подаче на устройство параметров аварийного режима от испытательного устройства, проверка отсутствия ложных действий при подаче и снятии напряжения оперативного тока;
Н, В	и) проверка работы тестового контроля при подключении питания;
Н, К1, В	к) проверка рабочим током и напряжением в соответствии с заводской инструкцией.

Микропроцессорные устройства защиты и автоматики SPAC 800 и БМРЗ

Н, К1, В	а) внешний осмотр: отсутствие внешних следов ударов, потеков воды, в том числе высохших, отсутствие налета окислов на металлических поверхностях, отсутствие запыленности, осмотр рядов зажимов входных и выходных сигналов, разъемов интерфейса связи в части состояния их контактных поверхностей, осмотр элементов управления на отсутствие их механических повреждений;
К1, В	б) внутренний осмотр (чистка от пыли; осмотр элементов цепей и дорожек с точки зрения наличия следов перегревов, ослабления паяных соединений из-за появления трещин, наличия окисления; контроль сочленения разъемов и

	механического крепления элементов, затяжка винтовых соединений);
Н, К1, В, К	в) измерение сопротивления изоляции независимых цепей (кроме порта последовательной передачи данных) по отношению к корпусу и между собой: входных цепей тока; входных цепей напряжения; цепей питания оперативным током; входных цепей дискретных сигналов; выходных цепей дискретных сигналов от контактов выходных реле. Измерения производятся мегаомметром на 500 В, сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм;
Н	г) испытания электрической прочности изоляции независимых цепей (кроме порта последовательной передачи данных) по отношению к корпусу и между собой. Изоляция цепей устройства защиты испытывается переменным напряжением 1000 В, частоты 50 Гц в течение 1 мин;
Н, К1, В	д) программное задание (или проверка) требуемой конфигурации устройства защиты в соответствии с принятыми проектными решениями и техническими характеристиками (функциями) устройства;
Н, К1, В	е) программное задание (или проверка) уставок устройства защиты в соответствии с заданной конфигурацией;
Н, К1, В	ж) проверка отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;
Н	з) проверка срабатывания по каждому дискретному входу при напряжении питания оперативного тока, равном 0,8 $U_{ном}$;
Н, К1, В	и) проверка параметров (уставок) срабатывания и коэффициентов возврата каждого измерительного органа при подаче на входы устройства тока (напряжения) от постороннего источника; контроль состояния светодиодов при срабатывании;
Н, К1, В	к) проверка времени срабатывания защиты и электроавтоматики на соответствие заданным выдержкам времени;
Н	л) проверка при минимальном значении диапазонов уставок с подачей тока (напряжения), равного 0,8 тока (напряжения) срабатывания, отсутствия ложных действий при снятии и подаче напряжения оперативного тока с повторным включением через 0,5 с;
Н	м) проверка срабатывания устройства защиты на рабочей уставке и определение изменения параметров срабатывания при напряжении оперативного тока, равном 0,8 и 1,1 $U_{ном}$;
Н, В	н) Проверка взаимодействия измерительных органов и логических цепей защиты с контролем состояния всех контактов выходных реле (и состояния светодиодов). Проверка производится при создании условий для срабатывания каждого измерительного органа и поочередной додачей всех логических сигналов на вход защиты или в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;
Н, К1, К, В	о) проверка управляющих функций устройства защиты с

	воздействием контактов выходного реле на модель коммутационного аппарата (например, управление двухпозиционным реле) при управлении по месту установки защиты и дистанционно через порт последовательной связи;
Н, В	п) проверка функции регистрации входных параметров защиты;
Н, К1, В, К	р) проверка функции самодиагностики;
Н, К1, В, К	с) проверка функционирования тестового контроля;
Н, В, К1	т) проверка управления по месту установки защиты коммутационным аппаратом присоединения (включить/отключить);
Н, К1, В	у) проверка взаимодействия с другими устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации с воздействием на коммутационный аппарат;
Н, К1, К, В	ф) проверка рабочим током: проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к устройству защиты; контроль конфигурации и значений уставок; контроль значений текущих параметров и состояния устройства по дисплею и сигнальным элементам;
Н, К1, К, В	х) тестовый контроль.

Линейная токовая защита ЛТЗ

Н, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н	б) проверка потребляемой мощности;
Н	в) проверка диапазона изменения уставок по току первой и второй ступеней, времени второй ступени;
Н, В	г) проверка характеристик второй ступени с ограниченно зависимой, независимой выдержкой времени;
Н, К1, В	д) проверка изменения уставок второй ступени при срабатывании реле направления мощности;
Н	е) проверка зоны действия реле направления мощности;
Н, К1, К, В	ж) комплексная проверка работоспособности устройства от кнопок "Проверка" и "Измерение направления".

Токовая защита от однофазных замыканий на землю ЗЗП-1

Н, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н, В	б) определение напряжения на обмотке выходного реле при подаче напряжения в цепь напряжения нулевой последовательности;
Н, В	в) снятие вольт-амперных характеристик срабатывания на рабочей уставке защиты;
Н	г) снятие угловых характеристик срабатывания на рабочей уставке защиты;
Н	д) проверка степени отстройки защиты от высших гармонических составляющих в токовой цепи на рабочей уставке защиты;
Н	е) проверка защищенности трансформатора тока, вторичных

	токовых цепей и комплектов защиты от влияния помех и наводок;
Н, К1, В	ж) опробование действия защиты на отключение выключателя;
Н	з) проверка защиты при искусственном однофазном замыкании на землю.

Защитные приставки к автоматическим выключателям

Токовая защита нулевой последовательности

Н, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, К, В	б) проверка состояния выводов и надежности контактного соединения с независимым расцепителем автоматического выключателя;
Н, В	в) проверка работоспособности канала нулевой последовательности от постороннего источника на рабочей уставке с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя;
Н, В	г) проверка времени срабатывания защиты.

Токовая защита от междуфазных коротких замыканий

Н, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка состояния выводов и надежности контактного соединения с независимым расцепителем автоматического выключателя;
Н, В	в) проверка работоспособности защиты и канала максимальной токовой защиты от постороннего источника на рабочей уставке с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя;
Н, В	г) проверка времени срабатывания защиты.

Защитные приставки ЗТ-0,4; ЗТИ

Н, В	а) проверка работоспособности канала максимальной токовой защиты на рабочей уставке с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя;
Н, В	б) проверка работоспособности канала защиты от однофазных коротких замыканий на рабочей уставке с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя;
Н, В	в) проверка времени срабатывания защитной приставки.

Реле РЭ-571Т

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, В	б) проверка срабатывания реле при токе, равном току однофазного КЗ в наиболее удаленной точке сети, с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя.

Токовые защиты от междуфазных коротких замыканий

Комплекты защит КЗ-1 - КЗ-4; КЗ-12 - КЗ-14; КЗ-31 - КЗ-38

Н, К1, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка электрических характеристик реле, входящих в комплект;
Н	в) проверка взаимодействия реле комплекта при напряжении оперативного переменного тока, равном 0,8 номинального значения;
Н, К1, К, В	г) комплексная проверка комплекта с действием выходного реле на коммутационный аппарат;
Н, К1, К, В	д) проверка комплекта рабочим током и напряжением в соответствии с программой работ для конкретного вида технического обслуживания.

Токовая защита ТЗВР

Н, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, К, В	б) проверка тока срабатывания токовой отсечки на рабочей уставке;
Н, К1, В	в) проверка времени срабатывания токовой отсечки;
Н, К1, В	г) снятие ампер-секундной характеристики на рабочей уставке защиты;
Н, К1, В	д) проверка работоспособности устройства от кнопки "Опробование";
Н, К1, В	е) проверка защиты рабочим током;
Н, К1, В	ж) проверка действия защиты на отключение выключателя.

Токовые защиты ТЗК-1, ТЗК-2

Н, К1, К, В	а) проверка напряжений в контрольных точках блока питания при изменении оперативного напряжения питания от 0,8 до 1,1 номинального значения;
Н, К1, В	б) проверка работы элемента защиты блока питания при коротких замыканиях на выходе;
Н, К1, В	в) проверка работы блока питания при снятии оперативного напряжения;
Н, К1, К, В	г) проверка токов срабатывания и возврата пороговых органов I, II и III ступеней на рабочей уставке;
Н, К1, К, В	д) проверка выдержек времени срабатывания ступеней защиты на рабочих уставках;
Н, К1, В	е) проверка действия устройства на коммутационную аппаратуру;
Н, К1, В	ж) проверка устройства рабочим током и напряжением;
Н, К1, В	з) проверка работы устройства от встроенных элементов контроля.

Реле прямого действия и электромагниты управления переменного тока

Реле РТМ и токовые электромагниты отключения

Н, К1, В	а) проверка механической части реле;
Н, К1, К, В	б) проверка тока срабатывания на рабочей уставке;
Н	в) измерение полного сопротивления обмотки реле (электромагнита) при отпущенном и подтянутом сердечнике и токах, равных току срабатывания;
Н	г) измерение полного времени срабатывания при кратности тока реле 1,5.

4.10.2. Реле РТВ

Н, К1, В	а) проверка механической части реле;
Н, К1, К, В	б) проверка тока и времени срабатывания на рабочей уставке;
Н	в) измерение полного сопротивления обмотки реле при отпущенном и подтянутом сердечнике и токах, равных току срабатывания;
Н, К1, В	г) настройка выдержки времени в независимой части характеристики или при заданном токе;
Н, К1, В	д) снятие зависимости времени срабатывания от тока на рабочей уставке при трех-четырех значениях тока.

Блокирующее реле отделителя

Н, В	а) проверка механической части реле;
Н, К1, К, В	б) проверка тока срабатывания;
Н, В	в) проверка на вибрацию до максимального значения тока КЗ при включенном короткозамыкателе.

4.10.4. Реле РНВ

Н, В	а) проверка механической части реле;
Н, К1, В	б) проверка напряжения срабатывания и возврата реле;
Н, К1, К, В	в) проверка заданной выдержки времени.

Электромагниты управления по напряжению

Н, В	а) проверка механической части;
Н, К1, В	б) проверка напряжения срабатывания;
Н, К1, К, В	в) проверка действия электромагнита на включение или отключение привода при номинальном напряжении оперативного тока.

Реле тока и напряжения

Реле ЭТ-520, ЭН-520, РТ-40, РН-50

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка тока (напряжения) срабатываний и возврата реле на рабочей уставке. Если уставки на реле изменяются

	оперативным персоналом, то проверка выполняется на соответствующих делениях шкалы;
Н, К1, В	в) проверка надежности работы контактов: для реле максимального тока (напряжения) от 1,05 $I_{ср}$ ($U_{ср}$) до наибольшего возможного в эксплуатации значения тока (напряжения); для реле минимального тока (напряжения) от наибольшего возможного в эксплуатации значения тока (напряжения) до значения, при котором срабатывает реле.

Реле РТ-80, РТ-90

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, К, В	б) проверка тока срабатывания отсечки на рабочей уставке;
Н, К1, К, В	в) проверка тока срабатывания и возврата индукционного элемента реле на рабочей уставке: проверка характеристики времени действия индукционного элемента (в 4 — 5 точках) на рабочей уставке по шкале времени;
Н, В	г) проверка надежности работы контактов при токах 1,05 тока срабатывания индукционного элемента до максимального значения тока КЗ.

Дифференциальные реле

Реле РНТ-562, РНТ-563, РНТ-565, РНТ-566, РНТ-567

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка тока и напряжения срабатывания и возврата исполнительного органа при отключенном БНТ;
Н	в) проверка правильности выполнения коротко замкнутой обмотки;
Н, К1, В	г) проверка тока срабатывания и возврата реле в каждом плече защиты на рабочей уставке;
Н	д) проверка коэффициента надежности реле;
Н, К1, В	е) проверка надежности работы контактов реле при токах от 1,05 до пятикратного тока срабатывания.

Реле ДЗТ-11, ДЗТ-14

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка тока и напряжения срабатывания и возврата исполнительного органа при отключенном БНТ;
Н	в) проверка тормозных характеристик;
Н, К1, В	г) проверка тока срабатывания и возврата реле на рабочих уставках при подаче питания со стороны каждого плеча защиты и отсутствии тока в тормозной обмотке;
Н	д) проверка надежности работы контактов реле при токах от 1,05 до пятикратного тока срабатывания.

Реле мощности

Реле ИМБ-171, ИМБ-177, ИМБ-178, РБМ-171, РБМ-177, РБМ-178, РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278

Н, К1, В	а) проверка механической части, состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка отсутствия самохода по току при закороченной обмотке напряжения. Проверка отсутствия самохода по напряжению при разомкнутой токовой обмотке;
Н, К1, В	в) определение угла максимальной чувствительности;
Н, К1, В	г) проверка мощности срабатывания при угле максимальной чувствительности; для реле РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278 проверка производится при работе реле в обе стороны;
Н, К1, В	д) проверка поведения, реле при сбросе обратной мощности от десятикратной мощности срабатывания до максимально возможной обратной мощности при КЗ на шинах подстанции; для реле РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278 проверка производится при работе в обе стороны;
Н, К1, В	е) проверка надежности работы контактов при подведении к реле мощности от 1,2 мощности срабатывания до максимальной мощности, возможной при КЗ и угле максимальной чувствительности.

. Реле мощности РМ-11, РМ-12

Н, К1, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей реле;
Н, К1, В	б) проверка отсутствия самохода по току при закороченной обмотке напряжения и подаче входного тока от нуля до 30 $I_{ном}$. Проверка отсутствия самохода по напряжению при отсутствии тока в токовой обмотке и изменении напряжении от нуля до 1,15 $U_{ном}$;
Н, К1, В	в) определение угла максимальной чувствительности при номинальных токе и напряжении;
Н	г) проверка вольт-амперной характеристики при угле максимальной чувствительности (для реле РМ-12 при заданной уставке по напряжению срабатывания);
Н, К1, В	д) проверка надежности работы контактов выходных реле при подведении к реле значений тока 30 $I_{ном}$. и напряжения 1,15 $U_{ном}$.

Реле времени

Реле ЭВ-100 и ЭВ-200

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) измерение напряжения срабатывания и возврата реле;
Н, К1, В	в) проверка времени срабатывании реле на рабочей уставке и на соответствующих делениях шкалы, на которых уставки изменяются оперативным персоналом;
Н, К1, В	г) проверка времени срабатывания реле на рабочей уставке;

Н, К1, В	д) трехкратный запуск реле и прослушивание работы часового механизма.

. Реле *ПРВ, РВ-01, РВ-03*

Н, К1, В	а) проверка и регулировка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка времени срабатывания обеих ступеней на рабочих уставках;
Н	в) проверка напряжения срабатывания и возврата.

Реле серии ВЛ

Н, К1, В	а) проверка времени срабатывания на рабочих уставках.

. Реле РВМ-12, РВМ-13

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка токов начала хода и возврата контактной системы при питании реле поочередно от каждого насыщающегося трансформатора;
Н, К1, В	в) проверка времени срабатывания реле на рабочей уставке;
Н, В	г) проверка при пятикратном запуске;
Н, В	д) проверка надежности работы контактов при токах от 1,05 тока срабатывания до максимального тока КЗ;
Н, К1, К, В	е) проверка времени действия реле в схеме защиты на заданной уставке.

Промежуточные реле

Реле РП-23 - РП-26; РП-211 - РП-215; РП-221 - РП-225; РП-232; РП-233; РП-251 - РП-256; РП-16 - РП-18; РПУ-1; РПУ-2; РПУ-4; РП-8 - РП-12

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н	б) проверка напряжения (тока) срабатывания и возврата реле по основной обмотке;
Н	в) проверка тока (напряжения) удержания реле по дополнительным обмоткам;
Н	г) проверка однополярных выводов основной и дополнительных обмоток;
Н, К1, В	д) измерение времени действия тех реле, для которых оно задано. Если при измерении времени действия производилась регулировка реле, то повторно проверяется напряжение срабатывания, возврата и времени действия реле.

Реле РП-321, РП-341

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;

Н, В	б) проверка тока срабатывания и возврата реле;
Н	в) снятие зависимости вторичного выпрямленного напряжения от тока при последовательно соединенных первичных обмотках;
Н, К1, В	г) проверка надежности работы контактов при максимальном токе КЗ и дешунтировании электромагнита отключения.

. Реле РП-351, РП-352, РП-8, РП-9, РП-11, РП-12

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка напряжения срабатывания каждой обмотки реле.

Указательные реле

Реле ЭС-21, РУ-21

Н, К1, В	а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка напряжения (тока) срабатывания реле.

4.16.2. Реле РУ-1, РЭУ-11

Н, К1, В	а) проверка напряжения (тока) срабатывания реле.

Реле повторного включения

Реле РПВ-58, РПВ-258, РПВ-358

Н, К1, В	а) проверка реле времени;
Н, К1, В	б) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н	в) проверка напряжения срабатывания параллельной обмотки и тока удерживания последовательной обмотки реле 1РП;
Н, К1	г) проверка в полной схеме АПВ правильности включения параллельной и последовательной обмоток реле 1РП;
Н, К1, В	д) проверка времени заряда конденсатора (готовности к повторному действию);
Н, К1, В	е) проверка конденсатора на сохранность заряда;
Н, К1, В	ж) проверка надежности запрета АПВ при замыкании цепи разрядного сопротивления.

Реле РПВ-01, РПВ-02

Н, К1, В	а) проверка механической части реле;
Н	б) проверка времени готовности реле;
Н, К1, В	в) проверка времени срабатывания реле на рабочих уставках (для реле РПВ-02 дополнительно проверяется время срабатывания при втором цикле АПВ);
Н	г) проверка тока удерживания реле;
Н, К1, В	д) проверка надежности запрета АПВ при наличии сигнала, блокировки.

Реле АПВ-2П, АПВ-2М

Н, К1, В	а) проверка времени готовности к срабатыванию;
Н, К1, К, В	б) проверка времени срабатывания первого и второго циклов АПВ на рабочих уставках;
Н, В	в) проверка надежности вывода из работы первого и второго циклов и реле в целом;
Н, К1, В	г) проверка действия реле на выключатель.

Реле частоты
Реле ИВЧ-3, ИВЧ-011, ИВЧ-15

Н, К1, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка частоты срабатывания и возврата на рабочей уставке при номинальном напряжении;
Н, К1, В	в) проверка частоты срабатывания и возврата при 0,6 $U_{ном}$ и 1,25 $U_{ном}$ для реле ИВЧ-3 и ИВЧ-011 и при 0,8 $U_{ном}$ и 1,1 $U_{ном}$ для реле ИВЧ-15.

Реле РЧ-1 и РЧ-2

Н, К1, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей выходного реле; проверка состояния контактных разъемов, паек и печатного монтажа;
Н, К1, В	б) проверка частоты срабатывания и возврата на рабочих уставках при номинальном напряжении;
Н, К1, В	в) проверка времени срабатывания на рабочей уставке при номинальном напряжении;
Н, К1, В	г) проверка напряжений в контрольных точках;
Н, К1, В	д) проверка частоты срабатывания и возврата на рабочих уставках при 0,2 $U_{ном}$ и 1,3 $U_{ном}$ для реле РЧ-1 и при 0,2 $U_{ном}$ и 1,5 $U_{ном}$ для реле РЧ-2;
Н, К1, К, В	е) проверка работоспособности полупроводниковой части схемы нажатием кнопки $К_н$;
Н, К1, В	ж) проверка поведения реле при снятии и подаче напряжения переменного тока при поданном оперативном напряжении;
Н, К1, В	з) проверка поведения реле при снятии и подаче оперативного напряжения при наличии напряжения контролируемой сети.

Газовые реле

Реле РГЧЗ-66

Н, К1, В	а) проверка герметичности поплавков и ртутных контактов;
Н, К1, В	б) проверка плавучести чашек;
Н, К1, В	в) проверка правильности уставки и регулировки контактов;
Н, К1, В	г) проверка срабатывания отключающего и сигнального элементов спуском масла из корпуса реле;
Н, В	д) проверка уставки срабатывания по скорости потока масла (при наличии испытательной установки);

Н, К1, В	е) измерение сопротивления и испытание изоляции электрических цепей реле (по отношению к земле, между контактами и между отключающими и сигнальными цепями);
Н, К1, В	ж) проверка работы установленного на трансформаторе реле нагнетанием воздуха;
Н	з) проверка надежности отстройки реле от пусковых режимов циркуляционных насосов охлаждения трансформатора при всех возможных в эксплуатации переключениях вентилей в системе маслопроводов.

Реле РГТ80, РГТ50

Н	а) проверка правильности установки уставки;
Н, К1, К, В	б) измерение сопротивления и испытание (при Н, К1, В) изоляции между цепями и по отношению к земле;
Н, К1, К, В	в) проверка срабатывания реле с помощью кнопки контроля.

Реле РСТ25

Н	а) проверка правильности установки уставки;
Н, К1, К, В	б) измерение сопротивления и испытание (при Н, К1, В) изоляции между цепями и по отношению к земле;
Н, К1, К, В	в) проверка срабатывания и возврата реле с помощью кнопки контроля.

Реле BF50/10

Н, К1, В	а) проверка правильности уставки и регулировки контактов;
Н, К1, В	б) проверка срабатывания отключающего и сигнального элементов спуском масла из корпуса реле;
Н, В	в) проверка уставки срабатывания по скорости потока масла (при наличии испытательной установки);
Н, К1, К, В	г) измерение сопротивления и испытание (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле [между цепями (при отключенных контактах реле) и по отношению к земле]. Проверка изоляции разомкнутых контактов реле мегаомметром на 500 В;
Н, К1, К, В	д) проверка срабатывания реле с помощью кнопки контроля.

Реле ЬRF 25/10

Н, В	а) проверка правильности уставки и регулировки контактов;
Н, К1, К, В	б) измерение сопротивления и испытание (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле [между цепями (при отключенных контактах реле) и по отношению к земле]. Проверка изоляции разомкнутых контактов реле мегаомметром на 500 В;
Н, К1, К, В	в) проверка срабатывания реле нажатием кнопки контроля возврата.

Реле напряжения обратной последовательности

Реле РНФ-1 и РНФ-1М

Н, К1, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей исполнительного органа;
Н	б) проверка настройки фильтра обратной последовательности на рабочей уставке имитацией всех возможных вариантов двухфазного КЗ;
Н, К1, В	в) проверка напряжения срабатывания и возврата реле на рабочей уставке подачей на вход фильтра напряжения, имитирующего двухфазное КЗ фаз С и А;
Н, К1, В	г) проверка надежности работы контактов реле при подаче на вход фильтра напряжения до 110 В при имитации двухфазного КЗ фаз С и А.

Реле ЕЛ-10

Н, К1, В	а) проверка напряжения срабатывания и возврата реле при подаче на вход напряжения, имитирующего двухфазное КЗ фаз А и С;
Н, К1, В	б) проверка работы реле при имитации всех возможных вариантов двухфазного КЗ.

Реле импульсной сигнализации

Реле РИС-Э2М, РИС-Э2М-0,2, РИС-Э3М, РТД11, РТД12

Н, В	а) проверка исполнительного органа;
Н, В	б) проверка чувствительности реле — определение значения импульса тока срабатывания реле при отсутствии предварительного тока в реле и при протекании во входной цепи предварительно установленного тока;
Н	в) проверка возврата реле;
Н, В	г) проверка работы реле при отклонении питающего напряжения от 0,8 до 1,1 номинального;
Н, В	д) проверка отсутствия ложных срабатываний реле при подаче и снятии оперативного напряжения.

Регуляторы
Автоматический регулятор трансформаторов АРТ-1Н

Н	а) проверка правильности токовых цепей;
Н, К1, В	б) проверка уставки по напряжению срабатывания каналов "убавить" и "прибавить";
Н, В	в) проверка уставки по зоне нечувствительности;
Н, В	г) проверка уставки по токовой компенсации;
Н, К1, В	д) проверка времени срабатывания регулятора по каналам "убавить" и "прибавить";
Н, К1, В	е) опробование работы регулятора совместно с управляемым приводом (приводами) РПН.

Регулятор реактивной мощности В2201

Н, К1, В	а) проверка работоспособности в режиме ручного управления;
Н, К1, В	б) проверка рабочей уставки по току срабатывания;
Н, В	в) проверка уставки по ширине зоны нечувствительности;
Н, В	г) проверка уставки по времени срабатывания регулятора;
Н, К1, В	д) опробование работы регулятора совместно с конденсаторной батареей.

Устройства автоматического ввода резерва
Устройство автоматического включения резерва АВР-10

Н, К1, В	а) проверка уровней выходных напряжений блока питания;
Н, К1, В	б) проверка напряжений срабатывания и возврата устройства;
Н, К1, В	в) проверка времени срабатывания на рабочей уставке;
Н, К1, В	г) проверка действия устройства на выключатель;
Н, К1, К, В	д) проверка работоспособности устройства от кнопки опробования.

Делительная защита с сетевым резервированием ДМЗ

Н, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка напряжений срабатывания и возврата на рабочей уставке;
Н, К1, В	в) проверка времени срабатывания и возврата на рабочей уставке;
Н, К1, В	г) проверка действия защиты на выключатели;
Н, К1, В	д) проверка защиты рабочим напряжением;
Н, К1, В	е) проверка работоспособности от кнопки опробования.

Лекция 4. Устройства для определения мест повреждения
Микропроцессорный фиксирующий индикатор ИМФ-1М

Н, К1, В	а) внешний осмотр;
К1, В	б) внутренний осмотр (до окончания гарантийного срока эксплуатации не производится);
Н, К1, В	в) измерение электрического сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции между входными цепями тока, напряжения и питания, а также между этими цепями и корпусом производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм. Проверка изоляции цепей сигнализации относительно корпуса производится мегаомметром на напряжение 500 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм. На остальные цепи какие-либо напряжения подавать не следует;
Н, К1, В	г) при новом включении, первом профилактическом контроле и восстановлении изоляция между входными цепями тока, напряжения и питания, а также между этими цепями и корпусом должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин. При последующих проверках изоляция этих цепей

	испытывается напряжением 1000 В переменного тока либо мегаомметром на напряжение 2500 В;
Н, К1	д) ввод и проверка уставок;
Н, К1	е) проверка работоспособности в тестовом режиме и при пробном пуске, точности, самозапуска и правильности выбора поврежденных фаз производится в соответствии с заводской инструкцией. Проверка работоспособности индикатора при отклонении оперативного напряжения в рабочем диапазоне и полном его исчезновении;
Н, К1, В	ж) проверка работоспособности тестового контроля составных частей устройства при включении питания и после запуска индикатора. Производится в соответствии с заводской инструкцией.

Микропроцессорный фиксирующий индикатор ИМФ-10

Н, К1, В	а) внешний осмотр;
К1, В	б) внутренний осмотр (до окончания гарантийного срока эксплуатации не производится);
Н, К1, В	в) измерение электрического сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции между входными цепями тока, напряжения и питания, а также между этими цепями и корпусом производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм. Проверка изоляции цепей сигнализации относительно корпуса производится мегаомметром на напряжение 500 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм;
Н, К1, В	г) при новом включении, первом профилактическом контроле и восстановлении изоляция между входными цепями тока, напряжения и оперативными цепями, а также между этими цепями и корпусом должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока. При последующих проверках изоляция этих цепей испытывается напряжением 1000 В переменного тока либо мегаомметром на напряжение 2500 В;
Н, К1, В	д) проверка возможности ввода уставок (при Н) и вывода на табло индикатора необходимой информации. Ввод рабочих уставок производится в соответствии с заводской инструкцией;
Н, К1	е) проверка работоспособности, точности и правильности подключения устройства к сети при пробном пуске, работоспособности индикатора при отключении оперативного напряжения в рабочем диапазоне и полном его исчезновении. Проводится в соответствии с заводской инструкцией.

Индикаторы ФПТ, ФПН

Н, В	а) проверка работы устройства питания БЦП;
Н, В	б) проверка настройки фильтров обратной последовательности;
Н, К1, В	в) проверка линейности выходной характеристики;
Н, К1, В	г) настройка коэффициента коррекции тока нагрузки индикатора ФПГ;
Н, К1, В	д) настройка уставки срабатывания пускового органа;

Н, К1, В	е) проверка работы блока питания индикаторов исполнения I;
Н, К1, В	ж) проверка индикатора рабочим током или напряжением;
Н, К1, К, В	з) проверка работоспособности от кнопки контроля.

Устройства блокировки при неисправности цепей напряжения

Устройства КРБ-11, КРБ-13

Н, К1, В	а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
Н, К1, В	б) проверка идентичности ветвей фильтра напряжения нулевой последовательности совместно с реле РН измерением напряжения на конденсаторах С1, С2, С3 при подаче напряжения 60 В фаз АО, ВО, СО;
Н, К1, В	в) проверка напряжения срабатывания и возврата реле РН на рабочей уставке при подаче напряжения фаз АО;
Н	г) проверка надежности работы контактов реле РН при увеличении напряжения от 0 до 100 В;
Н, К1, В	д) проверка токов срабатывания и возврата реле РТО на рабочей уставке;
Н, К1, В	е) проверка надежности работы контактов и отсутствия вибрации при токе от нуля до десятикратного номинального.

Устройства сигнализации при однофазных замыканиях на землю

. Устройство УСЗ-2/2

Н, К1, В	а) проверка выходного реле РП221;
Н	б) проверка настройки фильтра основной гармонической составляющей;
Н	в) проверка тиратрона;
Н, К1, В	г) проверка токов срабатывания на рабочей уставке;
Н	д) проверка коэффициента отстройки.

Устройства УСЗ-3, УСЗ-3М

Н	а) проверка согласующего трансформатора Тр (для УСЗ-3М);
Н	б) проверка настройки фильтра основной гармонической составляющей;
Н, К1, В	в) проверка чувствительности устройства и проверка показаний микроамперметра.

Устройства защитного отключения АСТРО-УЗО, F-362, F-364, УЗО-М304

Н, К, В	а) проверка фиксации органов управления в положениях "Вкл." и "Откл.";
Н, К, В	б) проверка отключения устройства при нажатии кнопки "Тест";
Н, К, В	в) измерение значения порога срабатывания (значения отключающего тока);
Н, К	г) измерение тока утечки электроустановки и сравнение его значения с отключающим током;

Н, К	д) проверка работоспособности устройства путем имитации тока утечки электроустановки.

Блоки питания

Блоки питания БПТ, БПН

Н, К1, В	а) проверка надежности крепления элементов блоков: трансформаторов, переключателей, выпрямителей и конденсаторов; проверка затяжки винтовых соединений и качества паек;
Н	б) проверка исправности диодов измерением их сопротивления в прямом и обратном направлениях;
Н, К1, В	в) проверка сопротивления изоляции элементов блока и их цепей относительно корпуса и между собой мегаомметром на 1000 В;
Н, К1, В	г) снятие характеристики холостого хода и нагрузочной характеристики на рабочих уставках;
Н, К1, В	д) проверка действия элементов защиты и работы электромагнитов отключения (включения) при питании оперативных цепей от блоков питания.

Блоки питания БПНС

Н, К1, В	а) проверка надежности крепления трансформаторов, переключателей, конденсаторов и силовых полупроводниковых элементов;
Н	б) проверка качества пайки элементов на печатных платах модулей;
Н, К1, В	в) проверка сопротивления изоляции цепей блока между собой и относительно корпуса мегаомметром на 1000 В;
Н, К1, В	г) проверка работы стабилизатора при номинальной нагрузке и изменении трехфазного напряжения питании от 0,5 до 1,1 номинального или двухфазного — от 0,7 до 1,1 номинального;
Н, К1, В	д) проверка работы элементов защиты и сигнализации блока;
Н, К1, В	е) проверка блока при параллельной работе с другими блоками питания, а также действия защиты и электромагнитов отключения (включения) при питании оперативных цепей от блоков питания.

Зарядные устройства и блоки конденсаторов

Н, К1, В	а) проверка надежности крепления элементов блоков: трансформаторов, переключателей, выпрямителей, конденсаторов; проверка затяжки всех винтовых соединений и качества паек;
Н, К1, В	б) проверка механической части и контактных поверхностей реле;
Н	в) проверка исправности диодов измерением их сопротивления в прямом и обратном направлениях;
Н	г) проверка исправности конденсаторов с помощью

	мегаомметра на 500 В;
Н, К1, В	д) измерение сопротивления изоляции цепей блока между собой и относительно корпуса мегаомметром на 1000 В;
Н, В	е) проверка напряжения срабатывания и возврата реле напряжения на рабочей уставке;
Н, К1, В	ж) проверка напряжения срабатывания и возврата поляризованного реле при подключенной нагрузке;
Н	з) определение времени заряда конденсаторов, если выключатели снабжены устройствами АПВ;
Н, К1, В	и) проверка совместной работы блоков конденсаторов и зарядных устройств действием на электромагниты включения (отключении). Определение минимального напряжения заряда, необходимого для четкого срабатывания электромагнита.

Вторичные цепи управления

Н, К1, В	а) внешний осмотр контрольных кабелей, их соединительных муфт, концевых разделок (воронок), рядов зажимов, проводов;
Н, К1, В	б) контроль наличия заземлений металлических оболочек кабелей, маркировки жил и кабелей;
Н, К1, К, В	в) измерение сопротивления изоляции;
Н, В	г) испытание изоляции.

Элементы приводов коммутационных аппаратов

Н, К1, К, В	а) проверка правильности регулировки блок-контактов привода и состояния контактных поверхностей;
Н, В	б) измерение сопротивлений постоянному току электромагнитов управления и контактора электромагнита включения;
Н, В	в) проверка напряжения срабатывания электромагнитов управления, за исключением электромагнита включения электромагнитных приводов выключателей;
Н, К1, В	г) измерение сопротивления изоляции цепей вторичных соединений привода мегаомметром на 2500 В;
Н, К1, В	д) проверка надежной работы привода при 0,9 номинального напряжения оперативного тока на включение и при 0,8 номинального напряжения на отключение;
К1	е) проверка надежной работы привода при номинальном напряжении оперативного тока;
Н, К1, В	ж) измерение времени готовности привода (для пружинных приводов со встроенным АПВ).

ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ОТ ЗАДАННЫХ УСТАВОК УСТРОЙСТВ РЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4-35 кВ

1. Для устройств РЗА 6-35 кВ

Выдержка времени быстродействующих защит без реле времени	±0,05 с
Выдержка времени защит с независимой характеристикой	±0,01 с

Выдержка времени защит с зависимой характеристикой:	
в зависимой части (контрольные точки)	±0,15 с
в независимой части	±0,1 с
Выдержка времени встроенных в привод реле	
в независимой части (с учетом времени отключения выключателя)	±0,15 с
Сопротивление срабатывания дистанционной защиты	±5%
Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения	±5%
Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных в привод	±5%
Мощность срабатывания реле направления мощности переменного тока, напряжение и ток срабатывания реле постоянного тока	±5%
Коэффициент возврата реле:	
не встроенного в привод	±0,05
встроенного в привод	±0,08
Угол максимальной чувствительности реле направления мощности	±5 эл. град.

2. Для микропроцессорных устройств РЗА 6-35 кВ

Ток и напряжение срабатывания	±5%
Выдержка времени защит с независимой характеристикой (до 1 с ± 20 мс)	±2%

Лекция 5. ПРАВИЛА И ОБЯЗАННОСТИ ПЕРСОНАЛА ПО ОПЕРАТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ И ОБСЛУЖИВАНИЮ УСТРОЙСТВ РЗАИ.

1. Дежурный диспетчер ЦДУ ЕЭС СССР, ОДУ энергосистемы, электросети, участка распределительных сетей, дежурный инженер электростанции в свою смену в соответствии с распределением между ними обязанностей по обслуживанию устройств защиты и автоматики выполняет по оперативному обслуживанию РЗАИ следующие функции:

а) руководит оперативным персоналом электростанций, подстанций и ОВБ при выполнении ими операций, предусмотренных инструкциями по обслуживанию устройств РЗАИ присоединений, находящихся в их ведении и управлении.

б) дает распоряжения дежурному персоналу электростанций, подстанций и персоналу ОВБ о предусмотренных инстукциями изменениях в схемах или уставках устройств РЗАИ, вызванных нарушениями в схеме или режиме работы сети, энергосистемы, электростанции, аварийными отключениями и восстановлением нормального режима;

в) руководит дежурным персоналом электростанций, подстанций и ОВБ при устранении ими различных неисправностей и выполнении предусмотренных инструкциями опробований;

г) дает разрешение на производство работ и руководит подготовкой места различных работ в устройствах РЗАИ по заявкам, дает разрешение (или распоряжение) на выполнение работ по специальным программам или указаниям и руководит выполнением требуемых операций с устройствами РЗАИ**,** а также на ввод в действие отключенных устройств после окончания работ или при вводе в действие вновь смонтированных устройств; принимает меры по замене неисправных устройств РЗАИ и вызывает персонал МС РЗАИ и других служб для устранения неисправностей;

е) получает от подчиненного ему оперативного персонала сведения о работе устройств РЗАИ при аварийных отключениях для последующего анализа;

ж) несет ответственность за правильное использование всех устройств РЗАИ, находящихся в его ведении или управлении, и за управление ими.

2. Сменный оперативный персонал электростанций, подстанций, ОВБ выполняет следующие функции:

а) ведет регулярное наблюдение за исправностью устройств РЗАИ, их цепей и вспомогательных устройств, регулярно контролирует их исправность, устраняет некоторые неисправности в пределах требований инструкций;

б) производит предусмотренные инструкциями различные опробования и измерения;

в) производит по распоряжению диспетчера предусмотренные инструкциями изменения схем или уставок, введение ускорений и прочие операции с устройствами РЗАИ, вызываемые изменениями схемы или режима работы сети, электростанции, системы, необходимость подготовки различных работ или другими причинами;

г) подготавливает по распоряжению диспетчера место работ, допускает к работам персонал МС РЗАИ или персонал посторонних организаций и принимает от указанного персонала в эксплуатацию устройства защиты и автоматики после выполнения работ;

д) выполняет записи о работе устройств РЗАИ и передает их диспетчеру;

е) отвечает за правильное и своевременное выполнение распоряжений диспетчера и точное выполнение всех требований инструкций по обслуживанию, различных устройств защиты и автоматики.

3. Персонал МС РЗАИ, имеющий право самостоятельного допуска к работам в устройствах РЗАИ в пределах щита управления или право оперативных переключений в первичной схеме, по оперативному управлению устройствами РЗАИ приравнивается к оперативному персоналу электростанций и подстанций или ОВБ.

Точный перечень прав и обязанностей персонала МС РЗАИ, имеющего право самостоятельного допуска по оперативному управлению устройствами РЗАИ, устанавливается соответствующим положением, утвержденным главным инженером предприятия.

4. Оперативно-ремонтный персонал, персонал службы подстанций электроцеха может быть допущен к выполнению регулярных осмотров устройств защиты и автоматики, опробованию некоторых АВР, опробованию действия выключателей от ключа управления и др. Допуск этого персонала к таким опробованиям оформляется распоряжением главного инженера предприятий. Опробование выполняется по специальным. инструкциям отключением или изменением режима работы соответствующего первичного оборудования , с помощью специально предусмотренных для этого кнопок с самовозвратом и аналогичными приспособлениями..

5. Персонал посторонних специальных монтажных и наладочных организаций, выполняющий монтажные или наладочные работы в устройствах РЗАИ на действующих электростанциях и подстанциях, не имеет права оперативного управления и обслуживания действующих устройств РЗАИ.

На все операции с действующими устройствами РЗАИ или первичным оборудованием, необходимые для выполнения работ персоналом монтажных и наладочных организаций, подается заявка в установленном порядке. Операции по разрешенной заявке выполняет дежурный персонал по распоряжению диспетчера.

6. Точное распределение обязанностей между оперативным и приравненным к нему персоналом различных служб по оперативному управлению устройствами РЗАИ и их обслуживанию устанавливается должностными инструкциями и положениями о распределении ответственности.

ТРЕБОВАНИЯ К ОПЕРАТИВНОМУ ПЕРСОНАЛУ.

1. Дежурный диспетчер ЦДУ ЕЭС СССР, ОДУ энергосистемы, электросети, участка или района электросети, дежурный инженер электростанции должен, четко знать (по обслуживанию устройств РЗАИ):

а) влияние устройств РЗАИ на устойчивость и надежность работы энергосистем, особенно требования к времени действия релейной защиты;

б) значение устройств РЗАИ в обеспечении бесперебойного питания потребителей и быстрейшей ликвидации повреждений;

в) принцип действия и назначение всех устройств РЗАИ, находящихся в его ведении или управлении;

г) инструкции по оперативному обслуживанию устройств РЗАИ, находящихся в его ведении или управлении;

д) способы замены выведенного из работы (по любым причинам) устройства РЗАИ (особенно быстродействующей релейной защиты) и другие мероприятия при неисправности устройств РЗАИ.

2. Постоянный оперативный персонал электростанций, подстанций и персонал ОВБ должен четко знать:

а) принцип действия и назначение каждого устройства релейной защиты, противоаварийной и другой автоматики, взаимодействие с различными устройствами, установленными на данной электростанции или подстанции, или с полукомплектами, установленными на других концах линий;

. б) источники питания устройств РЗАИ оперативным постоянным и переменным током;

в) связи каждого устройства с различным оборудованием— трансформаторами тока и напряжения, конденсаторами связи и т. д.;

г) воздействие на выключатели, короткозамыкатели, отделители, разъединители, автоматические выключатели, пускатели и прочие коммутационные аппараты каждого устройства защиты и автоматики;

д) от какого оборудования и каким образом производится запуск устройства противоаварийной и системной автоматики, всех органов управления и сигнальных аппаратов на каждой панели;

ж) расположение автоматических выключателей, предохранителей, выключателей и прочих коммутационных аппаратов в целях питания каждого устройства РЗАИ оперативным током, в цепях питающих их трансформаторов напряжения и в цепях связей данного устройства с другими;

з) инструкции по обслуживанию каждого устройства РЗАИ, установленного на данной электростанции или подстанции.

3. Оперативный персонал и ОВБ должны уметь:

а) пользоваться инструкциями по обслуживанию данного устройства РЗАИ и связанных с ним других устройств и структурными или принципиальными схемами этих устройств;

б) пользоваться всеми коммутационными аппаратами (отключающими устройствами, автоматическими выключателями, переключателями), относящимися к устройствам защиты и автоматики, к их оперативным цепям и цепям трансформаторов напряжения;

в) устранять простые неисправности, например, производить смену перегоревших сигнальных ламп, смену плавких вставок предохранителей, определять цепи оперативного тока, замкнувшиеся на землю и т. п.;

г) выполнять предусмотренные инструкциями измерения, проверки исправности и режима работы некоторых устройств некоторые виды опробований действия различных устройств;

д) изменять уставки некоторых защит в пределах, предусмотренных соответствующими инструкциями;

е) устранять отклонения от заданного режима некоторых устройств способами, указанными в инструкции.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПЕРАТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ УСТРОЙСТВАМИ РЗАИ.

1. Все исправные устройства РЗАИ всегда должны быть включены в работу в соответствии с инструкциями по их обслуживанию. Исключение составляют некоторые исправные комплекты устройств или части устройства, нормально выведенные из работы и вводимые в работу при предусмотренных инструкциями изменениях схемы или режима работы. На все такие устройства составляется перечень (приложение 3). Перечень должен находиться на щите управления электростанции или подстанции, у диспетчера, в ведении или управлении которого находится данное устройство, и в соответствующей службе РЗАИ.

2. Ни одно включенное присоединение не допускается оставлять без введенной в действие защиты от коротких замыканий. При выводе, из работы или неисправности отдельных видов защит оставшиеся в работе устройства релейной защиты должны обеспечить полноценную защиту электрооборудования и линий электропередачи от всех видов повреждений. Если это условие не выполняется, должна осуществляться временная защита.

Для этого в зависимости от местных условий: наличия быстродействующих защит на других элементах, режима и схемы работы энергосистемы, электросети, электростанции могут быть применены различные способы, как ввод в работу ускорения резервных защит, вывод присоединения через шиносоединительный или обходной выключатель с их защитами, замена лишенного защиты оборудования или линии резервными и другие. Подобные мероприятия разрабатываются заранее и наносятся в перечень, который должен находиться на щите управления электростанции или подстанции, у соответствующего диспетчера и в службе РЗАИ (приложение 4). Коли это выполнить невозможно, присоединение должно быть отключено.

3. В зависимости от местных условий вместо перечня нормально отключенных устройств РЗАИ и мероприятий по замене выведенных из работы устройств РЗАИ могут быть составлены оперативные карты по устройствам РЗАИ отдельных присоединений, где даются все небходимые сведения, или приведены указания в местных дополнениях к типовым инструкциям.

4. Все операции с устройствами РЗАИ оперативный персонал электростанции, подстанций и персонал ОВБ выполняет только по распоряжению или с разрешения дежурного инженера электростанции или соответствующего диспетчера, в ведении или управлении которого находятся эти устройства.

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

В аварийных условиях при отсутствии связи с диспетчером оперативный персонал имеет право самостоятельно выполнить операции, предписанные инструкцией по обслуживанию устройства для данного случая или инструкцией по ликвидации повреждений. О выполненных операциях оперативный персонал обязан сообщить диспетчеру немедленно, как только востановится связь.

5. Все операции с устройствами РЗАИ, состоящими из двух и более полукомплектов, расположенных на разных концах линии, должны выполняться одновременно.

6. Перед отключением по любым причинам устройств РЗАИ и ПА, пускающих УРОВ, необходимо предварительно отключить от них пуск УРОВ.

7. Все операции с разъединителями и воздушными выключателями, опробования оборудования после ремонта или длительного нахождения без напряжения должны вы подняться при включенных в работу быстродействующих защитах и УРОВ.

Если быстродействующие защиты почему—либо нельзя ввести в работу или их нет, необходимо ввести в работу ускорения резервных защит или временную быстродействующую защиту, например, защиту шиносоединительного или обходного выключателя, или временно подключаемый комплект защиты, заранее смонтированный и подготовленный.

8. Все операции с защитами—ввод в работу, вывод из работы, ввод ускорения, различные изменения схем, различные измерения и опробования должны выполняться только специально установленными для этого отключающими устройствами, ключами управления, рубильниками, переключателями, накладками, кнопками, испытательными блоками и т. п.

Подключать и отключать провода и жилы кабелей для проведения различных операций оперативному персоналу запрещается, это может выполнять только персонал РЗАИ.

9. В ряде случаев оперативному персоналу вменяется в обязанность изменять уставки некоторых защит изменением положения органов настройки внутри реле, например: на защите шиносоединительного выключателя. Подобные изменения должны выполняться в строгом соответствии с инструкцией по обслуживанию этой защиты при отключенной защите. Для облегчения таких операций и уменьшения возможности ошибок реле, уставки которых изменяются, должны быть заранее подготовлены, а именно:

а) на шкалах реле с плавной регулировкой должны быть нанесены специальные обозначения или отметки уставок, на которые устанавливается поводок;

б) в ряде случаев, заводская шкала реле может заменяться специальной шкалой, на которую наносятся требуемые уставкя в первичных'значениях;

в) для реле со ступенчатым регулированием уставок штеккерами должны быть составлены таблицы положений всех штеккеров для всех уставок. К заводским обозначениям штеккеров желательно добавить шкалу с указанием уставок в первичных значениях.

10. Нормально включенные устройства РЗАИ отключаются:

а) по заявке для выполнения различных работ (проверка, ремонт, перестройка уставок);

б) при неисправностях устройства в соответствии с инструкцией по его обслуживанию;

в) при неисправностях трансформаторов напряжения или их цепей, питающих устройства, в соответствии с инструкцией по обслуживанию цепей трансформаторов напряжения;

г) при изменениях схемы первичных соединений или режима работы электростанций, подстанций, сети, системы в соответствии с инструкцией по обслуживанию;

д) в особых случаях, предусмотренных специальными указаниями или программами типовых и разовых работ.

Перед отключением любого устройства РЗАИ и ПА необходимо убедиться, что выполнены все мероприятия, предусмотренные для этого случая, обеспечивающие надежную работу электростанции, подстанции, энергосистемы, электросети, как то: введено в работу устройство, заменяющее отключаемое, введены ускорения других защит или защиты шиносоединительных и обходных выключателей, выполнены мероприятия по изменению схемы или режима работы электростанции, электросети, электросистемы и т. п.

11. Перед включением в работу устройства РЗАИ необходимо:

а) в результате внешнего осмотра и по имеющейся сигнализации убедиться в исправности устройства;

б) проверить правильность положения различных органов управления устройством;

в) если имеется специальная сигнализация, то убедиться по ней, что на устройство подано напряжение от соответствующего трансформатора напряжения и оперативный ток, что исправны цепи воздействия устройства на коммутационные аппараты, а само устройство готово к действию;

г) если включается устройство, уставки которого изменяются самим оперативным персоналом, дополнительно проверить правильность выполненных уставок;

д) для некоторых устройств (дифференциальные защиты шин и линий, высокочастотные защиты и другие) произвести предусмотренные инструкциями измерения и опробования;

с) привести указательные реле и другие сигнальные устройства в начальное состояние;

ж) проверить наличие записей в журнале о возможности включения в работу данного устройства.

12. На щитах управления всех электростанций и подстанций, у соответствующего диспетчера и в службе РЗАИ должен быть журнал (карта) уставок релейной защиты, в котором, кроме уставок, указывается максимальная допустимая нагрузка по условиям настройки релейной защиты. Оперативный персонал должен следить за величиной нагрузки и при приближений ее к максимально допустимой принимать меры, предотвращающие неправильное срабатывание защиты из-за перегрузки. Эти мероприятия (ввод резервного оборудования, изменения схемы для перераспределения нагрузки, ограничение потребителей и т. п.) разрабатываются заранее, утверждаются руководством предприятия и выполняются оперативным персоналом.

Отключать защиту от коротких замыканий, которая может неправильно сработать из-за перегрузки (например, максимальную защиту трансформаторов без блокировки по напряжению со стороны питания), допускается только в исключительных случаях по специальному решению руководства предприятия и при наличии другой защиты, на которую перегрузка не влияет.

13. Звуковая и световая аварийная и предупредительная сигнализация на щитах управления с постоянным дежурным персоналом должна быть постоянно включена.

Телесигнализация должна быть также постоянно включена.

Вызывная сигнализация при дежурстве на дому должна переключаться при уходе дежурного с подстанции на квартиру.

Лампы сигнализации положения выключателей, как правило, не должны гореть и должны загораться при включении от руки в случае необходимости и автоматически при срабатывании устройств РЗАИ. Режим работы сигнализации и действия персонала указываются в местной инструкции.

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

15. Обо всех работах в устройствах РЗАИ, изменениях схем и уставок, вводе в действие новых устройств РЗАИ и ПА, о готовности к вводу в действие устройств РЗАИ и

ПА после любых работ, вводе в действие измененных и дополненных различных инструкций по обслуживанию устройств персонал РЗАИ делает записи в журнале релейной защиты перед вводом в работу данного устройства. Оперативный персонал должен ознакомиться с этими записями и расписаться в журнале перед вводом устройства в работу.

КОНТРОЛЬ ИСПРАВНОСТИ УСТРОЙСТВ РЗАИ.

1. Обязательный осмотр всех устройств РЗАИ, проверка их исправности и готовности к действию производится:

а) на электростанциях и подстанциях с постоянным сменным дежурством—один раз в смену;

б) на подстанциях со сменным дежурством на дому—при приемке и сдаче смены;

в) на подстанциях основной сети, не имеющих постоянного дежурного персонала и обслуживаемых ОВБ, не реже одного раза в месяц при наличии телесигнализации о неисправности устройств РЗАИ и автоматического контроля высокочастотных каналов. На остальных подстанциях, не имеющих контроля высокочастотных каналов и телесигнализации - о неисправностях РЗАИ, не реже одного раза в неделю;

г) на трансформаторных подстанциях, распределительных и переключательных пунктах, секционирующих выключателях и прочих установках распределительных сетей - не реже одного раза в 6 м-с.

2. Обязателен осмотр, проверка исправности и готовности к действию устройств РЗАИ в установках без постоянного дежурного персонала при посещениях этих установок персоналом ОВБ или оперативно-ремонтным персоналом по другим причинам.

3. На крупных электростанциях и подстанциях с большим количеством устройств РЗАИ или расположенных в удаленных один от другого помещениях решением главного инженера осмотр может быть распределен между разными сменами, каждая из которых осматривает закрепленный за ней участок по расписанию.

4. Рекомендуемая последовательность осмотра изложена ниже. В зависимости от местных условий, главным образом от места установки устройств РЗАИ (щит управления, специальное релейное помещение, коридор управления в распределительном устройстве, КРУН подстанции и т.д.), последовательностьность осмотра может изменяться, но с обязательным выполнением всех изложенных далее требований.

При осмотре следует:

а) ознакомиться с записями в журнале релейном защиты обо всех работах, производившихся за время отсутствия данного дежурного, изменениях в уставках, схемах или инструкциях по обслуживанию, обо всех вновь введенных в работу или выведенных из работы устройствах РЗАИ и причинах их отключения или включения, а также с записями в оперативном журнале;

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

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

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

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

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

ж) проверить правильность положения всех коммутационных аппаратов на щите оперативного тока, в кольцах питания панелей щита управления и устройств РЗАИ, в кольцах питания оперативным током всех КРУ, КРУН и других распределительных устройств всех напряжений;

з) проверить по установленным измерительным приборам и сигнализации исправность цепей трансформаторов напряжения, предохранителей, правильное положение всех коммутационных аппаратов в этих цепях в соответствии с действительной схемой первичных соединений;

и) осмотреть все устройства защиты и автоматики на щите управления, на релейном щите, в коридорах РУ, КРУ, КРУН и проверить их исправность и готовность к действию по внешнему виду и, если возможно, по сигнализации. Возвратить в начальное состояние указательные реле, сработавшие от случайных причин (сотрясения и т. п.);

к) проверить правильность положения всех органов управления устройствами РЗАИ, соответствие их положений действительной первичной схеме электростанции, подстанции, сети. Особое внимание обратить на устройства, включенные или отключенные из-за отклонений от нормального режима, переведенные на шиносоединительный или обходной выключатель, отключенные или измененные защитами обходного и шиносоединительного выключателя и т. д.

Дополнительно убедиться, что у отключенных защит, пускающих УРОВ, отключен пуск УРОВ. У устройств, работа и состояние которых определяются схемой первичных соединений (АВР секционных выключателей, трансформаторов СН, поперечная дифференциальная защита линий и другие) дополнительно проверить соответствие положения их органов управления действительной схеме первичных соединений,

л) осмотреть и проверить исправность и готовность к действию фиксирующих приборов, самопишущих измерительных приборов и осциллографов, проверить запас чернил и бумаги для приборов, запас бумаги или пленки для осциллографов;

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

н) выполнить различные измерения для проверки исправности некоторых устройств (дифференциальная защита шин, продольная дифференциальная защита линий, приемопередатчики высокочастотных защит и устройств телеотключения и др.);

с) осмотреть и проверить работу и состояние сложной, продолжительно работающей электроавтоматики, например, охлаждения и регулирования напряжения трансформаторов, компрессорных установок воздушных выключателей и др.;

п) осмотреть газовые реле трансформаторов и автотрансформаторов.

У реле со смотровым окном проверить отсутствие воздуха в корпусе реле;

р) проверить положение грузов и пружин у грузовых и пружинных приводов. У приводов, включавшихся вручную, проверить положение рычага конечного выключателя и цепи завода пружин;

с) проверить положение заземляющего разъединителя у конденсаторов связи, используемых для высокочастотных защит;

т) проверить уплотнения, двери и крышки релейных шкафов, сборок вторичных соединений и приводов выключателей и других коммутационных аппаратов на . открытой части подстанции, особенно после дождя, таяния снега и метелей.

Результаты осмотра записать в журнал, обо всех неисправностях немедленно сообщить диспетчеру и персоналу соответствующих служб и по их указаниям или по соответствующим инструкциям принять необходимые меры.

5. Наблюдение за поддержанием заданного режима и, при необходимости, исправления отключений от заданного режима сложной автоматики непрерывного действия (регулирование возбуждения генераторов и компенсаторов, охлаждение генераторов и компенсаторов, подзарядные устройства аккумуляторных батарей и др.) выполняются по специальным инструкциями

6. Если исправность некоторых устройств защиты и автоматики (дифференциальная защита шин, продольная диффренциальная защита линий, устройства с высокочастотными приемопередатчиками и др.), установленных на подстанциях без постоянного дежурного персонала и обслуживаемых ОВБ, требуется проверять чаще, чем указано в п. 1 настоящего раздела, то дополнительные проверки их исправности выполняются в сроки и в объеме, которые указаны в инструкциях по их обслуживанию.

УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В УСТРОЙСТВАХ РЗАИ.

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

Подробный перечень ненсправюстей, устранение которых возлагается на оперативный персонал, и способы их устранения указаны в соответствующих инструкциях по обслуживанию. Поэтому далее даются лишь общие указания.

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

3. Обрыв цепи отключения выключателя или другого коммутационного аппарата, что обнаруживается по имеющейся сигнализации, выводит из работы все устройства РЗАИ.

В этом случае диспетчер выполняет мероприятия, предусмотренные для присоединения, полностью лишившегося релейной защиты.

4. При повторном отключении автоматического выключателя или перегорании вставок в цепи питания только одной из нескольких релейных защит одного присоединения диспетчер выполняет мероприятия, предусмотренные для отключения этой зашиты.

5. Повреждение индивидуальных блоков питания, зарядных устройств конденсаторов и самих конденсаторов в цепи отключения выключателя, отделителя, короткозамыкателя выводит из работы все устройства РЗАИ, действующие от этих блоков питания или конденсаторов. В этом случае диспетчер выполняет мероприятия, предусмотренные для данного присоединения, лишившегося всех защит.

6. При повреждении выпрямителей, питающих цепи включения электромагнитных приводов, отключаются все устройства, действующие на автоматическое включение

выключателя, лишившегося питания. Повреждения эти обнаруживаются по уменьшению показаний вольтметра, измеряющего выпрямленное напряжение, и внешним осмотром выпрямителей. Устранение повреждений выполняется ремонтным персоналом.

7. При появлении замыкания на землю в цепях оперативного постоянного или переменного тока оперативный персонал должен по разрешению диспетчера, и пользуясь указаниями местной инструкции, определить место повреждения и результаты сообщить диспетчеру. До устранения неисправности выполняются мероприятия, указанные в местной инструкции.

8. Некоторые устройства РЗАИ и ПА имеют индивидуальный контроль наличия на них оперативного тока и напряжения от трансформаторов напряжения (измерительные приборы, сигнальные лампы и т. п.). Если эти контрольные устройства показывают отсутствие напряжения или оперативного тока, то дежурный должен немедленно проверить положение автоматических выключателей и исправность предохранителей в цепях, питающих эти устройства, и при необходимости включить автоматический выключатель или сменить сгоревшие вставки предохранителей. Если нормальное питание не восстановится, хотя, предохранители и автоматические выключатели исправны, по указанию диспетчера следует выполнять предписания инструкции по обслуживанию данного устройства.

9. Ответственность за исправность предохранителей в цепях устройств. РЗАИ несет оперативный персонал.

ДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ПРИ СРАБАТЫВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗАИ.

1. При срабатывании устройств РЗАИ и ПА в зависимости от местных условий действует различная световая и звуковая сигнализация на щите управления, телесигнализация, вызывная сигнализация на дому.

При срабатывании устройств РЗАИ оперативный персонал должен определить, какое устройство и какая его зона сработала. Определение производства по выпадению флажков указательных реле, имеющих такое же название, как и устройство, при срабатываний которого они выпадают, например: «Максимальная защита», «I зона» и т. п., или же по выпадению флажков основных реле, например РТ-81. В некоторых устройствах, например, в устройствах с модулями, определение производится по специальному табло со световой сигнализацией. Во многих случаях контакты указательных реле приводят в действие сигнализацию, зажигая лампу с соответствующей надписью. Загорание лампы напоминает оперативному персоналу о необходимости поднять выпавшие флажки указательных реле.

2: При срабатывании устройств РЗАИ оперативный персонал должен:

а) выполнить предусмотренные местной инструкцией операции с сигнализацией (отключить звуковой сигнал, включить сигнализацию положения выключателей и т. п.)

б) определить по имеющейся сигнализации и внешним осмотром, что произошло: отключение или включение первичного оборудования с успешным или неуспешным АПВ и АВР, работа релейной защиты на сигнал, например, газовой защиты и защиты от перегрузки, сигнализации о замыкании на землю в сети 6—35 кВ, повреждения различных устройств на данной электростанции или подстанции, например, замыкание на землю в цепях оперативного тока, сгорание предохранителей, а затем произвести запись в журнале и сообщить диспетчеру;

в) квитировать ключи управления изменивших свое нормальное положение коммутационных аппаратов, убедившись, что устройства АПВ и АВР работали неуспешно и дальнейшем работать не будут;

г) осмотреть все устройства защиты и автоматики и отметить мелом или другим способом на панели или кожухах все сработавшие указательные реле и произвести запись в журнале;

д) осмотреть счетчики АПВ и АВР и записать изменения их показаний в журнале;

е) осмотреть самопишущие приборы, фиксирующие приборы, осциллографы и записать в журнал результаты осмотра. Выполнить операции, предусмотренные инструкцией по обслуживанию фиксирующих приборов;

ж) завести пружины или грузы приводов, не имеющих самозавода;

з) сообщить о результатах осмотров и записях в журнале диспетчеру и с его разрешения возвратить в начальное состояние указательные реле. Стирать временные отметки указательных реле следует только, после окончания анализа работы устройств РЗАИ, по разрешению диспетчера;

и) проверить перед включением, подняты ли все флажки указательных реле, выпавших при первом отключении, если потребуется немедленное повторное включение отключившегося первичного оборудования.

При повторном срабатывании устройств РЗАИ после обратного включения присоединения работа указательных реле отмечается способом, отличным от способа обозначения в первом случае. Например, при первом срабатывании указательные реле отмечаются цифрой 1, при повторном-цифрой 2.

3. При срабатывании на сигнал газовой защиты трансфсрматоров, сигнализации о замыкании на землю в сетях 6—35 кВ, сигнализации о перегрузке оборудования и о различных повреждениях устройств РЗАИ действовать по соответствующим инструкциям и указаниям диспетчера.

4. После окончания всех операции повторно убедиться, что подняты флажки указательных реле, установлены в надлежащее положение все органы управления устройствами РЗАИ в соответствии с действительной схемой первичных соединении, привести в нормальное состояние сигнализацию, сообщить в службу РЗАИ,

5. После окончания анализа действия устройств РЗАИ и ПА стереть временные отметки сработавших указательных реле.

6. Обо всех случаях работы устройств РЗАИ и ПА оперативный персонал обязан сообщить МС РЗАИ.

Лекция 6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА УСТРОЙСТВАХ РЗАИ.

1. Все работы в устройствах РЗАИ, введенных в эксплуатацию, как правило, выполняет только персонал служб РЗАИ, допущенным к работам в этих устройствах.

Персонал посторонних наладочных и монтажных организаций к работам на действующих устройствах РЗАИ допускается по специальному распоряжению главного инженера предприятия.

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

3. Все работы с первичными датчиками различной технологической автоматики, приводами коммутационных аппаратов выполняются персоналом МС РЗАИ и персоналом соотвествующих служб совместно или раздельно в соответствии с границами их ответственности.

4. При работах на каналах связи, телеуправления, телесигнализации (проводных и высокочастотных), общих с устройствами защиты в автоматики, необходимо отключать все устройства РЗАИ и ПА, связанные с этими каналами (по специальной заявке).

5. При работах на устройствах, состоящих из нескольких полукомплектов, расположенных на разных концах линий, они должны быть отключены на всех концах линии.

6. Все работы в устройствах РЗАИ и на оборудовании ВН производятся только по заранее поданным, оформленным и разрешенным заявкам.

Срок подачи заявки, способы ее оформления, способы передачи МС РЗАИ разрешения или отказа заявки и прочие условия устанавливаются руководством предприятия.

7. В экстренных, не терпящих отлагательства случаях, в оперативном порядке дежурный диспетчер, в ведении или управлении которого находится данное устройство, может разрешить работы на нем, но только во время своего дежурства. На продление таких работ требуется разрешение главного диспетчера или оформление заявки.

При составлении заявки должны быть предусмотрены:

а) необходимые отключения и включения первичного оборудования на все время работ или только для различных опробований с обратным включением или отключением;

б) выполнение требований инструкций, программы и указаний о замене отключаемой защиты другими (например, введение ускорений, замена отключаемой защиты защитой шиносоединительного выключателя и др.);

в) проверка отключаемой защиты под нагрузкой, возможность создания необходимых значений и направления нагрузки; защит с которыми присоединение включается для проверки отключенной защиты;

г) возможность непредвиденного отключения работающего оборудования и необходимость выполнения в этом случае требуемых мероприятий;

д) требуемые инструкциями, программами или указаниями отключения и обратные включения других устройств, связанных с устройством, на котором производятся работы, по принципу действия или общими цепями и аппаратами, в том числе установленными на других электростанциях и подстанциях.

9. Незасисимо от имеющейся разрешенной заявки к любым работам по заявке можно приступать только по разрешению диспетчера, в ведении или управлении которого находится данное устройство, полученному непосредственно перед началом работ. Перед выдачей такого разрешения диспетчер, а при получении-дежурный должны проверить, не возникли ли какие-либо причины, препячствующие проведению работ в сроки и в условиях, разрешенных заявкой.

10. Получив разрешение, дежурный по указанию диспетчера готовит место работ:

а) выполняет необходимые отключения и включения первичного оборудования;

б) выполняет предусмотренные инструкциями или указанные в заявке или программе операции с устройствами РЗАИ;

в) выполняет требования правил техники безопасности;

г) устанавливает ограждения или шторы, закрывающие доступ к соседним устройствам РЗАИ и ПА;

д) проверяет наличие допуска к соответствующим работам у работающего персонала РЗАИ;

е) допускает персонал к работам.

11. В процессе работы дежурный производит по требованию работающего персонала необходимые включения и отключения полностью выведенных из работы (с отключенными разъединителями) первичных коммутационных аппаратов (выключателей, короткозамыкателей, отделителей) для различных опробований и проверок взаимодействия устройств защиты и автоматики с первичным оборудованием. Получает от диспетчера разрешение на выполнение персоналом служб РЗАИ различных включений и отключений оборудования, находящегося под напряжением, от устройств РЗАИ с первичным оборудованием. Включения и отключения первичного оборудования от устройств РЗАИ выполняются персоналом служб РЗАИ.

12. Включения и отключения полностью выведенных из работы первичных коммутационных аппаратов (выключателей, короткозамыкателей и т. п.) при работах с первичными и вторичными реле прямого действия, регулировке приводов, проверках отключающих и включающих электромагнитов, наладках автоматики и других подобных

работах могут выполняться персоналом служб РЗАИ самостоятельно, но с обязательным предупреждением дежурного.

13. После окончания работ оперативный персонал должен:

а) ознакомиться с записями, сделанными персоналом МС РЗАИ в журнале релейной защиты, при необходимости - с изменениями в аппаратуре на панелях устройств и правилами обслуживания замененной или добавленной аппаратуры, производить предусмотренные инструкциями измерения или опробования, расписаться в журнале релейной защиты и сообщить диспетчеру об окончании работ и готовности устройства РЗАИ к вводу в действие;

б) устанавливать после получения разрешения диспетчера в необходимые положения органы управления устройством, производить измерения, вводить устройство в работу и сообщать об этом диспетчеру;

в) выполнять по распоряжению диспетчера предусмотренные инструкциями или заявкой операции с другими устройствами защиты и автоматики, вызванные проведением данной работы.

Ввод в работу любого устройства РЗАИ и ПА допускается только при наличии в журнале релейной защиты записи о готовности устройства к вводу в работу. Запись выполняется персоналом служб РЗАИ.

14. Перед вводом в действие нового типа устройства на электростанции или подстанции или при включении новой подстанции оперативный персонал должен:

а) заранее изучить полученные от МС РЗАИ исполнительные структурные или принципиальные схемы и инструкции по обслуживанию данных устройств релейной защиты и автоматики;

б) ознакомиться на месте установки с органами управления устройством РЗАИ, под руководством персонала службы РЗАИ освоить операции по выполнению необходимых измерений, опробований и устранению неисправностей;

в) ознакомиться с изменениями действующих инструкций по обслуживанию устройств защиты и автоматики, вызванными вводом нового устройства.

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ РЗАИ.

1. Оперативное управление всеми устройствами релейной защиты, электроавтоматики и сигнализации оперативный персонал может выполнять только стационарными, предназначенными для этого, отключающими устройствами: ключами управления, испытательными блоками, переключателями, накладками, кнопками с самовозвратом и другими подобными аппаратами.

Для измерений дежурный, как правило, должен пользоваться только стационарными, постоянно включенными измерительными приборами, кнопками с самовозвратом или другими коммутационными аппаратами для кратковременных измерений.

В отдельных, случаях, специально оговоренных в местных инструкциях, оперативный персонал может пользоваться переносными приборами, например, измерительными клещами, вольтметрами и другими, т. е. приборами, не требующими для присоединения отключения, переключения проводов и жил кабелей.

Все опробования действия различных устройств дежурный должен выполнять только предназначенными для этого аппаратами.

Оперативный персонал не имеет права отключать и подключать концы проводов и жил кабелей, а также пользоваться временными перемычками.

2. Все отключающие устройства (накладки) должны иметь такое же название, как и устройство, в цепи которого они установлены, например, «Дистанционная защита», «АПВ», или обозначение на соответствующей принципиальной схеме.

Для ввода в работу устройства оперативный персонал должен освободить подвижной контакт отключающего устройства (накладки), перевести в требуемое

положение и закрепить. Это положение «Отключение» для устройств, действующих на отключение выключателей и других коммутационных аппаратов, например, для релейной защиты.

Для устройств, действующих на включение коммутационных аппаратов, например для АПВ, это положение - «Включение». В этих положениях выходная цепь устройства защиты и автоматики подключена к электромагнитам управления выключателей и других коммутационных аппаратов.

Для вывода из действия устройств защиты и автоматики оперативный персонал должен освободить подвижный контакт отключающего устройства, перевести их в другое положение и закрепить. Это положение—«Сигнал». Выходная цепь устройства защиты и автоматики в этом положении отключена от электромагнитов управления. В ряде случаев при переводе в положение «Сигнал» выходная цепь действует на сигнальную лампу или указательное реле, например, у газовой защиты трансформаторов. Горение сигнальной лампы или срабатывание указательного реле указывает, что устройство сработало и переводить его в положение «Отключение» или «Включение» нельзя.

Некоторые отключающие устройства имеют и третье, среднее положение, назначение и обозначение которого может быть различным и указывается в инструкции для этого устройства. В некоторых случаях ввод в работу и вывод из роботы устройств РЗАИ и ПА выполняются испытательными блоками, различными ключами и переключателями на несколько положений, рубильниками и другими аппаратами. Положения этих, аппаратов и операции с ними для разных режимов указаны в инструкциях по оперативному обслуживанию этих устройств.

3. При отключении релейной защиты, пускающей УРОВ, необходимо предварительно отключить пуск УРОВ от этой защиты. Для этого дежурный должен освободить, перевести в нужное положение и закрепить в нем поводок отключающего устройства или перемычку накладки, называющиеся «Пуск УРОВ». Это положение имеет обозначение «Сигнал». После включения защиты в работу дежурный должен ввести в работу и пуск УРОВ от этой защиты, для чего поводок отключающего устройства или перемычка накладки переводятся и закрепляются в другом положении, имеющем обозначение «Включен».

4. Устройства защиты и автоматики, не имеющие в выходных цепях отключающих устройств или накладок, и различные соединения разных устройств могут вводиться в работу и выводиться из работы только персоналом МС РЗАИ под контролем оперативного персонала.

5. При отключении быстродействующих релейных защит вводятся в работу оперативные ускорения резервных защит.

Ввод и вывод оперативных ускорений выполняются отключающими устройствами, накладками, рубильниками, имеющими соответствующие названия, например: «Ускорения II зоны дистационной защиты», «Ускорение III зоны земляной защиты», «Ускорение максимальной защиты» и др. Нормально поводок .отключающего устройства или перемычка накладки закреплены в положении, обозначенном «Сигнал», а рубильники отключены. Для ввода в работу ускорения поводок отключающего устройства или перемычка накладки переводится и закрепляется в положении, обозначенном «Включено», а рубильник включается. Для вывода ускорения эти устройства переводятся и закрепляются в положении «Сигнал», а рубильник отключается. Ввод и вывод ускорения выполняются без отключения защиты.

6. Коммутационные устройства, положение которых оперативный персонал не имеет права изменять, должны быть запломбированы.

Лекция 7. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УСТРОЙСТВАМ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ РЗА

1. Все функции релейной защиты и автоматики, являющиеся жизненно важными для предотвращения разрушения электрооборудования и обеспечения устойчивости и надежности работы энергосистем, должны выполняться децентрализованными, т.е. на уровне одного присоединения, одной монтажной единицы (линия, трансформатор, генератор, электродвигатель и т.п.), или одной функции для нескольких присоединений (например, защита шин) в виде автономных микропроцессорных устройств.

2. В случае, если защита присоединения состоит из двух или более взаиморезервируемых систем защиты, каждая из систем защиты должна быть полностью независимой от другой, чтобы при КЗ в защищаемой зоне никакой отказ в одной системе защит не приводил к отказу или к недопустимому увеличению времени отключения другой системой защит. При этом там, где это возможно, рекомендуется выполнение независимых систем защиты с разными принципами действия. Например, на ВЛ 110 кВ и выше рекомендуется основную защиту № 1 выполнять с использованием абсолютной селективности, а основную защиту № 2 с использованием относительной селективности с передачей ускоряющих и отключающих импульсов.

Независимые МП РЗА присоединений должны быть в максимальной степени разделены по цепям трансформаторов тока и напряжения, источникам питания и цепям управления на постоянном оперативном токе, по дискретным входам и выходам.

3. В каждой из микропроцессорных взаиморезервируемых систем РЗА должна предусматриваться максимально возможная автономность выполнения различных функций, входящих в данную систему защиты таким образом, чтобы отказ выполнения одной функции не приводил к отказу выполнения другой функции.

4. Все функции МП РЗА должны выполняться без деградации при любых отказах каналов связи с верхним уровнем иерархического управления.

5. Устройства МП РЗА должны предусматривать возможность их использования в виде отдельных автономных устройств РЗА, совместимых с существующими традиционными устройствами, и должны обеспечивать возможность их использования в качестве устройств нижнего уровня АСУ ТП или других координированных систем контроля и (или) управления.

6. В МП РЗА должна предусматриваться возможность выполнения дополнительных функций на базе использования имеющейся в МП РЗА информации (функции осциллографа, регистрации событий, определения места повреждения, изменения групп уставок и др.), а также вывода из МП РЗА необходимого объема информации для анализа правильности действия РЗА и для создания координированных систем контроля и управления или использования в АСУ ТП.

7. Устройства МП РЗА должны содержать оперативные элементы местного контроля, управления и сигнализации со встроенным интерфейсом общения "человек-защита", а в необходимых случаях интерфейс, обеспечивающий такое общение с использованием внешней ПЭВМ (координированных систем контроля и управления или АСУ ТЩ, с целью ввода и вывода информации для дистанционного контроля и управления.

8. Устройства МП РЗА должны выполняться с программируемой логикой взаимодействия как между различными функциями защиты, управления и контроля, входящими в состав МП РЗА (внутренними функциями), так и между этими функциями и внешними устройствами других защит, управления и контроля подстанции

(электростанции). Это должно позволить пользователю реализовывать различные конфигурации схем РЗА и управления, отвечающие различным первичным схемам электрических соединений, условиям эксплуатации и требованиям пользователя. С этой целью МП РЗА должны обеспечивать необходимое количество различных логических функций в сочетании с таймерами и предусматривать возможность использования необходимого числа модулей дискретных входов (выходов).

Должна предусматриваться возможность использования дискретных входов для логической увязки между собой и с любой из внутренних функций и возможность использования внутренних сигналов МП РЗА для управления различными выходными реле.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ И ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ МП РЗА

Требования к техническим средствам

1. Технические средства и программное обеспечение МП РЗА должны выполняться с использованием модульного принципа. При этом должна обеспечиваться независимая работа исправных модулей при отказах или неисправностях в соседних модулях. Этим должна обеспечиваться и независимость реализации заданных функций при потере какой-либо из них.

2. Архитектура вычислительной системы и номенклатура модулей МП РЗА определяются конкретными задачами защиты в зависимости от вида присоединения и класса напряжения.

В общем случае сложное устройство МП РЗА (класс напряжения 110 кВ и выше) должно включать модули устройства связи с объектом (УСО), мультиплексора, аналого-цифрового преобразования (АЦП), процессорного устройства (ПУ), модули устройств дискретного ввода-вывода, блок интерфейса общения "человек-защита", модуль интерфейса связи с верхним уровнем, блок питания.

3. Модуль УСО осуществляет преобразование аналоговых входных электрических величин для их согласования с интерфейсами вычислительной системы. Модуль УСО может включать промежуточные трансформаторы тока и напряжения (ПТТ и ПТН). ПТТ и ПТН должны обеспечивать гальваническое разделение входных цепей от внутренних цепей МП РЗА и осуществлять нормирование входных сигналов. Модуль УСО может включать аналоговые фильтры.

При большом динамическом диапазоне входных токов может предусматриваться установка двух ПТТ на ток каждой фазы, имеющих разные коэффициенты передачи и в совокупности обеспечивающих необходимый динамический диапазон для нормального функционирования защиты. Максимальный динамический диапазон по току может составлять (0,01÷100) $I_{ном}$.

4. Модуль мультиплексора обеспечивает переключение каналов АЦП. Для снижения угловой погрешности из-за конечного времени переключения каналов и аналого-цифрового преобразования в модуль может входить устройство выборки и хранения.

5. Разрядность АЦП и его класс точности должны выбираться в соответствии с требуемой точностью преобразования входных сигналов. Быстродействие АЦП должно согласовываться с необходимой частотой дискретизации, количеством каналов преобразования и эффективным быстродействием процессорного устройства.

Частоты измерений мгновенных значений и цифровой фильтрации должны выбираться с учетом стандарта "IEEE Standard Commo Format for transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems" (IEEE C 37. 111-1991), рекомендующего производить

выбор вышеуказанных частот, исходя их двух наименьших общих кратных (нок) значений измерений в секунду, равных

$f_{1нок} = 384 \cdot f_{ном}$ и $f_{2нок} = 3200 \cdot f_{ном}$,

где $f_{ном} = 50$ или 60 Гц.

При этом ряды рекомендуемых чисел измерений за один период промышленной частоты составляют:

при $f_{1нок} = 384 \cdot f_{ном}$ — 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96, 128, 192, 384 измерений за период;

при $f_{2нок} = 3200 \cdot f_{ном}$ — 4, 8, 10, 16, 20, 32, 40, 50, 64, 80, 100, 128, 160, 200, 320, 400, 800 1600, 3200 измерений за период.

Для большинства устройств РЗА, реагирующих на составляющие основной частоты, частоты измерений рекомендуется принимать на нижней части ряда, например, для дистанционной защиты ВЛ 110-500 кВ — 40 измерений за период, конечная частота 20 измерений за период.

Частота мультиплексной выборки (опроса) выбирается, исходя из количества аналоговых сигналов и частоты измерений. Например, для защит ВЛ 110-500 кВ рекомендуемая частота опроса может составлять 40 кГц.

6. Модуль процессорного устройства управляет работой вычислительной системы. Процессорное устройство может быть однопроцессорным и многопроцессорным. Многопроцессорные устройства рекомендуется выполнять на цифровых процессорах обработки сигналов по схеме с одним ведущим процессором (хост-процессор). Процессорное устройство должно содержать долговременную внешнюю память для хранения уставок, результатов саморегистрации функционирования защиты, образа адресного пространства данных при отказе блока питания и др.

Модуль процессорного устройства должен содержать порт встроенного интерфейса местной связи "человек-защита", порт для подключения внешнего компьютера в месте установки защиты, порты для дистанционной связи с координированными системами контроля и управления или АСУ ТП со скоростью передачи данных 300,1200,2400,4800 или 9600 бит/с.

В качестве внешней памяти программ предпочтительно использовать флэш-память, но может быть использовано и ПЗУ.

Модуль ПУ должен содержать сторожевой таймер для перезапуска программы МП РЗА.

7. Блок интерфейса местной связи "человек-защита" должен устанавливаться на лицевой стороне конструктива и содержать: светодиоды для сигнализации о срабатывании, о действии на отключение и о неисправности и (или) мини-дисплей и клавиатуру для ввода данных и управления дисплеем и защитой.

8. Модуль устройства дискретного ввода-вывода должен обеспечивать быстрый ввод (вывод) дискретных сигналов, их согласование с внешним источником (приемником) по мощности, напряжению, току, а также гальванически отделять вычислительную систему от входных (выходных) цепей.

9. Модуль интерфейса связи должен предусматривать возможность обмена информацией со скоростями 64 кбит/с и 1 Мбит/с с использованием стандартного протокола, например, HDLC.

10. Блок питания должен работать от постоянного или выпрямленного оперативного тока с номинальным напряжением 220 В, обеспечивая уровни и качество выходных напряжений в соответствии с требованиями электронных компонентов МП РЗА, при возможных в эксплуатации изменениях напряжения внешнего питания (см. п. 4.5).

Требования к программному обеспечению

1. Программное обеспечение (ПО) сложных МП РЗА должно разделяться на системное и прикладное (технологическое).

2. Системное ПО должно содержать операционную систему реального времени и тестовое ПО.

Операционная система должна содержать драйверы, управляющие работой внешних (по отношению к данному процессору) устройств, имеющих сложный интерфейс. Операционная система однопроцессорного ПУ должна обеспечивать параллельное выполнение задач. Операционная система многопроцессорного ПУ должна предоставлять средства организации параллельной работы процессоров.

Тестовое ПО должно содержать программы тестов, выполняемых при запуске и перезапуске процессорного устройства и с заданной периодичностью в фоновом режиме. Тестовое ПО должно обеспечивать контроль исправности аппаратных средств и целостности ПО.

3. Прикладное ПО должно осуществлять выполнение алгоритмов защиты, регистрацию функционирования защиты и дополнительный контроль правильности входных данных. Пользователь должен иметь возможность конфигурирования прикладного ПО: выбирать различные варианты взаимодействия с внешними устройствами и режимами объекта защиты, вводить в работу дополнительные функции (такие, как определение расстояния до места повреждения, задание условий пуска аварийной регистрации и т.п.).

Требования к оперативным элементам местного контроля, управления и сигнализации состояния МП РЗА

1. В МП РЗА должен быть предусмотрен встроенный интерфейс с дисплеем и клавиатурой. Объем возможных операций с помощью встроенного интерфейса задается в соответствии с типом защиты и областью ее применения.

Алфавитно-цифровой мини-дисплей, как правило, должен иметь 2-4 строки по 16-20 символов, а клавиатура — цифровые и функциональные клавиши.

В сложных МП РЗА, где требуется вводить большое число уставок и данных и где необходимо выполнять конфигурирование системы, обеспечивающее различные варианты взаимодействия с внешними устройствами и режимами объекта защиты, должен предусматриваться графический мини-дисплей (например, на жидких кристаллах с размером экрана 5-7 дюймов). Тип, размеры дисплея и клавиатуры, а также объем возможных операций с помощью встроенного интерфейса пользователя должны быть выбраны в соответствии с типом защиты и принятой системой технического обслуживания.

Должны использоваться общепринятые в отрасли символы, размерности, сокращения терминов и т.п. Надписи на лицевой панели должны быть понятными, используемые мнемокоды должны быть стандартными. Пользователь должен обеспечиваться подробными инструкциями по работе с человеко-машинным интерфейсом, которая должна быть доступна для персонала, не имеющего специальных навыков работы с вычислительной техникой.

Некоторые функции интерфейса "человек - защита", такие как задание уставок и выбор характеристик защит, должны быть защищены от прямого доступа оперативного персонала. Другие функции, такие как вывод защиты из действия и ввод ее в действие, должны быть доступны оперативному персоналу.

2. Интерфейс "человек - защита" должен обеспечивать по выбору пользователя выполнение следующих функций:

ввод и отображение уставок и других параметров настройки;

отображение текущих действующих значений входных аналоговых величин, частоты, активной и реактивной мощности;

отображение результатов саморегистрации функционирования МП РЗА;

ввод в действие и вывод из действия отдельных защит, входящих в состав МП РЗА;

корректировку календаря и часов службы времени МП РЗА (если таковая предусмотрена);

вывод значений моментов времени трех последних срабатываний каждой из защит, входящих в состав МП РЗА;

вывод информации о расстоянии до места повреждения (ОМП);

вывод кода неисправности, выявленной средствами внутренней диагностики.

Требования к объему регистрации, хранению, протоколированию и периодичности выдачи информации на верхний уровень АСУ ТП

1. Устройства МП РЗА должны обеспечивать возможность вывода и передачи на верхний уровень АСУ ТП энергообъекта данных о нормальном режиме для контроля состояния самих устройств МП РЗА и защищаемого оборудования.

Кроме этого должна предусматриваться возможность передачи на верхний уровень АСУ ТП или на внешнюю ПЭВМ, временно подключаемую к МП РЗА, данных саморегистрации функционирования МП РЗА и цифрового осциллографирования.

2. Требования к выводу необходимой информации для контроля состояния устройств МП РЗА и информации регистратора аварийных событий являются основными и определяются техническими заданиями (ТЗ) на конкретные устройства МП РЗА.

Информация о состоянии устройства МП РЗА должна соответствовать текущему режиму с запаздыванием по времени не более 1,0 с.

3. Требования к выводу заданного объема информации дня контроля режима работы защищаемого объекта являются дополнительными и реализуются при наличии АСУ ТП или других координированных систем контроля и (или) управления по специальному указанию потребителя.

Возможный объем выводимой информации определяется ТЗ на МП РЗА в зависимости от объема и функций обработки входных сигналов, вида защищаемого оборудования и общей структуры построения системы защит. Максимальный объем выводимой информации может соответствовать полному объему входных сигналов, включая их обработку с выявлением фазовых соотношений для выдачи цифровых значений фазовых углов, активной и реактивной мощности на данном присоединении.

Данная информация при выводе из МП РЗА должна соответствовать текущему режиму с запаздыванием не более 100 мс.

В обоснованных случаях эта информация может проходить регистрацию в МП РЗА с присвоением времени каждому из значений параметров, усреднение (для аналоговых параметров) на заданном интервале времени, поступать на хранение и выводиться в форме заданного протокола по внешним или внутренним командам.

4. Информация по п. 3.4.2 выводится нерегулярно в зависимости от изменений режима МП РЗА или при регистрации аварийных процессов в защищаемом оборудовании, а также по запросу, поступающему от внешней ПЭВМ (временно подключаемой), из канала связи с верхним уровнем или из локальной вычислительной сети АСУ ТП.

Информация по п. 3.4.3 выводится регулярно с периодичностью, определяемой при разработке АСУ ТП, но не реже чем через 250 мс.

3.5. Требования к регистрации аварийных событий

1. В ТЗ на устройства МП РЗА должна оговариваться возможность выполнения внешней регистрации состояний МП РЗА и(или) внутренней регистрации их состояний и регистрации аварийных событий на защищаемом объекте, которые реализуются по заявке потребителя.

2. На внешнюю регистрацию выводятся специальные независимые контакты, обеспечивающие регистрацию состояний и моментов срабатывания защит, входящих в МП РЗА. Запаздывание сигнальных регистрируемых контактов по отношению к регистрируемому фактору не должно превышать 3 мс.

3. На внутреннюю регистрацию должны поступать мгновенные значения аналоговых и дискретных параметров, определяющих функционирование МП РЗА и реакцию защищаемого объекта.

Число регистрируемых параметров и режимы регистрации оговариваются в ТЗ.

Дополнительно необходимо предусматривать возможность регистрации в МП РЗА не менее трех внешних дискретных сигналов (например, внешние "сухие" контакты).

Регистратор аварийных событий (РАС) в МП РЗА должен снабжаться не менее чем двумя выходными "сухими" контактами для регистрации и (или) для запуска РАС в других МП РЗА. Эти контакты должны замыкаться в момент начала регистрации с запаздыванием не более 3 мс.

4. Регистрация аварийных событий может вестись как в относительном времени (отсчитываемом от начала события в МП РЗА), так и в абсолютном астрономическом времени, синхронизируемом системой времени АСУ ТП энергообъекта.

5. Момент начала регистрации определяется задаваемым потребителем набором внешних сигналов и внутренних параметров, определяющих функционирование МП РЗА.

6. Регистрация (запись значения параметра с присвоением времени) должна производиться не реже чем через 1,0 мс (допускается 2,0 мс) по каждому из параметров, выведенных на регистрацию.

Должна предусматриваться запись параметров до начала регистрации (доаварийная запись) в течение времени от 0,5 до 5,0 с, которое должно устанавливаться потребителем. Длительность записи после начала регистрации (аварийная запись) должна быть не менее 5,0 с. Полное время регистрации должно быть не менее 10,0 с.

В памяти регистратора должно храниться не менее трех последних регистраций. Эта информация должна выводиться в АСУ ТП или должна переписываться с помощью подготовленной ПЭВМ (IBM - PC).

7. Работа регистратора и операции с выводом и переписыванием информации не должны влиять на функционирование МП РЗА.

8. Поставщик МП РЗА должен снабжать потребителя согласующим устройством с разъемами для подключения цифрового канала связи МП РЗА к ПЭВМ и (или) к верхнему уровню АСУ ТП, программами для возможности вывода, расшифровки, анализа, обработки и распечатки регистрационной записи в виде осциллограммы.

При анализе, обработке и расшифровке регистрационной записи должны обеспечиваться дата и время регистрации (астрономическое время или время по отношению к началу регистрации) с точностью не более 2,0 мс для всех записанных параметров, шкала времени, значения параметров в любой из заданных моментов времени, изменение масштаба любого из параметров по ординате и всей осциллограммы по времени. Значения параметров при анализе и расшифровке должны даваться в относительных и именованных единицах.

Требования к надежности

1. Микропроцессорные устройства РЗА в части требований по надежности должны соответствовать ГОСТ 4.148-85 и ГОСТ 27.003-90.

Здесь и далее рассматривается надежность устройств МП РЗА как самостоятельных изделий без учета влияния надежности внешних цепей датчиков, цепей команд управления, цепей внешних источников электроснабжения, если иное не оговорено в ТЗ и (или) ТУ.

2. Микропроцессорные устройства РЗА должны разрабатываться в основном как восстанавливаемые и ремонтопригодные изделия, рассчитанные на длительное функционирование. При этом ремонт неисправного устройства производится обезличенным способом.

По числу возможных состояний (по работоспособности) устройства МП РЗА относятся к изделиям вида 2 по ГОСТ 27.003-90.

Все устройства МП РЗА должны относиться к устройствам, которые в процессе эксплуатации требуют технического обслуживания.

3. В устройствах РЗА должны быть использованы следующие основные способы обеспечения необходимой надежности:

резервирование аппаратных средств, функций защиты и программного обеспечения;

применение отказоустойчивых структур;

автоматическая диагностика аппаратных средств и программного обеспечения;

применение современной малопотребляющей (не требующей принудительного охлаждения) элементной базы;

хранение информации, констант и программ в энергонезависимой памяти.

Для достижения высоких показателей надежности в МП РЗА, как правило, должна предусматриваться избыточность по защитным функциям (два или более устройства, две или более системы защит, функциональное резервирование, резервирование защит смежных элементов).

4. Для однозначной фиксации технического состояния устройства и фактов отказов и (или) неисправностей в ТЗ на МП РЗА должны быть приведены критерии отказов и критерии предельных состояний, а также должно указываться время ожидания ремонта, т.е. замены неисправного элемента.

5. Номенклатура и значения показателей надежности для устройств МП РЗА должны указываться в ТЗ на конкретные виды устройств и выбираться из следующих значений:

средняя наработка на отказ сменного элемента — 100, 125 тыс. ч;

среднее время восстановления (замены сменного элемента) — 0,5; 1; 2; 3 ч;

средний срок службы сменного элемента до капитального ремонта — 8, 10, 12, 14 лет;

средняя вероятность отказа в срабатывании устройства за год (при появлении требования) — $1 \cdot 10^{-5}$,$1 \cdot 10^{-6}$;

параметр потока ложных срабатываний устройства в год (при отсутствии требования) — $1 \cdot 10^{-6}$, $1 \cdot 10^{-7}$;

полный средний срок службы устройства — 20, 25 лет.

Значения показателей надежности сменных элементов различного назначения могут отличаться.

6. Соответствие МП РЗА требованиям по надежности на этапе разработки должно оцениваться расчетным методом с использованием данных о надежности комплектующих изделий и принятом схемно-конструкторском варианте построения устройства.

При серийном производстве МП РЗА соответствие требованиям по надежности простых устройств или сменных элементов сложных устройств должно подтверждаться специальными контрольными испытаниями.

Соответствие требованиям надежности МП РЗА оценивается по статистическим данным о числе и видах отказов устройств, полученным из опыта эксплуатации.

Требования к интерфейсам связи с верхним уровнем АСУ ТП и протоколам обмена данными

1. Должно обеспечиваться представление на верхние уровни координированных систем контроля и управления или АСУ ТП (уровни энергообъекта, службы защиты и центра диспетчерского управления) информации, имеющейся в памяти МП РЗА.

Выбор числа и типов портов связи определяется в ТЗ на МП РЗА в зависимости от функций и сложности устройства защиты и согласовывается с решениями, принятыми в АСУ ТП.

По требованию заказчика должно быть обеспечено подключение к портам оптоволоконных, коаксиальных или тональных кабелей связи с верхним уровнем или кабелей локальной вычислительной сети.

2. Для разработки протоколов обмена данными между АСУ ТП и МП РЗА следует придерживаться рекомендованного ИК № 34 СИГРЭ "Релейная защита" и принятого IEEE в качестве стандарта общего формата обмена данными (IEEE Standart Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems, IEEE C37.111-1991).

Требования к выходным контактным устройствам (управление коммутационными аппаратами, сигнализация состояния и режима работы МП РЗА)

1. Выходные контактные устройства должны обеспечивать гальваническое разделение МП РЗА с внешними цепями.

2. Число выходных контактных устройств должно определяться в ТЗ на МП РЗА в зависимости от назначения, вида защищаемого оборудования и схемы его включения.

3. Выходные контакты управления коммутационными аппаратами должны иметь коммутационную способность в цепях постоянного тока напряжением 220 В с индуктивной нагрузкой, с постоянной времени 0,05 с при числе коммутаций не менее 1000:

для воздушных выключателей:

на замыкание 40 А длительностью 0,03 с, 15 А длительностью 0,3 с;

на размыкание 0,25 А;

для выключателей с электромагнитными приводами:

на замыкание 5,0 А длительностью 1,0 с;

на размыкание 0,25 А.

4. Выходные контакты управления внешними цепями блокировок других устройств РЗА и цепями сигнализации должны коммутировать не менее 30 Вт в цепях постоянного тока с индуктивной нагрузкой, с постоянной времени 0,02 с при напряжениях от 24 до 250 В или при токе до 1,0 А, с коммутационной износостойкостью не менее 10000 циклов.

5. Выходные контакты управления внешними цепями дискретных входов АСУ ТП должны обеспечивать прохождение минимального тока 0,5 мА при напряжении 24 В и коммутацию токов не менее 100 мА при напряжении постоянного тока до 250 В в цепях с индуктивной нагрузкой, с постоянной времени 0,02 с, с коммутационной износостойкостью не менее 10000 циклов.

Лекция 8. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МП РЗА В ЧАСТИ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Помещения электростанций и подстанций, где традиционно размещаются устройства РЗА, подразделяются на несколько разновидностей, каждой из которых соответствуют определенные требования в части категорий исполнения устройств по внешним климатическим и механическим воздействиям.

В таблице приведены требования к устройствам МП РЗА в части их устойчивости к климатическим и механическим воздействующим факторам в различных по видам и конструкции помещениях электростанций и подстанций.

В тех случаях, когда импортируемые или разрабатываемые МП РЗА предусматривается устанавливать в помещениях и конструкциях с разными условиями по климатическим и механическим воздействиям, предъявленные или назначенные в ТЗ требования должны перекрывать самые жесткие из определяемых условий.

Требования к климатическим внешним воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования

Устройства МП РЗА в части воздействия климатических факторов при эксплуатации, в режимах хранения и транспортирования должны соответствовать ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89Е.

Эксплуатация

Группы исполнения устройств МП РЗА, приведенные в таблице, предусматривают эксплуатацию аппаратуры в умеренных и холодных климатических зонах — УХЛ4, УХЛ3, УХЛ3.1, УХЛ2.1 и в тропиках - 04, Т3, Т3.1, Т2.1.

Условия эксплуатации МП РЗА должны исключать воздействие прямого солнечного излучения, прямое попадание атмосферных осадков, конденсацию влаги и наличие агрессивной среды.

Для МП РЗА должна предусматриваться эксплуатация на высоте до 2000 м над уровнем моря.

Устройства МП РЗА должны предназначаться для эксплуатации в районах с атмосферой типа 2 (промышленная), где среда не взрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, а концентрация сернистого газа в воздухе не превышает норм, оговоренных ГОСТ 15150-69.

При тепловых расчетах и испытаниях устройств МП РЗА, размещаемых в закрытых объемах, например, в отсеках ячеек КРУ и КТП СН или в других, где возможно выделение тепла от установленной там другой аппаратуры, за эффективное значение температуры окружающей среды должно приниматься верхнее рабочее значение, увеличенное на 10°С.

Хранение и транспортирование

Устройства МП РЗА исполнения УХЛ4 должны быть рассчитаны на хранение в неотапливаемых хранилищах с верхним значением температуры воздуха плюс 40°С и нижним — минус 50°С, с относительной влажностью 98% при 25°С (условия хранения 2).

Устройства МП РЗА исполнений УХЛ3, УХЛ3.1, УХЛ2.1, 04, Т3, Т3.1, Т2.1 должны быть рассчитаны на хранение в неотапливаемых хранилищах с верхним значением температуры воздуха плюс 50°С и нижним - минус 50°С, с относительной влажностью 98% при 35°С (условия хранения 3).

Устройства МП РЗА должны транспортироваться надежным и закрытым транспортом. При транспортировании должны допускаться следующие воздействия внешней окружающей среды:

для видов климатических исполнений УХЛ4, УХЛ3.1, УХЛ3, УХЛ2.1 верхнее значение температуры окружающего воздуха плюс 50°С, нижнее — минус 60°С (условия хранения 5);

для видов климатических исполнений О4, Т3.1, Т3, Т2.1 верхнее значение температуры окружающего воздуха плюс 60°С, нижнее — минус 60°С (условия хранения 6).

Условия транспортирования и хранения, отличающиеся от указанных, для конкретных устройств МП РЗА должны специально согласоваться с заказчиком, записываться в ТЗ и ТУ на конкретное устройство.

Место размещения устройств РЗА	Требования к устройствам МП РЗА в части внешних воздействующих факторов							
	климатических (по ГОСТ 15150)				механических (по ГОСТ 17516.1)			
	Категория исполнения	Нижнее и верхнее рабочие значения температуры окружающего воздуха, °С	Нижнее и верхнее предельные рабочие значения температуры окружающего воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, % при температуре	Категория исполнения	Диапазон; частот синусоидальной вибрации, Гц	Максимальная амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	Пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g), длительность действия ударного ускорения
1. ОТАПЛИВАЕМЫЕ СУХИЕ ПОМЕЩЕНИЯ В КАПИТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСКУССТВЕННО РЕГУЛИРУЕМЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ БЕЗ ЗАМЕТНЫХ ВИБРАЦИЙ								
Специальные помещения главных, центральных, блочных щитов управления (ГЩУ, ЦЩУ, БЩУ) и релейных щитов (РЩ) электростанций и подстанций	УХЛ4	+1÷+40*	+1÷+45*	80, 25°С	М40	0,5÷100	5 (0,5)*	30 (3,0), 2-20 мс одиночные
	04	+1÷+45	+1÷+55	98, 35°С				
2. НЕРЕГУЛЯРНО ОТАПЛИВАЕМЫЕ СУХИЕ ПОМЕЩЕНИЯ В КАПИТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ БЕЗ ИСКУССТВЕННО РЕГУЛИРУЕМЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ								
2.1 Шкафы, панели, сборки в помещении машинного зала вблизи фундамента ТГ (отм. 3-10 м) и в котельном отделении	УХЛ3.1	-10÷+45*	-10÷+50*	98, 25 °С	М4	0,5÷100	5 (0,5)	30 (3,0), 2-20 мс многократные
	Т3.1	-10÷+50	-10÷+60	98, 35°С				
2.2 Шкафы, панели, сборки на фундаменте ТГ (отм. 6-9 м)	УХЛ3.1	-10÷+45*	-10÷+50*	98, 25 °С	М41	0,5÷200	20 (2,0)	30 (3,0), 2-20 мс многократные
	Т3.1	-10÷+50	-10÷+60	98, 35 °С				
2.3 Шкафы, панели, сборки	УХЛ3.1	-10÷+50*	-10÷+50*	98, 25 °С				

внутри фундамента и под турбогенератором	Т3.1	-10÷+50	-10÷+60	98, 35 °С	М41	0,5÷200	30* (3,0)	30 (3,0), 2-20 мс многократные
3. НЕОТАПЛИВАЕМЫЕ СУХИЕ ПОМЕЩЕНИЯ В КАПИТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ БЕЗ ИСКУССТВЕННО РЕГУЛИРУЕМЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ								
3.1. Шкафы, панели РЗА без коммутационных аппаратов, вызывающих ударные воздействия	УХЛ3.1	-10÷+40	-10÷+45	98, 25 °С	М7	0,5÷100	10 (1,0)	30 (3,0), 2-20 мс многократные
	Т3.1	-10÷+50	-10÷+60	98, 35 °С				
3.2 Отсеки РЗА в комплектных распределительных устройствах с коммутационными аппаратами	УХЛ3.1	-10÷+40	-10÷+45	98, 25 °С	М43	1,0÷100	10 (1,0)	100 (10), 2-20 мс одиночные
	Т3.1	-10÷+50	-10÷+60	98, 35 °С				
4. НЕОТАПЛИВАЕМЫЕ СУХИЕ ПОМЕЩЕНИЯ В КАПИТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПОДСТАНЦИЙ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ БЕЗ ИСКУССТВЕННО РЕГУЛИРУЕМЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ								
4.1. Шкафы, панели РЗА без коммутационных аппаратов, вызывающих ударные воздействия	УХЛ3.1	-25*÷+40	-25*÷+45	98, 25 °С	М40	0,5÷100	5 (0,5)*	30 (3,0), 2-20 мс одиночные
	Т3.1	-10÷+50	-10÷+60	98, 35 °С				
	УХЛ3	-60÷+40	-70÷+45	98, 25 °С				
	Т3	-10÷+50	-10÷+60	98, 35 °С				
4.2 Отсеки РЗА в комплектных распределительных устройствах с коммутационными аппаратами	УХЛ3.1	-25*÷+40	-25*÷+45	98, 25 °С	М43	1,0÷100	10 (1,0)	100 (10), 2-20 мс
	Т3.I	-10÷+50	-10÷+60	98, 35 °С				

	УХЛ3 Т3	-60÷+40 -10÷+50	-70÷+45 -10÷+60	98, 25 °С 98, 35 °С				одиночные
4.3. Шкафы, панели в компрессорной или на фундаменте синхронного компенсатора (СК)	УХЛ3.1 Т3.I УХЛ3 Т3	-25*÷+40 -10÷+50 -60÷+40 -10÷+50	-25*÷+45 -10÷+60 -70÷+45 -10÷+60	98, 25 °С 98, 35°С 98, 25 °С 98, 35°С	М7	0,5÷100	10 (1,0)	30 (3,0), 2-20 мс многократные
5. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ, В КОТОРЫХ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НЕСУЩЕСТВЕННО ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ КОЛЕБАНИЙ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ. КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ 35-110 кВ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ								
5.1. Шкафы, панели РЗА без коммутационных аппаратов, вызывающих ударные воздействия	УХЛ2.1 Т2.1	-60÷+40 -10÷+50	-70÷+45 -10÷+60	98, 25 °С 98, 35 °С	М40	0,5÷100	5 (0,5)*	30 (3,0), 2-20 мс одиночные
5.2 Отсеки РЗА в комплектных распределительных устройствах с коммутационными аппаратами	УХЛ2.1 Т2.1	-60-+40 -10÷+50	-70÷т+45 -10÷+60	98, 25 °С 98, 35 °С	М43	1,0÷100	10 (1,0)	100 (10), 2-20 мс одиночные
* По данному параметру к аппаратуре следует предъявлять более жесткие требования, чем по стандарту для этой категории исполнения.								

Требования к внешним механическим воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования

Устройства МП РЗА по устойчивости к внешним механическим воздействующим факторам должны соответствовать требованиям ГОСТ 17516.1-90Е.

В таблице приведены технические требования к МП РЗА в части внешних механических воздействующих факторов.

Требованиям к сейсмостойкости (по стандарту МЭК-68 интенсивность землетрясения не менее 9 баллов) аппаратура РЗА групп механического исполнения М4, М7, М41, М43 удовлетворяет.

Для соответствия аппаратов МП РЗА группы механического исполнения М40 (см. таблицу, пп. 1, 4.1, 5.1) требованиям к сейсмостойкости к землетрясениям в 9 баллов значение амплитуды ускорения синусоидальной вибрации должно быть не менее 0,5g.

В нормируемых диапазонах частот в местах установки печатных плат, модулей и других элементов конструкция устройств МП РЗА не должна иметь резонансов.

Помещения внутри фундаментов и под турбогенераторами (см. таблицу, пп. 2.2, 2.3), в которых в настоящее время иногда размещается аппаратура системы возбуждения, должны быть отнесены к помещениям, непригодным для размещения МП РЗА из-за значительных вибраций и возможных резонансных явлений в конструктивных частях устройств МП РЗА.

Требования к стойкости устройств при воздействии механических факторов в условиях хранения и транспортирования должны соответствовать группе С по ГОСТ 23216-78.

Устройства МП РЗА должны допускать транспортирование железнодорожным и автомобильным транспортом и их сочетанием, а также водным путем (кроме моря). При этом допустимое число перегрузок устройств не должно быть менее 4.

Требования *к* электрической прочности изоляции

1. Аппаратура РЗА по прочности электрической изоляции должна удовлетворять требованиям ГОСТ 30328-95 (МЭК 255-5-77).

Испытания изоляции должны включать:

измерение сопротивления изоляции;

испытания электрической прочности;

испытания импульсным напряжением.

Климатические условия проведения испытаний должны быть следующими:

температура окружающей среды от 15 до 30°С;

относительная влажность от 45 до 75 %;

атмосферное давление от 86,0 до 106,0 кПа.

Испытания должны проводиться на ненагретом устройстве.

2. Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции между каждой независимой цепью (гальванически не связанной с другими цепями) и корпусом, соединенным со всеми остальными независимыми цепями, должно быть не менее 100 МОм при напряжении постоянного тока 500 В.

К независимым цепям устройства МП РЗА должны быть отнесены:

входные цепи от измерительных трансформаторов тока;

входные цепи от измерительных трансформаторов напряжения;

входные цепи питания от сети оперативного тока;

входные цепи контактов реле других устройств;

выходные цепи контактов выходных реле устройства;

цепи цифровых связей с внешними устройствами с номинальным напряжением не более 60 В, гальванически не связанные с входными, выходными и внутренними цепями;

внутренние измерительные и логические цепи устройства с номинальным напряжением не более 60 В, гальванически не связанные с входными, выходными цепями и цепями цифровых связей.

3. Испытания электрической прочности

Электрическая изоляция каждой из входных или выходных независимых цепей устройства по отношению ко всем остальным независимым цепям и корпусу должна выдерживать без повреждений испытательное напряжение действующим значением 2,0 кВ частоты 50 Гц в течение 1 мин.

Электрическая изоляция внутренних измерительных и логических цепей, а также цепей цифровых связей с внешними устройствами с номинальным напряжением не более 60 В (гальванически не связанных с другими независимыми цепями) относительно корпуса и других независимых цепей должна выдерживать без повреждений испытательное напряжение действующим значением 0,5 кВ частоты 50 Гц в течение 1 мин.

4. Испытания импульсным напряжением

Электрическая изоляция каждой из входных и выходных цепей устройства по отношению к корпусу и другим независимым цепям должна выдерживать без повреждений три положительных и три отрицательных импульса испытательного напряжения следующих параметров:

амплитуда — 5,0 кВ с допустимым отклонением 10 %;

длительность переднего фронта — 1,2 мкс ± 30 %;

длительность полуспада заднего фронта — 50 мкс ± 20 %;

длительность интервала между импульсами — не менее 5 с.

Электрическая изоляция внутренних измерительных и логических цепей, цепей цифровых связей с внешними устройствами с номинальным напряжением не более 60 В (гальванически не связанных с входными, выходными и внутренними цепями) относительно корпуса, соединенного с другими независимыми цепями, должна выдерживать без повреждений три положительных и три отрицательных импульса испытательного напряжения, имеющих следующие параметры:

амплитуда — 1,0 кВ с допустимым отклонением 10 %;

длительность переднего фронта — 1,2 мкс ±30 %;

длительность полуспада заднего фронта — 50 мкс ±20 %;

длительность интервала между импульсами — не менее 5 с.

Требования к помехозащищенности

Устройства МП РЗА по устойчивости к внешним и внутренним помехам должны соответствовать требованиям ГОСТ 29280-92.

При испытаниях на помехоустойчивость должен применяться критерий А качества функционирования аппаратуры, т.е. должно обеспечиваться нормальное функционирование без сбоев.

Испытания должны проводиться при поданном оперативном напряжении с приложением испытательных воздействий по 3 или 4-му классу.

Устройства МП РЗА должны подвергаться следующим видам испытаний на помехоустойчивость:

1. Испытания на устойчивость к затухающим колебаниям частотой 0,1-1,0 МГц (степень жесткости 3) с амплитудой первого импульса испытательного напряжения 2,5 кВ (при продольной схеме подключения испытательного устройства) и 1,0 кВ (при поперечной схеме подключения).

Испытательное напряжение должно прикладываться между каждой независимой цепью и корпусом, соединенным со всеми другими независимыми цепями.

При поперечной схеме подключения испытываются только входные цепи трансформаторов тока и напряжения.

2. Испытания на устойчивость к наносекундным импульсным помехам в соответствии с требованиями ГОСТ 29156-91 (степень жесткости 4): с амплитудой испытательных импульсов 4 кВ для входных цепей питания 220 В, 2 кВ — для всех остальных независимых цепей.

3. Испытания на устойчивость к электростатическим помехам в соответствии с требованиями ГОСТ 29191-91 с испытательным напряжением импульса разрядного тока (степень жесткости 3):

при воздушном разряде — 8 кВ;

при контактном разряде — 6 кВ.

Разряды должны производиться на поверхность аппаратуры РЗА и на те точки ее, которые доступны обслуживающему персоналу.

4. Испытания на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты в соответствии с требованиями стандарта МЭК 1000-4-8-93. Испытательное воздействие — магнитное поле напряженностью 30 А/м (степень жесткости 4).

Аппаратура должна подвергаться испытаниям в тех конструкциях (экраны, оболочки), в которых будет эксплуатироваться.

5. Испытания на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю в соответствии с требованиями стандарта МЭК 801-3-84. Испытательное воздействие — излучаемое электромагнитное поле с напряженностью 10 В/м (степень жесткости 3).

6. Испытания на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии (импульсам напряжения/тока длительностью 1/50 и 6,4/16 мкс соответственно) в соответствии с требованиями стандарта МЭК 255-22-1-88. Амплитуда напряжения испытательного импульса (степень жесткости 4) — 4 кВ для входных цепей тока и напряжения, подключенных к установленным на подстанции высокого напряжения трансформаторам тока и напряжения.

7. Испытания на устойчивость к кондуктивным низкочастотным помехам из-за провалов напряжения питания, кратковременных перерывов и несимметрии питающего напряжения.

Параметры испытательного воздействия: значение изменения напряжения не менее 0,5 $U_{ном}$ при длительности провала 0,5 с, длительность перерывов напряжения не менее 100 мс.

Испытаниям подвергаются входные цепи питания устройств МП РЗА. При испытаниях устройств, работающих на выпрямленном оперативном токе и получающих энергию от трехфазного источника, необходимо воздействовать провалами и перерывами напряжения на три фазы одновременно, затем на две фазы и на одну фазу.

8. Испытания на устойчивость к импульсному магнитному полю, возникающему в результате молниевых разрядов или коротких замыканий в первичной сети, в соответствии с требованиями стандарта МЭК 1000-4-9-93. Параметры испытательного воздействия (степень жесткости 4) — магнитное поле с напряженностью 300 А/м.

Требования к условиям питания оперативным током

1. Электропитание устройств МП РЗА должно производиться от сети оперативного постоянного тока с аккумуляторной батареей или от сети выпрямленного оперативного тока.

2. Устройства МП РЗА должны иметь защиту от подачи напряжения питания обратной полярности.

3. Устройства МП РЗА не должны давать сбои, выходить из строя или ложно срабатывать при подключении и (или) отключении источника питания.

4. Устройства МП РЗА должны сохранять работоспособность, заданные параметры и программы действия после перерывов питания любой длительности с последующим восстановлением.

Требования при использовании сети оперативного постоянного тока с аккумуляторной батареей

5. Характеристика первичной сети питания при использовании аккумуляторной батареи:

Номинальное напряжение	±220 В
Допустимые длительные отклонения напряжения	+10%, -20%
Эксплуатационный уровень сопротивления изоляции	0,1-0,5 МОм
Минимальный длительный уровень сопротивления изоляции	20 кОм
Распределенная емкость сети оперативного постоянного тока относительно "земли"	5-50 мкФ

6. Устройства МП РЗА должны сохранять заданные функции без изменения параметров и характеристик срабатывания:

при перерывах питания длительностью до 0,5 с;

при значении пульсации в напряжении питания 12%.

Требования при использовании сети выпрямленного оперативного тока

7. Характеристика первичной сети питания при использовании выпрямителя, получающего энергию от трехфазной или однофазной сети переменного тока:

Номинальное напряжение	380 или 220 В
Допустимые длительные отклонения напряжения	+10%, -15%
Число фаз	3 или 1
Частота	50 Гц
Допустимые длительные отклонения частоты	±0,5 Гц

8. Устройства МП РЗА должны сохранять заданные функции без изменения параметров и характеристик срабатывания:

при изменении частоты питающей сети на ± 5 Гц;

при несимметрии питающего трехфазного напряжения до 20%;

при снижениях напряжения питания до 0,45 $U_{ном}$ длительностью до 1,5 с;

при перерывах питания длительностью до 0,5 с;

при значении пульсации в напряжении питания 12%.

Требования к конструктивному исполнению

Для устройств МП РЗА должны применяться стандартные широко принятые конструктивы (например, кассеты, модули, блоки конструктива "Евростандарт").

Степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими частями устройства, находящимися под оболочкой (кроме входных и выходных зажимов для подключения проводников), а также от проникновения и отложения пыли должна быть не менее IP5X для всех устройств МП РЗА.

Предотвращение попадания воды в устройства МП РЗА должно обеспечиваться защитной оболочкой устройства и дополнительно защитной оболочкой каркаса, в который необходимо встроить устройство МП РЗА и обеспечить защиту для обычно встречающихся условий — IPX4.

Степень защиты устройств МП РЗА от проникновения воды должна быть не менее IPX4 (по ГОСТ 14254-80).

Требования к электробезопасности

Требования к электробезопасности должны соответствовать нормам ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.6-75 и ГОСТ 12.2.007.7-75.

1. По способу защиты человека устройства МП РЗА должны относиться к классу 01 (ГОСТ 12.2.007.0-75, п. 2.1).

2. Уровень расположения органов регулирования уставок, а также приборов, по которым может производиться отсчет параметров, должен находиться в пределах, оговоренных в пп. 3.4.10-3.4.14 ГОСТ 12.2.007.0-75.

3. Сопротивление изоляции цепей в пределах одного устройства должно быть не менее 100 МОм.

4. Все контактные вводы (выводы) устройства РЗА, имеющие напряжения свыше 36 В, должны быть защищены от случайного прикосновения.

.5. Устройства должны иметь болт для подключения защитного заземления по ГОСТ 12.1.030-81 к общему контуру заземления.

6. Непрерывность защитного заземления — по ГОСТ 12.2.007.7-75. При этом электрическое сопротивление, измеренное между болтом для заземления и любой его металлической частью, подлежащей заземлению, не должно превышать 0,1 Ом.

Требование к пожаробезопасности

Требования к пожаробезопасности должны соответствовать нормам ГОСТ 12.1.004-89 и ГОСТ 12.2.007.0-75.

Пожаробезопасность должна быть обеспечена:

исключением использования легковоспламеняющихся материалов;

применением средств защиты для отключения в аварийном режиме работы (перегрев, короткое замыкание и др.).

Требования к техническому обслуживанию

В настоящее время виды технического обслуживания устройств РЗА, программы и периодичность их проведения, а также объемы технического обслуживания типовых панелей защит и автоматики релейной аппаратуры регламентированы требованиями РД 34.35.613-89 и РД 34.35.617-89 (далее - Правила).

Требования к техническому обслуживанию устройств МП РЗА (объемы, периодичность, методы обслуживания) определяются изготовителем и включаются в ТЗ и ТУ на каждое устройство МП РЗА, а также указываются в инструкции по эксплуатации для потребителя.

Устройства МП РЗА должны подвергаться следующим видам технического обслуживания.

Проверка при новом включении.

Проверка устройств РЗА (в том числе вторичных цепей, измерительных трансформаторов, элементов приводов коммутационных аппаратов) проводится при

новом включении защищаемого электрооборудования (или после реконструкции действующего) для оценки исправности аппаратуры и вторичных цепей, правильности схем соединений, настройки заданных параметров защиты, работоспособности устройств РЗА в целом.

Программа работ при новом включении устройств МП РЗА принимается в соответствии с действующими Правилами.

Внеочередная проверка.

Внеочередная проверка проводится при частичном изменении схем, состава устройства, при замене отдельных элементов или при реконструкции устройств РЗА, при необходимости проверки и (или) изменения уставок или характеристик защиты.

Послеаварийная проверка.

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

Периодическая проверка.

Периодическая проверка проводится для оценки исправности аппаратуры и вторичных цепей (в том числе измерительных трансформаторов, элементов приводов коммутационных аппаратов), работоспособности устройств РЗА в целом.

Объем, периодичность и программа периодической проверки устройства МП РЗА должны быть указаны в технической документации (ТЗ, ТУ, ТО, ИЭ).

Объем и программа периодической проверки вторичных цепей и работоспособности в целом устройств МП РЗА должны соответствовать требованиям действующих Правил для вида технического обслуживания "Профилактическое восстановление".

Цикл периодической проверки должен быть не менее четырех лет (конкретные значения указываются в ТЗ на МП РЗА и уточняются по результатам опыта эксплуатации).

Требования к ремонту и ремонтопригодности

Устройства МП РЗА должны быть восстанавливаемыми и ремонтопригодными.

Восстановление работоспособности устройств МП РЗА должно предусматриваться непосредственно на месте эксплуатации. Способ восстановления работоспособности должен быть оговорен в ТЗ на конкретные устройства.

Для обеспечения ремонтопригодности МП устройств схемно-конструктивные решения должны предусматривать:

модульность конструкции с возможностью замены неисправного сменного элемента (печатной платы, субблока, модуля, трансформатора, блока зажимов и т.п.);

систему непрерывной диагностики устройства с сообщением о неисправности и информацией о характере отказа (код неисправности) и о месте отказа (тип неисправного модуля).

Ремонт электронных компонентов неисправных устройств МП РЗА должен, как правило, производиться обезличенным способом в сервисной службе, созданной предприятием-поставщиком устройства.

Для каждого объекта, на котором эксплуатируются МП РЗА, поставщиком должно быть определено количество запасных сменных элементов разных типов (в соответствии с

установленным количеством устройств), необходимых для замены в эксплуатирующихся устройствах МП РЗА в течение двух лет.

Лекция 9. ОФОРМЛЕНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ ЗАЯВКИ

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

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

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

Для ввода в действие новых устройств РЗА при необходимости их подключения к действующим вспомогательным цепям это должно оформляться заявкой, в которой должны быть предусмотрены необходимые операции с другими устройствами РЗА, находящимися в действии, и содержаться указания о вводе нового устройства РЗА по отдельной заявке.

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

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

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

3. 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 переключении при отключении оборудования (переключения по программам типовых операций, отключений выключателей без разборки их схемы и т.п.).

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

5. Заявки делятся на следующие виды:

а) плановые - подаются на работы, выполняемые в соответствии с графиками технического обслуживания устройств РЗА;

б) неплановые - подаются на работы, необходимость проведения которых возникла в процессе эксплуатации, например, для изменения уставок и внесения изменений в схемы согласно указаниям вышестоящих служб РЗА, направленных на улучшение параметров устройств РЗА;

в) неотложные - подаются на работы, не являющиеся аварийными, но которые необходимо выполнить для предотвращения возможных аварийных отключений” а также для выявления причин отказов, излишней работы или неясных случаев срабатывания устройств РЗА, для выявления и устранения причин действия предупредительной сигнализации о неисправности аппаратуры, отклонения от нормы контролируемых параметров и др.;

г) аварийные - подаются на работы, которые требуют срочного отключения устройств РЗА в целях устранения возникших неисправностей и восстановления работоспособности устройств РЗА.

6. Заявки подаются в порядке и в сроки, определяемые действующими Положениями о порядке подачи прохождения и проработки оперативных заявок на производство работ, разрабатываемыми ЦДУ ЕЭС СССР, соответствующими территориальными ОДУ, энергосистемами, электрическими сетями и электростанциями, в диспетчерскую службу, в оперативном управлении которой находится соответствующее устройство РЗА.

7. На работы в устройствах РЗА, которые находятся в оперативном ведении и управлении дежурного подстанции, начальника смены электростанции, диспетчера электрической сети, оформляется местная заявка. Порядок оформления и подачи местной заявки определяется руководством электростанции и электрических сетей.

8. В отдельных, не терпящих отлагательства, случаях оперативные заявки на неотложные аварийные работы могут подаваться в любое время суток непосредственно дежурному диспетчеру, в управлении или ведении которого находится устройство РЗА, на котором необходимо провести работы. Дежурный диспетчер имеет право разрешить заявку лишь в пределах своей смены. Разрешение на более длительный срок должно быть дано главным диспетчером (начальником диспетчерской службы) энергопредприятия, энергосистемы, ОДУ, ЦДУ ЕЭС СССР.

9. Оперативная заявка на работы в устройствах РЗА и во вспомогательных цепях подготавливается персоналом СРЗА (ЭТЛ) при обязательном участии ответственного исполнителя этой работы. Исключение может допускаться только для заявок на проведение аварийных работ.

10. Заявка должна быть тщательно подготовлена, при ее составлении должны быть предусмотрены меры по:

а) обеспечению полноценной защиты оборудования линий электропередачи другими устройствами РЗА от всех видов повреждений, удовлетворяющей требованиям быстродействия, чувствительности и, по возможности, селективности. Если это условие не выполняется, должна быть осуществлена временная защита или присоединение должно быть отключено;

б) предотвращению возможности ошибочного отключения работающего оборудования и линии электропередачи при проведении работы;

в) исключению нарушения режима работы и обеспечению резервного питания потребителей или проведению других мероприятий при ошибочном отключении присоединения в связи с проводимыми работами по заявке;

г) обеспечению 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 ориентировочное значение и фазу вектора вторичного тока и поведение проверяемого устройства РЗА.

11. 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 работавшее, так и выведенное в ремонт) и на цепи других устройств РЗА ;

б) время аварийной готовности ввода устройства РЗА в работу;

в) все другие условия проведения работы по заявке.

Если при проведении работ по заявке могут возникнуть непредусмотренные нарушения быстродействия, чувствительности (в том числе резервирования смежных участков), селективности или снижение надежности работы, а также опасность ошибочного отключения, то все это должно оговариваться в заявке.

Подготовка к проведению работы

1. К любым работам по разрешенной заявке и оформленным в соответствии с правилами техники безопасности нарядами или распоряжениями можно приступать только по разрешению диспетчера, в управлении которого находится данное устройство РЗА, полученному непосредственно перед началом работ. Перед выдачей такого разрешения диспетчер и перед обращением за получением его дежурный должны проверить, не возникли ли какие-либо причины, препятствующие проведению работ в сроки и в условиях, указанных в разрешенной заявке.

2. До начала допуска для работы по заявке персонал, допускаемый к работе, обязан:

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

б) записать в рабочем журнале маркировку цепей, которые должны быть отключены при выводе устройств РЗА из работы, с указанием номеров выводов, аппаратов, реле и пр. Для этой цели удобно составлять таблицы, в которых отмечаются все выполняемые в цепях устройств РЗА операции как при выводе их из работы, так и при вводе в работу. При использовании типовых программ необходимо произвести сверху отключаемых цепей, указанных в типовой программе, с исполнительными схемами для исключения ошибок в случае ранее выполненной реконструкции схем устройств РЗА,

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

г) подготовить необходимый инструмент и приспособления для удобного и безопасного проведения работ;

д) обеспечить освещенность рабочего места.

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, автоматы и т.п.), так и персоналом СРЗА (ЭТЛ), допускаемым к производству работы, в части отсоединения цепей, аппаратов, реле и т.п.

4. После получения разрешения диспетчера на допуск к работе по заявке, которое должно быть получено непосредственно перед началом работ, оперативный персонал должен выполнить следующее:

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

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

в) провести инструктаж бригады, которая будет производить работы, в том числе производителя работы по заявке, обязательно указав, какое время отведено при разрешении заявки на выполнение работы и какие дополнительные условия и ограничения должны выполняться при этом;

г) отключить (вывести из работы) накладками, ключами, предохранителями, испытательными блоками (если оперативный персонал имеет право ими оперировать и т.п. устройства РЗА, указанные в заявке, для проведения работы);

д) 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 устройств РЗА, остающихся в работе, шторками или ограждениями, допускается это требование не выполнять, но работать следует с особой тщательностью и повышенной осторожностью;

е) выполнить все мероприятия в соответствии с требованиями ПТБ;

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

5. Во время допуска 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:

а) соответствии первичной схемы соединений 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, сигнальным лампам и показаниям измерительных приборов;

б) правильности положения отключающих устройств в цепях РЗА, которыми оперировал оперативный персонал. Положение отключающих устройств должно соответствовать условиям разрешенной заявки. Обязательный контроль со стороны персонала СРЗА не снимает полноты ответственности оперативного персонала за правильность положения переключающих устройств, которыми ему разрешено выполнять операции;

в) выполнении всех остальных требований разрешенной заявки на проведение данной работы;

г) достаточности ограждений места работы, соседних панелей рядов выводов остающихся в работе реле и другой аппаратуры, выполненных согласно п.2.3.4, *д*.

6. После допуска к работе оперативным персоналом производитель работы из персонала СРЗА энергопредприятия должен приступить к дальнейшей подготовке рабочего места 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 энергопредприятия заключается в отсоединении устройств РЗА, на которых должны производиться работы по заявке. Отсоединение необходимо производить, как правило, мостиками измерительных зажимов или отключением и изолированием проводников на рядах зажимов с соблюдением мер предосторожности, исключающих возможность ошибочного отключения или включения выключателей, нарушения исправности цепей напряжения, тока, оперативных и пр. Такими мерами являются:

а) предварительное отключение устройств РЗА ключами, накладками (отключающими устройствами), рубильниками, автоматическими выключателями и

предохранителями, выполняемое оперативным персоналом при подготовке рабочего места, согласно п.2.3.4. При необходимости производителем работ выполняются дополнительные отключения снятием крышек испытательных блоков, штекеров специальных размеров, разъемов, ключами и предохранителями, не находящимися в управлении оперативного персонала;

б) применение специального изолированного инструмента;

в) тщательный контроль вторым лицом, входящим в состав бригады, за правильностью отсоединения по предварительно составленным программам и таблицам.

7. При выводе из работы устройств РЗА для производства работ на них рекомендуется следующая очередность отсоединения цепей (этот же порядок должен быть отражен и в программе):

а) размыкаются путем отсоединения выходные цепи, через которые может произойти непосредственное отключение и включение выключателей, отделителей, короткозамыкателей, АГП, посадка стопорных клапанов турбины, воздействия на ЭЧСР, другие непредусмотренные воздействия, изменяющие режимы работы энергетического оборудования, а также те цепи, через которые указанные воздействия могут произойти косвенно (УРОВ, АПВ, устройства телеотключения, противоаварийной автоматики, пожаротушения и т.п.). Указанные цепи должны быть не только отсоединены, но и надежно изолированы;

б) отключаются цепи оперативного напряжения;

в) отсоединяются цепи тока без размыкания остающихся в работе цепей. 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 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 выводов, должны быть выведены накладками на все время работы, и их действующие цепи (отключения, включения, напряжения, оперативного тока и пр.) должны быть по возможности закрыты изолирующими шторками;

г) отключаются 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 отсоединения и изолирования действующих цепей напряжения производить работы запрещается, за исключением проверок рабочим током и напряжением и измерений напряжения;

д) отсоединяются другие 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 ЭВМ и т.п., цепи других устройств РЗА, воздействующих на проверяемое устройство, и т.п.

8. В рабочей тетради или в программе должны делаться отметки обо всех произведенных отсоединениях цепей.

9. При невозможности выполнения мероприятий, указанных в п.2.3.7, работа на устройствах РЗА должна производиться либо при отключенных выключателях, на которые может подействовать устройство РЗА, либо по заявке, в которой предусматриваются возможность ошибочного отключения (включения) выключателей и мероприятия для их быстрого обратного включения.

Подготовка устройств РЗА к включению в работу

1. После окончания проверки устройства РЗА от посторонних источников тока производится их проверка (током нагрузки и рабочим напряжением) методами, указанными в п.3.12, а также в инструкциях и методических указаниях по проверкам отдельных устройств РЗА.

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.2.3.7, в.

Все переключения в цепях тока и напряжения при проверках рабочим током и напряжением должны производиться с особой осторожностью.

Анализ поведения устройств РЗА при проверке рабочим током и напряжением должен производиться в соответствии с п.3.12, а также согласно инструкциям и методическим указаниям по проверке отдельных устройств РЗА сразу же после снятия векторных диаграмм и проведения необходимых имитаций.

2. По окончании проверки рабочим током и напряжением производится соединение всех цепей, отсоединявшихся ранее в соответствии с п.2.3.7, в порядке, указанном в п.2.5.3, в-е.

Обо всех соединениях делается отметка в рабочей тетради или программе 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, в цепях трансформаторов напряжения и в измерительных органах устройства РЗА запрещается.

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

а) цепи напряжения;

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

в) цепи оперативного напряжения.

После этого проверяется положение реле на панели. Если положение реле правильное, работа выполняется дальше;

г) цепи сигнализации;

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

е) цепи отключения и включения коммутационных аппаратов.

4. На подготовленном к включению в работу устройстве РЗА запрещается даже на короткий срок оставлять разрывы в каких-либо цепях на мостиках рядов выводов 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 выводов, например, накладкой или вынув крышку испытательного блока.

5. После полного окончания всех работ необходимо проверить отсутствие "плюса" оперативного напряжения на накладках в цепях отключения и включения коммутационных аппаратов, связей устройств РЗА с другими устройствами.

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.

Приемка устройств РЗА и включение их в работу

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

Приемка производится представителем СРЗА (ЭТЛ), за которым закрепляется вновь вводимое устройство РЗА, или другим лицом, допущенным к самостоятельной проверке этого типа устройств РЗА, назначаемым руководством СРЗА (ЭТИ). Приемка производится с участием представителя наладочной организации, проводившего наладку. В процессе приемки принимающий должен проверить, чтобы наладочные работы были выполнены с необходимым качеством и в объеме, не меньшем регламентированного объема проверок при новом включении действующими правилами технического обслуживания устройств РЗА или согласно предусмотренной программе, и исполнительные схемы устройств РЗА соответствовали проектным принципиальным схемам с учетом выполненных в установленном порядке корректировок. При проведении приемки производится внешний осмотр, при необходимости 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, проверки устройств РЗА первичным током и напряжением. Для проведения работ представляется техническая документация согласно п.2.7.3.

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

Перед их вводом в работу производитель работ представитель СРЗА (ЭТЛ) должен подробно проинструктировать оперативный персонал с демонстрацией (имитацией) на месте операций, предусмотренных инструкцией по оперативному обслуживанию устройства РЗА. Инструктаж проводится для одной работавшей смены оперативного персонала. Остальным сменам инструктаж передается старший 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.

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

Если проводились пусконаладочные работы, то запись в журнале релейной защита делают ответственные исполнители наладочной организации и службы РЗА, принявшей в эксплуатацию устройство РЗА.

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

4. После ознакомления с записью в журнале релейной защиты на щите управления оперативной 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) положения указательных реле, 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 и т.п.

2.7. Требования к оформлению технической документации

1. Исполнительные схемы, по которым производятся работы, должны быть выверены и полностью соответствовать фактически выполненному монтажу устройства РЗА. Все отсоединенные цепи и выводы, на которых не включены контактные мостики или перемычки, 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.

Исполнительными схемами являются откорректированные при монтаже и наладке принципиальные схемы и схемы соединений (монтажные схемы) или выполненные на их базе развернутые принципиальные и монтажные схемы. Для сложных комплектных устройств РЗА в качестве исполнительных схем, кроме указанных выше, используются откорректированные схемы технических описаний завода-изготовителя.

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, циркуляр и др.).

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.

Исполнительные принципиальные схемы устройств РЗА должны высылаться в службу РЗА энергосистемы (или службу РЗА территориального ОДУ ЦДУ).

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

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

а) протоколы наладки устройств РЗА, оформленные в соответствии с действующими формами протоколов. Допускается также применение вместо протоколов наладки паспортов-протоколов, разработанных энергосистемами 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 (проверки взаимодействия с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, проверка рабочим током и напряжением и т.д.), протоколы временно передаются лицу, осуществляющему приемку, на период проведения предварительной приемки без оформления в них результатов

завершающих этапов проверок. Окончательное оформление и передача эксплуатационному персоналу этих протоколов производится в двухмесячный срок после полного окончания работ;

б) скорректированные исполнительные схемы.

4. Если производится реконструкция устройства РЗА, то после окончания монтажных работ должны быть составлены точные исполнительные схемы этого устройства либо откорректированы проектные схемы в соответствии с внесенными при монтаже изменениями.

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

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

7. 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.

8. Кроме указанных в пп.2.7.5-2.7.7 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 должен периодически просматриваться в целях контроля правильности внесенных записей руководством СРЗА (ЭТЛ) и администрацией структурного подразделения, что также удостоверяется их подписями.

9. 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 (ЭТЛ), допущенный к самостоятельной проверке вводимого устройства РЗА, должен передать в СРЗА энергообъединения сведения о выполненных уставках.

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

Лекция 10. ВНЕШНИЙ ОСМОТР

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

2. При внешнем осмотре необходимо проверить:

а) выполнение требований "Правил устройства электроустановок". Шестое издание, переработанное и дополненное. - М.: Энергоатомиздат, 1985 (гл.3, 4), "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей. 14-е издание, переработанное и дополненное. - М.: Энергоатомиздат, 1989. (§5.9.19-5.9.26) и других директивных документов, относящихся к проверяемому устройству или к отдельным его узлам, а также соответствие проекту установленной аппаратуры и контрольных кабелей;

б) надежность крепления и правильность выполнения заземлений самой панели, ящиков, устройств РЗА и установленной там аппаратуры;

в) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры. На шпильки реле желательно надеть изоляционные трубки, а в случае переднего присоединения под выводы реле желательно подложить изолирующие прокладки (за исключением разъемов СУРА);

г) состояние монтажа проводов на панелях, шкафах, ящиках и т.п. Должны отсутствовать неизолированные провода и жилы кабеля. Наиболее целесообразна прокладка проводов в пучках, скрепленных скобками или нитками. В местах прохода проводов через отверстия не должно быть коррозии, острых углов и заусенцев;

д) отсутствие на смежных зажимах цепей, случайное соединение которых может вызвать отключение и включение присоединения, короткое замыкание в цепях постоянного тока;

е) надежность и правильность выполнения ответвлений от шинок (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 согласовано с соответствующей службой РЗА);

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 зашиты от механических повреждений, герметичность уплотнений труб, используемых для механической защиты кабелей наружной прокладки, герметичность уплотнений в местах прохождения кабелей через стены и междуэтажные перекрытия, выполнение мер противопожарной безопасности в пределах существующих зон обслуживания;

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 убраны под перфорацию;

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 (бумажной, пластмассовой, хлорвиниловой). Подключение кабелей непосредственно к газовым реле производить через специальные коробки, которые обеспечивают необходимую герметичность, исключающую проникновение влаги и масла;

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) у трансформаторов тока и напряжения отсутствие течи масла, мастики, отсутствие трещин на выводных изоляторах вторичных обмоток, исправность и затяжка зажимов, наличие маркировки;

о) наличие в цепях каждой группы электрически (гальванически) связанных вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения 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 оперативного тока и правильность сборки перемычек в испытательных блоках цепей, а также других блоках, если это предусмотрено схемой и подключение к ним цепей от трансформаторов тока. Цепи от трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и источников оперативного тока должны подходить к блокам снизу. При снятой крышке блоков, установленных в токовых цепях, их цепи должны закорачиваться и остаться заземленными со стороны трансформаторов тока.

Если суммирование тока от разных комплектов трансформаторов тока производится на измерительных выводах панели, то соединение этих выводов надо производить со стороны панели в соответствии с рис.1;

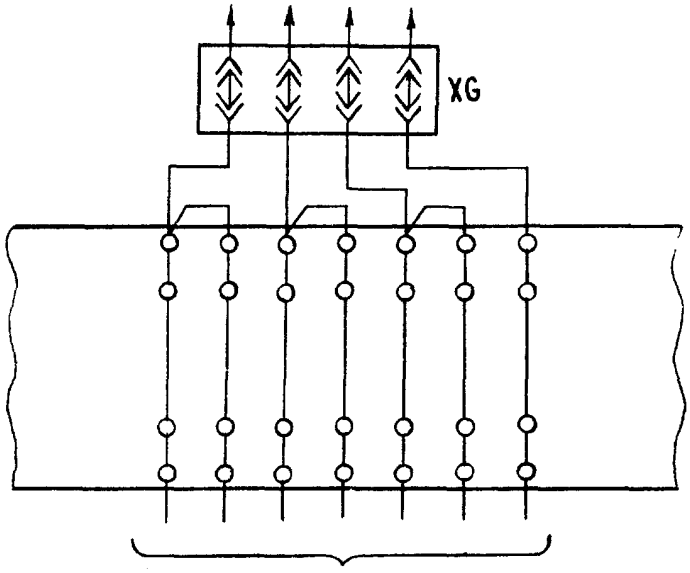


Рис.1. Схема суммирования вторичных токов на выводах панели

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

с) состояние и правильность выполнения заземлений конденсаторов связи 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 некоторых 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, маркировки жил кабелей и проводов;

ф) наличие маркировок крышек испытательных блоков и разъемов, если они выполнены по специальной схеме, отличной от стандартной;

х) соответствие условий работы изделий состоянию окружающей среды.

Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры

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.

1. При осмотре следует проверить:

а) целостность кожухов и стекол реле и надежность их уплотнений в соответствии со степенью защиты, оговоренной в технической документации;

б) наличие и целостность всех деталей реле;

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;

з) целостность и правильность установки подпятников и правильность заточки осей. Оценка состояния подпятников и концов осей производится без разборки по отсутствию затираний. Только при наличии затираний подпятник вывертывают и проверяют. Исправность агатовых подпятников (отсутствие трещин и выкрошиваний) проверяют, прощупывая кратер стальной иголкой. 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 не должны касаться один другого и 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.

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

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

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

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

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

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

3. Обнаруженные при осмотре дефекты устранить нижеперечисленными способами:

а) удалить пыль и грязь. Удаление пыли производится мягкой теткой 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. Загрязненные или оплавленные контакты зачищают острым лезвием ножа или надфилем, промывают вышеуказанными растворителями и полируют воронилом. Применение для чистки контактов резины и абразивных материалов не допускается;

б) для реле 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;

в) поломанные или изношенные детали следует заменить;

г) провода с поврежденной изоляцией заменить или дополнительно заизолировать;

д) непрочные крепления затянуть. Дефекты регулировки устранить;

е) выполнить ремонт печатной платы согласно приложению 1.

Проверка схемы соединений устройства РЗА

1. Проверку правильности выполненной схемы и маркировки жил и проводов произвести осмотром и проверкой наличия цепи ("прозвонкой"). Следует проверить фактическое выполнение соединений между отдельными элементами в панелях, шкафах, ящиках и т.п., а также цепи связи проверяемого устройства с другими устройствами РЗА. 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.3.8).

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.

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

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

5. При "прозвонке" схемы на проверяемый провод подается напряжение от внешнего вспомогательного источника, присоединяемого между проверяемым и вспомогательным проводами по схеме, приведенной на рис. 2. На другом конце между проверяемым и вспомогательным проводами подключается любой указатель наличия тока или напряжения. Указатель дает показания при подключении к проверяемому проводу и не дает при подключении к другим проводам. В качестве источников питания следует применять: сухие батареи, аккумуляторы, понизительные трансформаторы, генератор мегаомметра. Указателем может быть лампа накаливания, светодиод, вольтметр, телефонные трубки, логометр мегаомметра, звонок, сигнальное реле и пр. Обычно источник питания и регистратор 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.

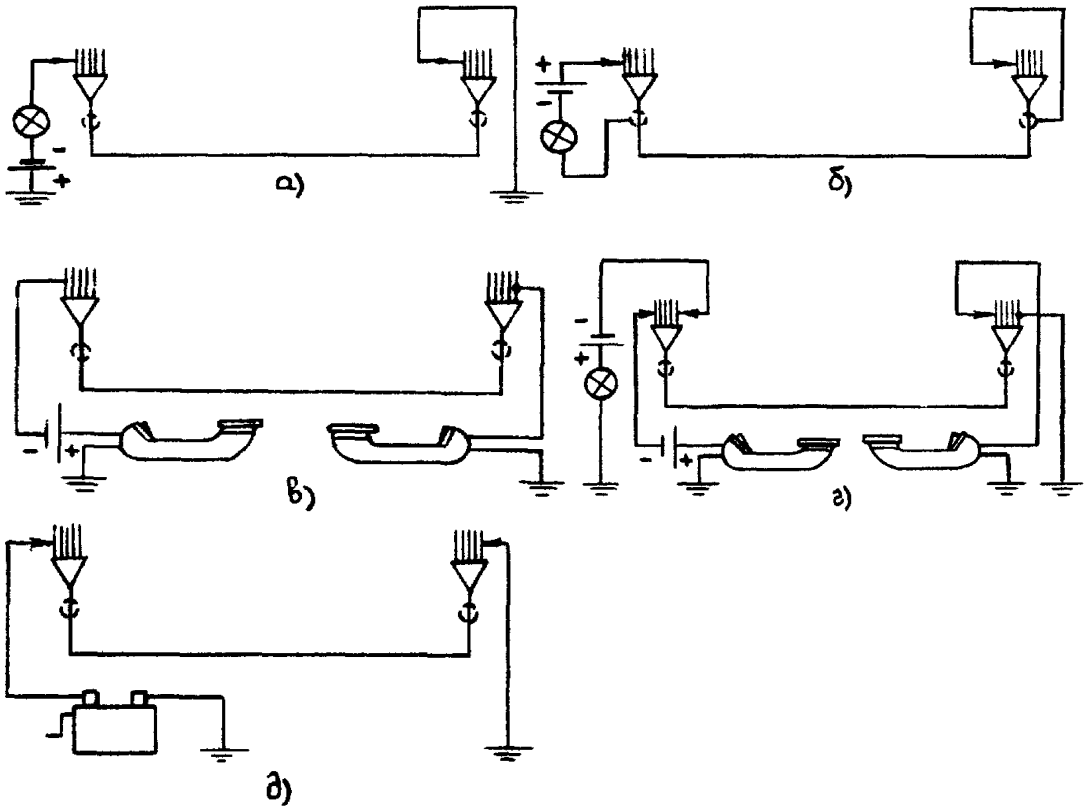


Рис.2. Основные схемы "прозвонки" цепей:

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 рис. а или б, и использованием микротелефонных трубок для связи; д – с использованием в качестве пробника мегаомметра

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

В качестве пробника удобно использовать пробник УП-71, выпускаемый Московским опытным заводом электромонтажной техники Минмонтажспецстроя СССР. Пробник УП-71 обеспечивает два вида проверок:

а) проверку целостности электрических цепей с сопротивлением до 10 кОм и индикацию наличия напряжения переменного тока в пределах 24-380 В и постоянного тока в пределах 80-440 В;

б) проверку целостности электрических цепей с сопротивлением до 10 кОм.

Следует иметь в виду, что если при "прозвонке" кабеля по схеме, приведенной на рис.2, в, разговор при "прозвонке" заглушается блуждающим током, протекающим в земле, или токами, наведенными в проверяемом проводе от сильноточных устройств, в качестве вспомогательного провода вместо земли следует использовать ранее проверенную жилу проверяемого кабеля или жилу другого кабеля, концы которого находятся вблизи проверяемого.

При проверке схем соединений, содержащих полупроводниковые элементы и ИМС, не следует применять такие пробники, выходные уровни сигналов которых не опасны для полупроводниковых элементов и ИМС, в том числе указанные на рис.2. Обычно для этой цели используют омметры комбинированных приборов с соответствующими пределами.

6. Рекомендуется следующий порядок "прозвонки" кабелей сложных схем:

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

Кабель № _____

Номера зажимов панели № _____	Марка жилы кабеля	Номера зажимов панели № _____

б) отключить заземляющие проводники, имеющиеся в схемах;

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

г) по одной из схем, приведенных на рис.2, проверить правильность монтажа. При этом рекомендуется 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.

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 выводов (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.

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

Проверка изоляции

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

2. Проверку изоляции производить в два этапа:

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

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

3. Для проверки изоляции провести следующие подготовительные работы:

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

б) отключить автоматические выключатели или предохранители в цепях оперативного напряжения, сигнализации, вторичных обмоток трансформатора напряжения (во избежание обратной трансформации напряжений на высокую сторону). При проверке изоляции цепей, подключенных к вторичным обмоткам трансформатора напряжения, до коммутационных аппаратов, установленных в их цепях, вторичные обмотки трансформатора напряжения можно не отключая, закоротить.

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

в) отключить от схемы все заземляющие проводники;

г) снять с панелей магнитоэлектрические, поляризованные реле, платы полупроводниковых нуль-индикаторов (они проверяются по специальным программам более низкими уровнями напряжений), закоротить выводы конденсаторов, диодов, стабилитронов, неоновых и электронных ламп, цепей выходных напряжений блоков питания полупроводниковых устройств РЗА, входных выводов промежуточных реле РП18, если они не закорачиваются обмотками реле, резисторами или перемычками, установленными на рядах выводов для проверки изоляции;

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

е) для панелей, выполненных на полупроводниковой элементной базе, следует также установить в рабочее положение задние крышки 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, отделенные от проверяемой схемы 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 выводах устройства РЗА собрать все цепи, электрически связанные между собой в отдельные группы, объединив выводы с помощью гибкого неизолированного провода или иным способом, например, специально изготовленными перемычками с учетом конструктивных особенностей зажимов.

Например, группа цепей тока, напряжения оперативного тока, сигнализации и т.д. При наличии на устройстве цепей, питавшихся от двух аккумуляторных батарей, эти цепи должны объединиться 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 один с другой и подключить к одной из испытуемой группе цепей;

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

4. Измерение сопротивления изоляции производить:

а) относительно земли (корпуса);

б) между отдельными электрически не связанными между собой группами цепей (п. 3.5.4.2, а);

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.

Измерение сопротивления изоляции производить мегаомметром с номинальным напряжением, указанным в табл.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. Допускается производить проверку целостности изоляции между токовыми обмотками опробованием с помощью переменного напряжения 220В.

Измерение сопротивления изоляции 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 (рис.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 (рис.3, б). При этом группа (группы) цепей, для которой предусмотрена проверка мегаомметром с меньшим номинальным напряжением (группа n+1 на рис.3, б), должна быть заземлена и отключена от вспомогательной шинки.

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

Убедившись в отсутствии непредусмотренных связей между цепями отдельных групп (с помощью омметра и визуально) и выполнении всех других мероприятий, предусмотренных п.3.5.3, следует произвести поиск места перекрытия изоляции, медленно вращая ручку мегаомметра до начала перекрытия.

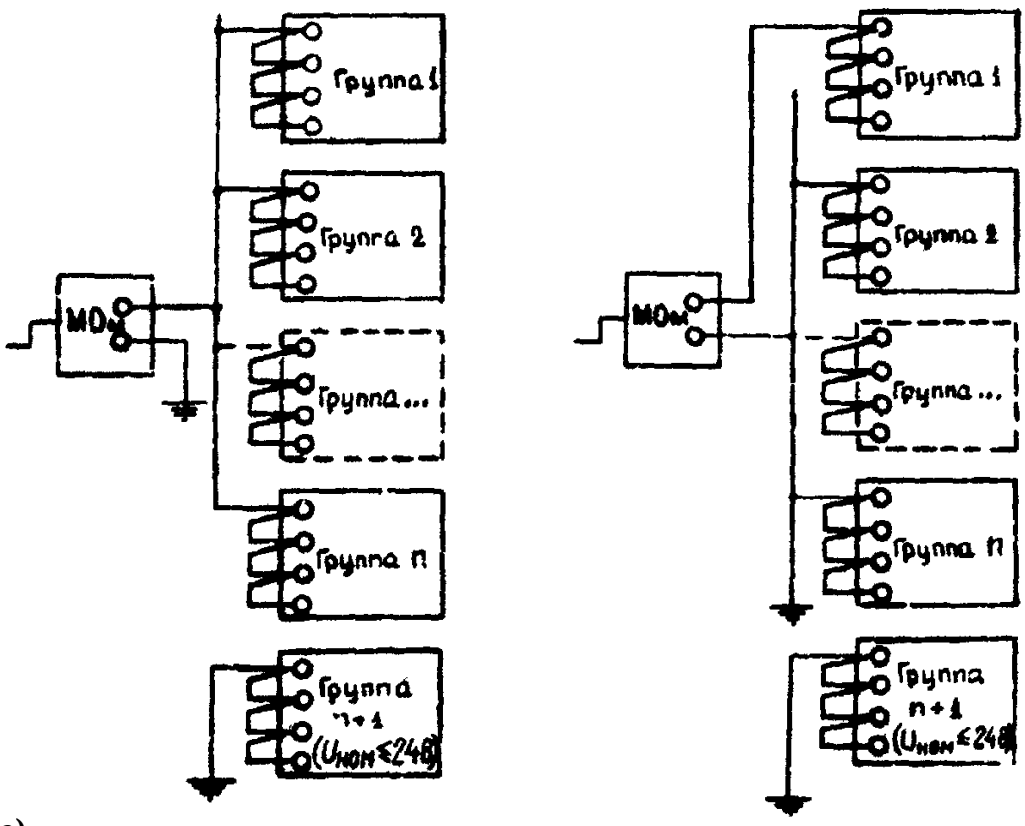


Рис. 3. Схемы измерения сопротивления изоляции: а – всех групп относительно земли (корпуса); б – выделенной группы относительно других групп и земли

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

Таблица 1

Наименование	Номинальное напряжение мегаомметра, кВ	Минимальное допустимое значение сопротивления изоляции, МОм
1. Отдельные панели, шкафы, блоки, ящики, пульты устройств РЗА с отключенными кабелями (за исключением п.5)	1,0-2,5	10
2. Шинки оперативного тока и цепей напряжения (при отсоединенных цепях)	1,0-2,5	10
3. Устройства РЗА в полностью собранной схеме с подключенными контрольными кабелями (за исключением пп.4.5)	1,0-2,5	1,0
4. Цепи управления, защиты электродвигателей переменного тока напряжением до 0,4 кВ, присоединенные к силовым цепям	1,0-2,5	0,5
5. Цепи устройств, содержащих микроэлектронные элементы: электрически связанные с источником питания устройств управления, защиты,	0,5-1,0	1,0

измерения, источником тока или напряжения		
при питании от отдельного источника питания или связанные с источником через разделительный трансформатор	Проверяется отсутствие замыканий на землю омметром с номинальным напряжением, не превышающим напряжение питания проверяемых цепей, или в соответствии с указаниями завода-изготовителя	

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

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 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 сопротивления изоляции.

Произвести испытание электрической прочности изоляции всех объединенных в группы цепей (за исключением цепей с номинальным напряжением до 60 В) устройств РЗА, подвергшихся реконструкции, ремонту или вновь смонтированных, напряжением 1000 В синусоидального переменного тока частоты 50 Гц в течение 1 мин относительно земли.

Испытание электрической прочности изоляции производят с помощью специальных испытательных установок, изготовленных лабораториями и мастерскими энергосистем и наладочными организациями, например, ИВК или И9-65. При отсутствии испытательных установок испытания могут проводиться по схеме, приведенной на рис.4.

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

Резистор R служит для ограничения тока при пробое изоляции. В схеме на рис.4,а устанавливается резистор сопротивлением 1000 Ом, а в схеме на рис.4,б сопротивление резистора R (в омах) подсчитывается по формуле

$$R = \frac{1000}{n_{тн}^2}, \qquad (1)$$

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

Измерение напряжения следует производить на стороне высшего напряжения повышающего трансформатора Тр с помощью киловольтметра, двух одинаковых последовательно включенных вольтметров V или вольтметра с добавочным сопротивлением Rд. 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.

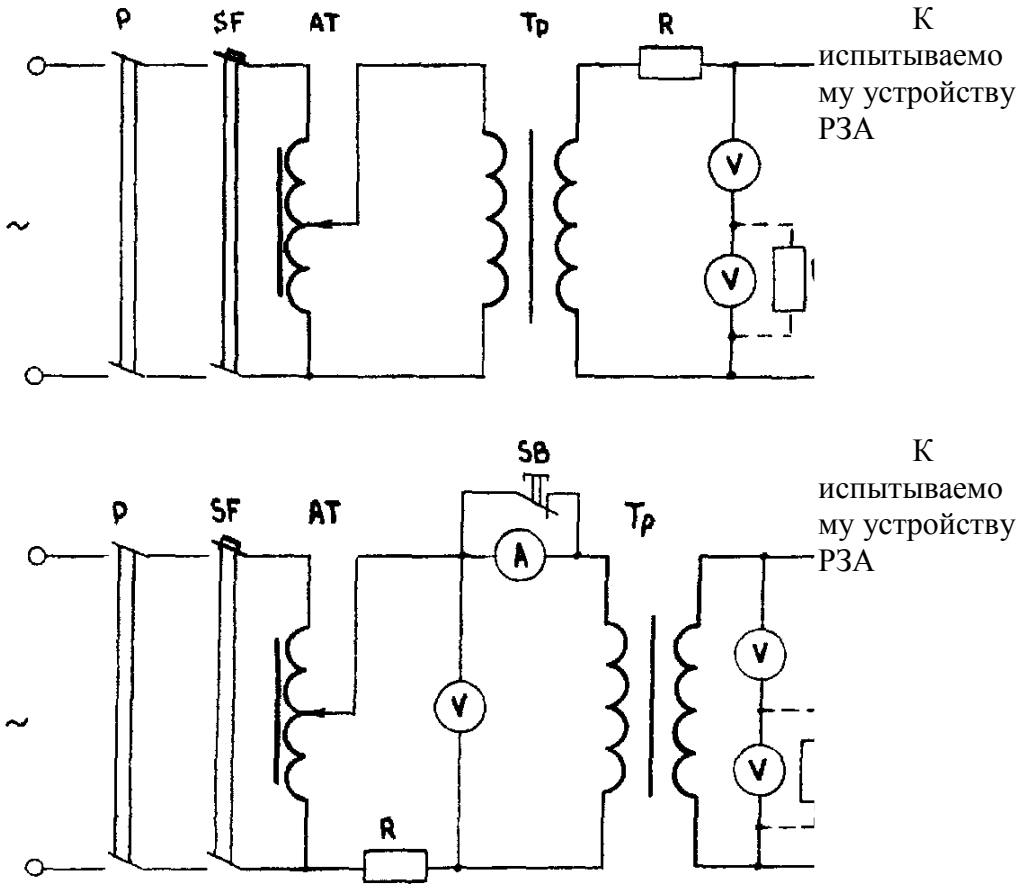


Рис.4. Схема испытания электрической прочности изоляции:

а - при измерении испытательного напряжения с высокой стороны повышающего трансформатора; б - то же с низкой стороны повышающего трансформатора

Перед производством испытаний следует:

а) выполнить все мероприятия, предусмотренные "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок" (М.: Энергоатомиздат, 1987), при производстве высоковольтных испытаний (п.15.1), в том числе убедиться в отсутствии напряжения в испытуемой схеме, оградить схему от возможного прикосновения, вывесить необходимые плакаты, удалить людей из зоны проведения испытаний, тщательно проверить схему для исключения попадания испытательного напряжения в другие схемы и др.;

б) соединить группы цепей для испытаний. Разветвленные цепи рекомендуется испытывать по отдельным участкам для исключения перегрузок испытательной установки. Например, сложные цепи, связывающие несколько присоединений - схемы

дифференциальной защиты шин, синхронизации, АВР, цепи напряжения и сложных блокировок - испытывать отдельными участками для каждого присоединения;

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

После присоединения к испытуемым цепям испытательной установки подать напряжение питания и произвести плавный подъем напряжения до 500 В.

Осмотреть с соблюдением правил техники безопасности всю испытываемую схему. В случае если не замечено искрения или пробоя и испытательное напряжение не изменяется, увеличить напряжение до 1000 В, которое подавать в течение 1 мин, после чего напряжение плавно снизить до нуля и отключить питание от испытательной установки.

Испытательную схему замкнуть на землю для снятия остаточного заряда.

После окончания испытаний повторно измерить сопротивление изоляции мегаомметром.

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.

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

При профилактическом восстановлении допускается проводить испытание электрической прочности изоляции относительно земли мегаомметром с номинальным напряжением 2500 В вместо испытания напряжением 1000 В переменного тока. Такая замена недопустима для устройств РЗА, содержащих полупроводниковые элементы ИМС. Испытание мегаомметром проводится при тех же условиях, что и испытание напряжением 1000 В переменного тока.

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

Лекция 11. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ УСТРОЙСТВ РЗА

1. Проверка электрических и временных характеристик устройств РЗА производится при техническом обслуживании в объемах, определенных ПТБ.

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.

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 облегчении труда обслуживающего персонала, сокращения времени на обслуживание и снижения вероятного количества ошибок, с другой стороны.

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.3.7.

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.

3. Проверки устройства РЗА, как правило, должны производиться не от рабочих, а от посторонних источников постоянного и переменного напряжения, например от проверочных устройств. Питание проверочных устройств должно осуществляться от специально предусмотренных для этих целей сборок.

4. Для экономии времени и предотвращения ошибок проверку устройств РЗА следует производить с помощью комплектных испытательных устройств (переносных, передвижных или стационарных встроенных в устройства РЗА).

Испытательные устройства должны обеспечивать возможность регулирования и измерения тока, напряжения и угла сдвига между ними в нужных пределах и быстрый переход (с помощью специальных переключателей) от одних испытательных схем к другим и от проверки реле на одних фазах к проверке их на других, а также измерение временных характеристик устройств РЗА.

В качестве испытательного устройства целесообразно применять устройства У5053, ЭУ5001, выпускаемые Киевским ПО "Точэлектроприбор", или другие устройства, удовлетворяющие вышеуказанным требованиям.

Испытательные устройства для проверки устройств РЗА должны подключаться к сети переменного и постоянного напряжения через специальные щитки, обеспеченные защитой, чувствительной к коротким замыканиям на выводах испытательных устройств.

Рекомендации по выбору измерительных приборов для проверки устройств РЗА приведены в приложении 2.

Для быстрой и качественной регулировки отдельных реле и всего устройства РЗА в целом рекомендуется применять специальные наборы инструментов.

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-трехжильные и т.д. Сечения проводов для питания цепей переменного и постоянного напряжения достаточно иметь 1-1,5 $мм^2$ в основном по условиям механической прочности. По условиям нагрева для токовых цепей рекомендуется применять провода сечением не менее 2,5-4 $мм^2$, а для соединения устройства с источником питания - 4-6 $мм^2$. Для всех соединительных проводов рекомендуются гибкие многожильные провода с резиновой или хлорвиниловой изоляцией, а для цепей питания - шланговые провода с резиновой изоляцией.

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

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

После присоединения устройства РЗА к действующим цепям подключение проверочной аппаратуры при проведении технического обслуживания осуществляется с помощью контрольных штекеров во избежание случайного попадания напряжения от проверочной аппаратуры в цепи трансформаторов тока, напряжения, оперативного напряжения и т.п. Все контактные шпильки контрольных штекеров, находящихся под рабочим напряжением, должны быть изолированы и перемычки на них выполняться изолированным проводом.

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

При настройке или проверке электрических характеристик реле, реагирующих на угол между векторами напряжения и тока или между векторами двух токов (напряжений), необходимо учитывать возможность появления дополнительных углов сдвига, вносимых испытательными реостатами и потенциометрами, и исключить ее правильным выбором реостатов и потенциометров.

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

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

9. Временные параметры промежуточных реле и реле времени 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 реле, используемых в измерительных органах устройств РЗА, определяются при определенных кратностях по отношению к параметру срабатывания (возврата), указанных в технических данных реле.

10. На устройствах РЗА должны быть выставлены уставки, заданные 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:

$$I_2 = \frac{I_1}{n_{\text{тт}}} K_{сх} I ; \qquad U_2 = \frac{U_1}{n_{\text{тн}}} K_{сх} U ; \tag{2}$$

$$Z_2 = \frac{Z_1 n_{\text{тт}}}{n_{\text{тн}}} ; \qquad S_2 = \frac{S_1}{n_{\text{тт}} n_{\text{тн}}} K_{сх} S , \tag{3}$$

где I_1; U_1; S_1 - первичные значения тока (А), напряжения (В) и мощности (В·А);
I_2; U_2; S_2 - вторичные значения тока (А), напряжения (В) и мощности (В·А);

$K_{сх}I$ - коэффициент схемы, учитывающий схему соединений вторичных обмоток трансформаторов тока, равный отношению значения тока, протекающего в реле в симметричном режиме, к значению тока во вторичной обмотке трансформатора тока;

$K_{сх}U$ - коэффициент схемы, учитывающий соответствие между фазными и линейными значениями напряжения, задаваемыми в уставках и схемой включения реле во вторичных цепях;

$K_{сх}S$ - коэффициент схемы, учитывающий соответствие между мощностью (однофазной и трехфазной), заданной в уставках к схемой подключения реле ко вторичным цепям;

$n_{тт}$, $n_{тн}$ - коэффициенты трансформации трансформатора тока и трансформатора напряжения.

Желательно в целях уменьшения вероятности ошибок при настройке реле (особенно в случаях, когда коэффициенты схемы не равны единице или трансформаторы напряжения, питающие дистанционную защиту, подключаются к обмотке низкого напряжения силового трансформатора и т.п.) указывать в задаваемых службой РЗА уставках также их вторичные (пересчитанные) значения.

11. Промежуточные реле и реле времени 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, учитывая такие факторы, как длительность подачи напряжения в схему до начала измерения, для того, чтобы успели полностью зарядиться конденсаторы, участвующие в работе схемы, а также возможные изменения в цепях, шунтирующих обмотку, в процессе измерения (возможные колебания оперативного напряжения и посадка этого напряжения от испытательных устройств).

В случае, если проверка реле производилась со снятием их с панели (шкафа, ящика и т.п.) и отключением проводов внешней коммутации, после окончания проверки и подсоединения реле должна быть проверена его схема соединений одним из способов, указанных в п.3.4.

12. Регулировку и настройку реле необходимо выполнять с учетом следующих условий:

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

б) проверка шкалы уставок реле должна производиться с учетом имеющихся разбросов параметров реле в зависимости времени срабатывания от фазы включения тока или напряжения. Поэтому уставка должна определяться как среднее арифметическое значение из трех измерений на одной точке шкалы для электромеханических реле и среднего из десяти измерений для быстродействующих полупроводниковых реле. В последнем случае может быть использовано устройство включения в заданную фазу. При этом можно также ограничиться тремя измерениями;

в) 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) промежуточные реле, реле тока и напряжения, имеющие несколько обмоток, включенных в разные цепи, должны проверяться при подаче тока или напряжения поочередно в каждую из обмоток. Кроме того, должна быть проверена полярность включения обмоток, например при подаче тока или напряжения одновременно в несколько обмоток;

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

е) после выставления уставок на шкалах и переключателях уставок устройств РЗА необходимо нанести метку, соответствующую выполненной уставке. Способ нанесения метки должен быть выбран таким, чтобы метка легко снималась при изменении уставки, например, мягким простым карандашом или стеклографом в виде риски непосредственно, на шкале (лицевой плате блока) или на наклеенной на ней узкой бумажной полоске нанесением маленькой цветной точки лаком или краской (с возможностью снятия ее соответствующим растворителем) и т.п.

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 вынутом модуле (блоке);

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

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

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.3.9).

Выдержка времени на элементах сложных защит, на ИМС измеряется с помощью выносных или встроенных приспособлений и выносного миллисекундомера.

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

нагрузки включать герконовые реле через полупроводниковый повторитель. Время срабатывания этого реле при измерении небольших выдержек времени следует вычитать из измеренного времени.

15. Уставки устройств РЗА следует настраивать при новом включении и при текущем техническом обслуживании в случаях, если отклонения уставок устройств РЗА отличаются от заданных на значения более, чем указанные в табл.3. Допустимое отклонение выражено в единицах измерения параметра или в процентах от заданного значения уставки.

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

1. Проверку электрических временных характеристик следует производить в объемах, указанных в Правилах технического обслуживания, на механически исправных приводах после их ревизии и проверки правильности регулировки их блок-контактов.

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

Для электромагнитов с форсировкой это измерение следует произвести как в режиме форсировки, так и в режиме ввода дополнительной части обмотки или сопротивления при дешунтировании блок-контакта электромагнита от руки. Измеренное значение должно соответствовать данным завода-изготовителя или значениям, приведенным в табл. 9.3 (для воздушных выключателей) и в табл.П8.2-П8.11 (для масляных выключателей) "Норм испытания электрооборудования". (М.: Атомиздат, 1978).

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

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

Таблица 3

Наименование параметра	Допустимое отклонение
1. Выдержка времени	Не должно превышать значения отклонений,

быстродействующих защит без элемента задержки	указанных в техническом паспорте устройств РЗА
2. Выдержка времени устройств РЗА с элементами задержки на базе электромеханических реле, с:	
с реле времени с максимальной уставной более 3,5с	±0,1
с реле времени с максимальной уставкой менее 3,5с	±0,06
Устройств БАПВ, УРОВ, противоаварийной автоматики, выполненной с реле времени повышенной точности (с максимальной уставкой по времени 1,3с)	±0,03
3. Выдержка времени устройств РЗА с зависимой характеристикой, с:	
в зависимой части (контрольные точки)	±0,15
в независимой части	±0,1
4. Выдержка времени встроенных в привод реле в независимой части (с учетом времени отключения выключателя), с	±0,15
5. Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных в привод,%	±5
6. Сопротивление срабатывания дистанционных органов устройств РЗА, %	±3
7. Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения, %	±3
8. Ток и напряжение срабатывания для отключающих и включающих катушек приводов коммутационных аппаратов, %	±5
9. Мощность срабатывания реле мощности, %:	
Устройств РЗА (кроме измерительных органов противоаварийной автоматики)	±5
Измерительных органов противоаварийной автоматики	±3
10. Напряжение и ток срабатывания реле постоянного тока, %	±3-5
11. Коэффициент возврата реле:	
не встроенного в привод	±0,03
встроенного в привод	±0,05
12. Напряжение и ток прямой, обратной и нулевой последовательности пусковых органов устройств РЗА, %	±5
13. Выходные напряжения блоков питания полупроводниковых защит, %:	
Стабилизированные	±1-3
Нестабилизированные	±5-10
14. Угол между векторами напряжения реле контроля синхронизма, %	±10
15. Угол срабатывания панели угловой автоматики, %	±2
16. Параметры срабатывания и возврата поляризованных реле измерительных органов устройств РЗА, %	±5-10
17. Напряжение срабатывания устройства блокировки неисправности цепей напряжения, %	±10-15
18. Сопротивление компенсации сопротивления обратной последовательности, %	5-10
19. Ток компенсации емкостного тока ВЛ, %	±15
20. Проводимость компенсации емкостной проводимости ВЛ, %	±15
21. Координаты особых точек характеристик реле сопротивления, %	15-20
22. Время срабатывания и возврата промежуточных реле, для которых оно задано в уставках или определено в инструкциях или методических указаниях, %	±10

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

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

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

Напряжением (током) срабатывания считается минимальное напряжение (ток), при котором электромагнит отключает или включает коммутационный аппарат с возможным отклонением временных и, скоростных характеристик от гарантированных заводом-изготовителем. При проверках определяется либо абсолютное значение этого напряжения, либо то, что оно не превышает нормативного значения.

Электромагниты включения и отключения и контакторы включения постоянного тока проверяют по схемам, приведенным на рис. 5,а,в. Схема на рис.5,а применяется для проверки электромагнитов малой мощности, а на рис. 5,б - большой.

Для проверки шунтовых электромагнитов переменного тока рекомендуется схема, приведенная на рис. 5,б , а для токовых электромагнитов, работающих в схемах дешунтирования, схема на рис. 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 рис.5,в должен иметь достаточно большое значение сопротивления. Ориентировочное значение сопротивления реостата (R) может быть определено в формуле

$$R = /2 \div 3/ X_э - R_э, \qquad (4)$$

где $X_э$ - индуктивное сопротивление обмотки электромагнита при втянутом положении сердечника, Ом;

$R_э$ - активное сопротивление обмотки электромагнита, Ом.

Проверять токовые электромагниты по схемам рис. 5,а и 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 рис. 5,а должно быть очень мало. Поэтому рекомендуется проверку этих электромагнитов производить с помощью автотрансформатора по схеме на рис. 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. Напряжение надежной работы при этом снижается, что может вызвать ошибки в регулировке.

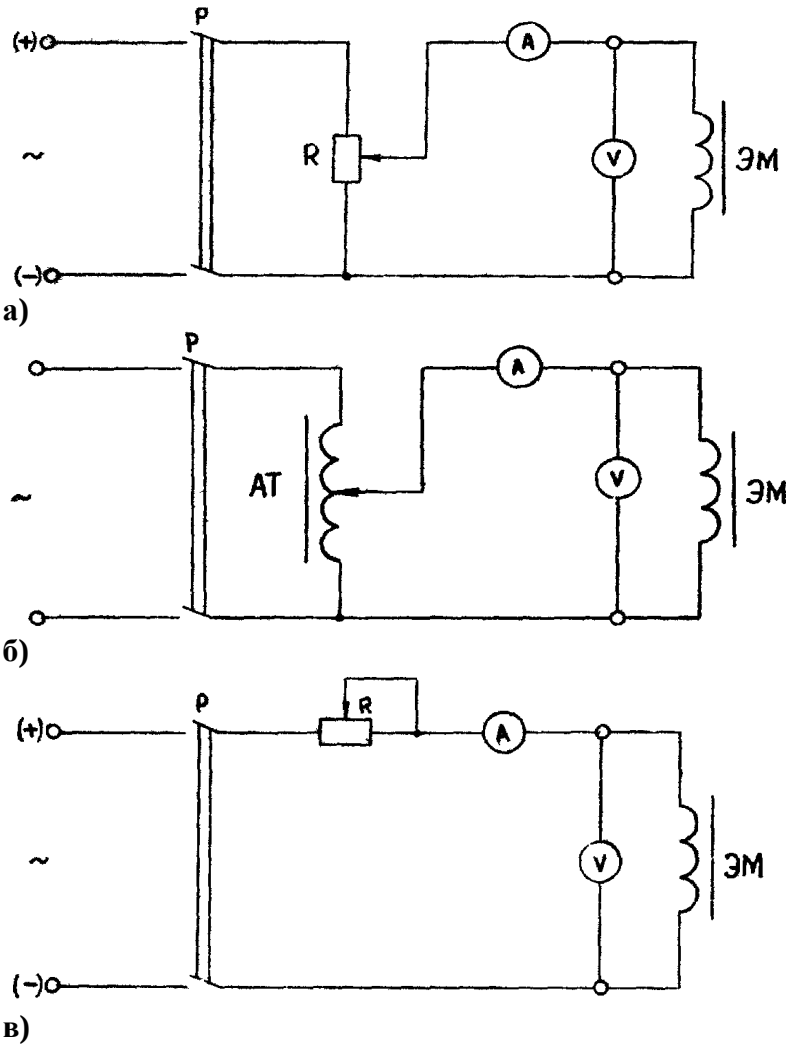


Рис.5. Схемы для проверки электрических характеристик электромагнитов приводов коммутационных аппаратов с помощью:

а - потенциометра; б - автотрансформатора; в -реостатом

Для всех электромагнитов определение параметра срабатывания производится при плавном увеличении напряжения или тока.

Такой метод рекомендуется по следующим причинам:

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

во многих конструкциях, особенно в пружинных и грузовых приводах, применены облегченные сердечники, скорость движения которых при токе или напряжении срабатывания невелика. Невелика и инерция, 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;

междувитковое 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.

Для электромагнитов включения и отключения воздушных выключателей проверить работоспособность при наибольшем рабочем давлении воздуха и снижении напряжения на зажимах электромагнитов до 65% номинального значения. Этим проверяется, что напряжение срабатывания ниже нормируемого значения. Проверку производить со щита управления (релейного щита) подачей напряжения толчком. Напряжение, равное 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 65% номинального значения можно произвести путем ввода добавочного активного сопротивления в цепь питания электромагнитов выключателя от источника оперативного напряжения по схеме рис. 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 $(0,5\text{-}0,6)U_{ном}$ 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:

$$R = 0,75\ R_{эм}, \qquad (5)$$

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:

$$R_{доб} = R_{эм}, \qquad (6)$$

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) убедиться в отключении и включении всех фаз выключателя.

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

Для электромагнитов отключения масляных выключателей проверить напряжение срабатывания, т.е. минимальное значение оперативного напряжения, при котором отключается выключатель.

Проверка производится непосредственно возле привода выключателя с использованием схемы рис. 5,в 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 атом он не отключится, то отрегулировать привод.

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

Для контактора включения масляного выключателя проверить напряжение срабатывания и возврата с использованием схемы рис. 5,в.

При снятом питании электромагнита включения и установленных на контакторе гасительных камер 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 отпадания свидетельствует о нарушении механической регулировки, затираниях и т.п.).

Проверить напряжение срабатывания электромагнитов включения короткозамыкателей, электромагнитов отключения отделителей, электромагнитов включения и отключения выключателей с пружинными и грузовыми приводами. Эти проверки осуществляют аналогично описанным в п.3.7.3.4. В случае проверки привода на переменном оперативном напряжении регулирование напряжения осуществляется с помощью автотрансформатора (рис.5,б).

Напряжение срабатывания электромагнитов включения короткозамыкателей, отключения отделителей и масляных выключателей с грузовым и пружинным приводами 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.

Проверить ток срабатывания электромагнитов, питающихся переменным током по схеме дешунтирования. Нормы на значение тока срабатывания отсутствуют. 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 соответствии с ПУЭ должен быть не менее 1,2, то минимальное значение тока, проходящего по обмотке электромагнита при КЗ, будет в 1,2/(0,7÷0,8) = 1,5-1,7 раза больше значения его тока срабатывания. За счет этого обычно обеспечивается и необходимое время его работы.

Определить минимальное напряжение заряда блока конденсаторов для четкого срабатывания электромагнита. Проверку произвести при совместной работе блоков конденсаторов и зарядных устройств с действием на электромагнит включения (отключения) по схеме рис.6 в следующем порядке:

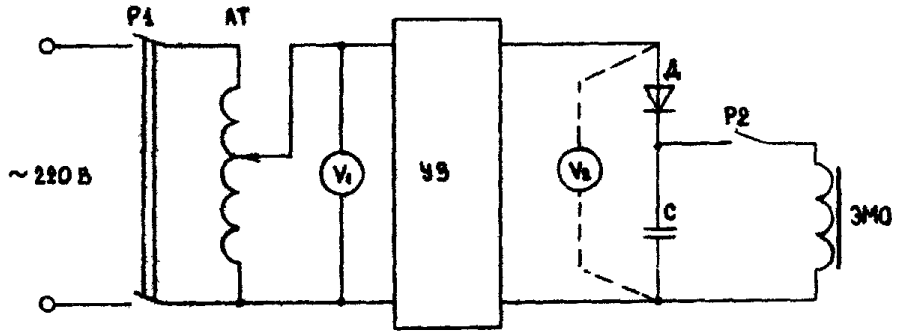


Рис.6. Схема измерения минимального напряжения заряда конденсатора, необходимого для четкой работы электромагнита

а) зашунтировать контакты реле минимального напряжения зарядного устройства;

б) подать пониженное напряжение на зарядное устройство для заряда конденсаторных батарей и после заряда измерить напряжение на конденсаторной батарее кратковременным подключением вольтметра с внутренним сопротивлением не менее чем 2 кОм на 1 В;

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).

Проверить надежность работы приводов коммутационных аппаратов в полной схеме при значениях оперативного напряжения $0{,}9U_{ном}$ на включение и $0{,}8U_{ном}$ на отключение. Способы получения пониженного напряжения аналогичны указанным в п.3.7.3.3.

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

Работы, перечисленные в п.3.7, выполняются персоналом, которому это вменено в обязанность положениями по разграничению зон обслуживания, по методикам, принятым для данного типа коммутационного аппарата.

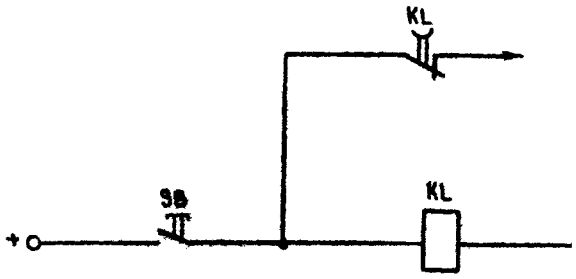
Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме

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, при их взаимодействии между собой при подаче на вход устройства аварийных или пусковых параметров режима (тока, напряжения, замыкания (размыкания) контактов других устройств, воздействующих на вход проверяемого устройства РЗА и др.).

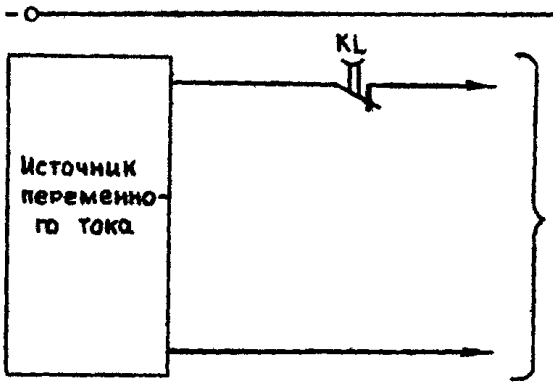
2. Следует измерять полное время действия устройств согласно п.3.6.14.

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 отключенных кабельных связях, при номинальном оперативном напряжении.

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



К цепям пуска ОАПВ



В токовую цепь избирателя проверяемой фазы

Рис.7. Схема для опробования ОАПВ

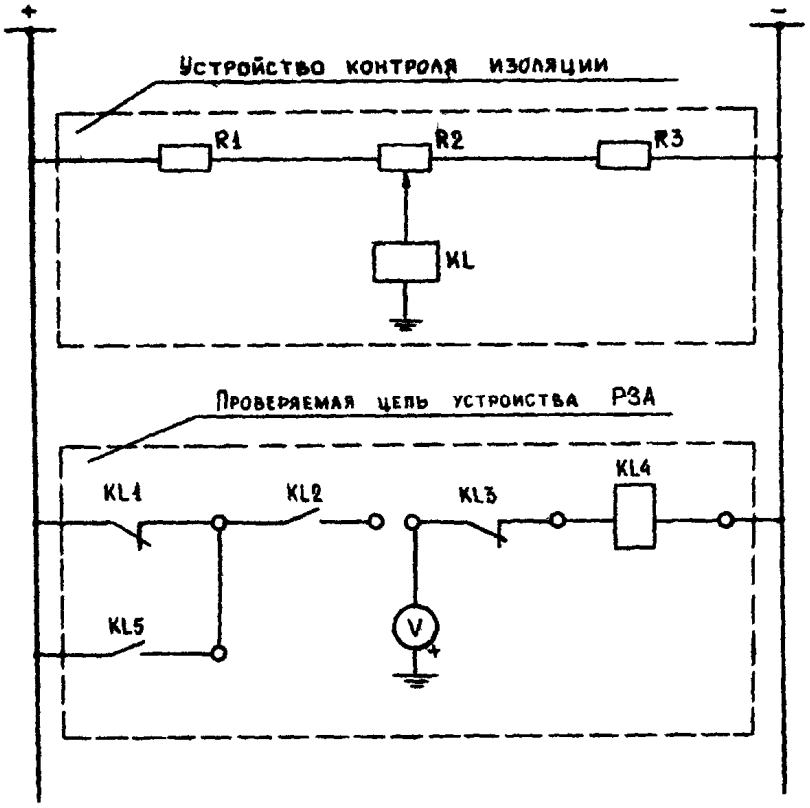


Рис.8. Схема отыскания неисправности с помощью вольтметра

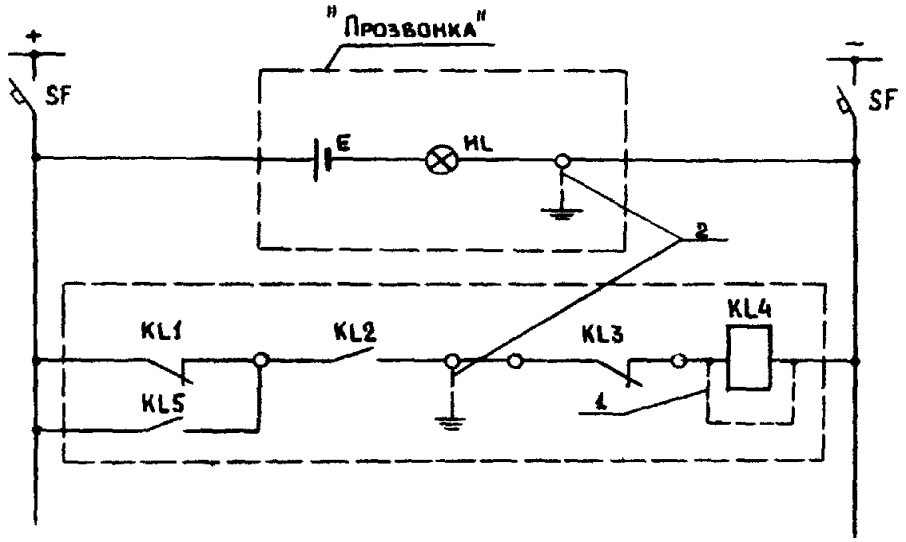


Рис.9. Отыскание неисправности в схеме с помощью "прозвонки"

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), а затем одновременно с запуском секундомера на устройство подаются сочетания токов и напряжений, имитирующие различные режимы КЗ (однофазные, двухфазные, трехфазные) различной удаленности в зоне действия устройства или его отдельных ступеней, вне зоны, в начале защищаемого участка, "за спиной" (для 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.

5. При проверках временных характеристик устройств РЗА с зависимыми характеристиками времени действия от кратности подводимых параметров должны быть проверены две-три точки характеристик, а для устройств, от которых такая зависимость не требуется, эти проверки должны проводиться при подведении таких кратностей, которые бы обеспечивали работу устройств в независимой части характеристик или соответствовали расчетным значениям токов КЗ. Эти кратности должны соответствовать приведенным ниже:

а) для защит максимального действия — 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 токовых направленных защит подается номинальное переменное напряжение с фазой, обеспечивающей срабатывание реле направления мощности. При этом поданная мощность должна превышать мощность срабатывания реле не менее чем в 2-3 раза.

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

б) для защит минимального действия - 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;

в) для дистанционных защит временную характеристику следует снимать для сопротивлений, равных $0{,}5Z_1$; $0{,}9Z_1$; $1{,}1Z_1$; $0{,}9Z_2$; $1{,}1Z_2$; $0{,}9Z_3$; $1{,}1Z_3$. Регулировку выдержки второй и третьей ступеней производить при сопротивлениях, равных соответственно $1{,}1Z_1$ и $1{,}1Z_2$. Регулировку выдержки времени в первой ступени (при необходимости) производить при сопротивлениях $0{,}5Z_1$. Кроме времени срабатывания, измеряется длительность замкнутого состояния устройства 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 ней тех же кратностей тока и напряжения, что и при контроле (регулировке) времени действия.

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

7. Проверку и регулировку временных характеристик следует производить с учетом имеющего место разброса временных параметров (п.3.6.12,б). После выставления временной уставки следует сделать метку, фиксирующую положение переключателя уставок (п.3.6.12,е).

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.

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

1. Во всех случаях перед вводом устройства РЗА в работу (или перед проверкой под нагрузкой, если она будет производиться) при новом включении или после технического обслуживания, связанного с работами в оперативных цепях, при котором эти цепи могли оказаться нарушенными, для проверки работоспособности устройств РЗА, коммутационных аппаратов и правильности функционирования оперативных цепей, связывающих их между собой в единый комплекс, следует произвести проверку взаимодействия устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами во всех режимах, при которых проектом предусмотрено действие устройства

РЗА на другие устройства и коммутационные аппараты, или проверить те цепи, которые могли оказаться нарушенными в процессе работы.

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 токе подсоединить кабельные связи между устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, предварительно проверив их изоляцию (или проверить изоляцию устройства РЗА в полностью собранной схеме) согласно п.3.5;

б) подать на устройства РЗА номинальное напряжение оперативного тока;

в) провести проверку взаимодействия непосредственным воздействием одного устройства на другое для каждой цепи с учетом требований, изложенных в пп.3.8.4-3.8.7. 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, 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 ряде выводов устройства были проверены выходные воздействия;

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

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

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

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

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

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

г) проверить запуск проверяемого устройства от воздействия других устройств по цепям связи с ними подачей сигналов на жилы кабелей со стороны других устройств;

д) проверить исправность цепей воздействия проверяемого устройства на другие устройства путем измерения сопротивления (напряжения) между жилами кабелей со стороны других устройств;

е) подготовить цепи управления коммутационными аппаратами, проверить отсутствие сигналов от проверяемого устройства на цепи отключения (включения) коммутационных аппаратов, подсоединить цепи связи проверяемого устройства с коммутационными аппаратами;

ж) проверить отсутствие (наличие) сигналов от проверяемого устройства на жилах остальные 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.

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.2.1) под контролем службы РЗА, в управлении которой находится ВЧ канал.

Лекция 12,13. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ СБОРКИ ТОКОВЫХ ЦЕПЕЙ И ЦЕПЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ВТОРИЧНЫМ ТОКОМ И НАПРЯЖНИЕМ

1. Перед проверкой устройств РЗА первичным током и напряжением в случаях, когда имеется сомнение в правильности сборки схемы подключения устройства РЗА к вторичным обмоткам трансформаторов тока и напряжения или есть необходимость в их предварительной проверке для ускорения последующих этапов работы, следует проверять правильность прохождения токов через все устройства РЗА и измерять на них напряжения при подключении посторонних источников к проверяемым вспомогательным цепям тока и напряжения.

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 (рис.10) или между фазными проводами, в случае сборки вторичных обмоток трансформаторов тока в треугольник.

При этом прибором ВАФ-85 следует контролировать протекание тока через вторичную обмотку проверяемой фазы трансформатора тока и через каждое из устройств РЗА (на входных выводах устройств) по тем фазным и нулевым проводам, к которым подключен источник тока, и отсутствие тока (точнее весьма малое его значение) в остальных проводах и обмотках.

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

При проверке первичная обмотка трансформаторов тока не должна быть замкнута.

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

Подключив амперметр А и вольтметр V (см. рис.10) при этой проверке, можно определить также сопротивление нагрузки на токовые цепи.

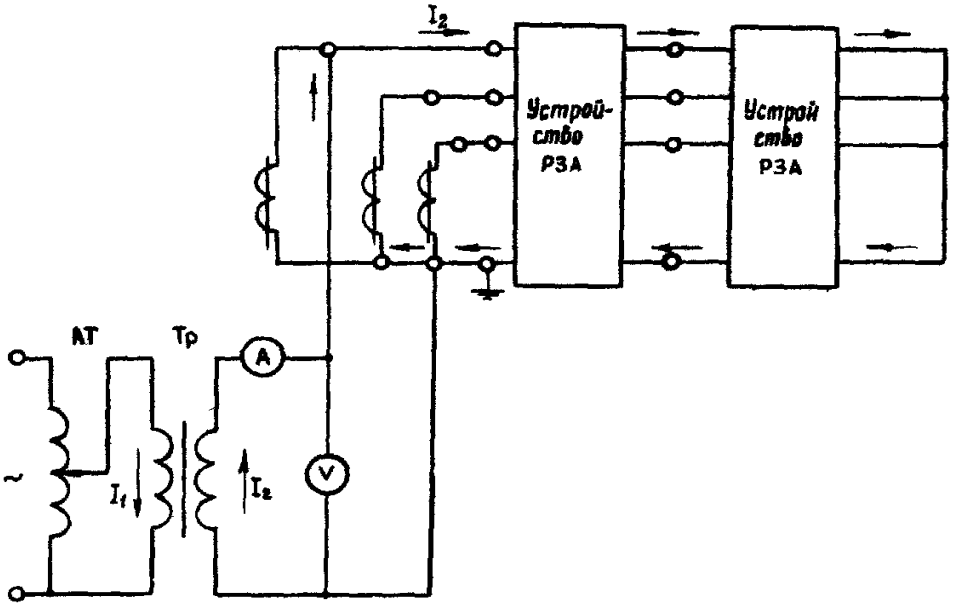


Рис.10. Схема проверки правильности сборки токовых цепей однофазным вторичным током

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. Поочередно подаются напряжения в цепи "звезды" и "разомкнутого треугольника" или одновременно, если позволяет схема источника, в обе схемы. При этом прибором ВАФ-85 измеряются значения напряжений на всех устройствах РЗА и на выводах автоматических выключателей трансформаторов напряжения и определяется чередование фаз. Чередование фаз напряжения на устройствах РЗА должно быть такое же, как и на источнике. При определении порядка чередования фаз напряжение в цепях "звезды" вывод В прибора ВАФ-85 присоединяется к земле, 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, О и цепями "разомкнутого треугольника", например, Н, К, И, Ф. При заземлении вывода В прибора ВАФ-85 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" реле мощности РБМ-178, РБМ-278 с термически неустойчивыми обмотками напряжения, они должны быть на время проверки в вышеуказанном случае исключены из схемы цепей напряжения на испытательных блоках или рядах выводов устройства РЗА.

4. При проверках, указанных в пп.3.11.2, 3.11.3, следует фиксировать работу измерительных щитовых приборов и избегать их зашкаливания.

Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением

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.

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

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 для предварительной проверки исправности цепей тока, устройств РЗА и измерительных трансформаторов тока.

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

а) если в защитах есть реле, питающиеся одновременно от трансформаторов тока и от трансформаторов напряжения;

б) когда проверка устройства РЗА производится без отключения силового оборудования, на котором оно установлено;

в) когда проверка первичным током нагрузки и рабочим напряжением выполняется более просто и с меньшей затратой времени, чем проверка от постороннего источника;

г) при необходимости двусторонней проверки устройств РЗА линий.

5. Для того, чтобы во время проверки не нарушить токовые цепи, измерения токов следует производить с помощью специальных токоизмерительных клещей, например имеющихся в приборе ВАФ-85. При отсутствии токоизмерительных клещей измерение токов производится без отключения проводников с помощью измерительных выводов и испытательных блоков. Малые токи, например, токи небаланса, токи, протекающие в нулевом проводе вторичных цепей трансформаторов тока при симметричной нагрузке, и прочие измеряются с помощью миллиамперметров, подключаемых к измерительным выводам или к выводам испытательных блоков. Векторные диаграммы токов при малых токах нагрузки снимаются способами, указанными в п.3.12.14.

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

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

а) осмотр аппаратуры устройств РЗА и рядов выводов;

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

в) проверку изоляции цепей тока и напряжения в соответствии с п.3.5;

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

д) установку накладок, переключателей, крышек испытательных блоков и других коммутационных элементов 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.

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

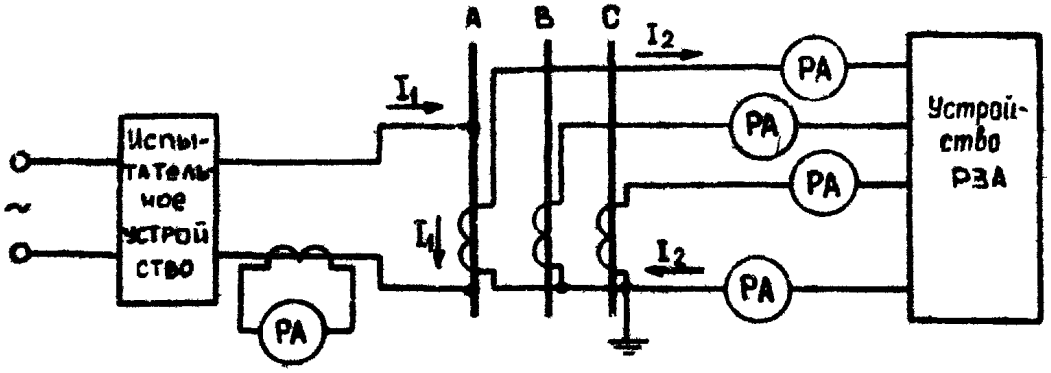
От однофазных нагрузочных устройств. Схемы проверки для разных соединений трансформаторов тока приведены на рис.11. Первичный ток от любого достаточно мощного нагрузочного устройства подают поочередно на каждый трансформатор тока или на два, или три последовательно включенных трансформатора тока в зависимости от схемы соединений трансформаторов тока и увеличивают до тех пор, пока ток во вторичных цепях трансформаторов тока не достигнет 10-20% номинального значения тока трансформаторов тока. Измеряя токи во вторичных цепях, проверяют исправность токовых цепей, правильность их соединения и правильность установленного коэффициента трансформации трансформаторов тока.

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

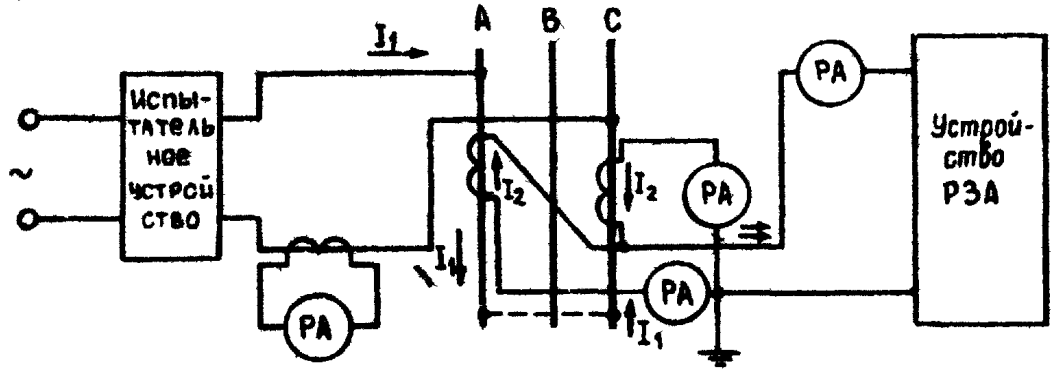
После проверки исправности токовых цепей, если позволяет мощность источника, значение тока следует увеличивать до момента срабатывания защиты.

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

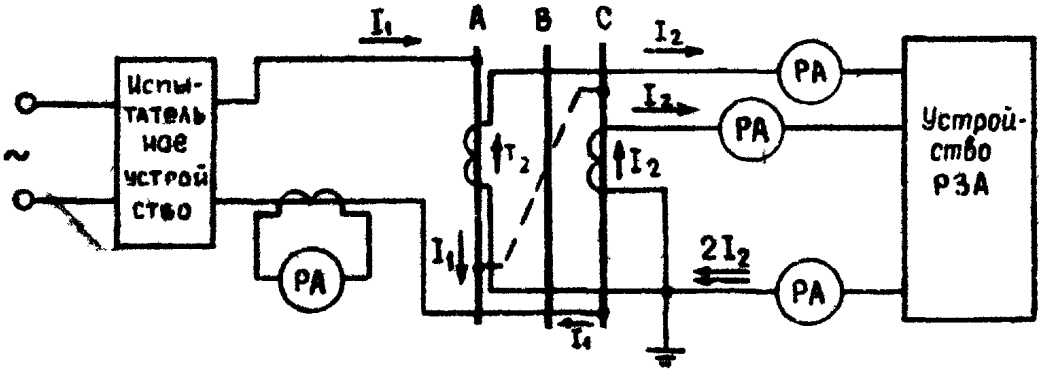
Проверку следует производить поочередно для каждой фазы двигателя. При проверке обмотка проверяемой фазы двигателя должна быть закорочена, а испытательное устройство подключено таким образом, чтобы обтекались током оба трансформатора тока проверяемой фазы (имитация КЗ вне зоны действия защиты). Значения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



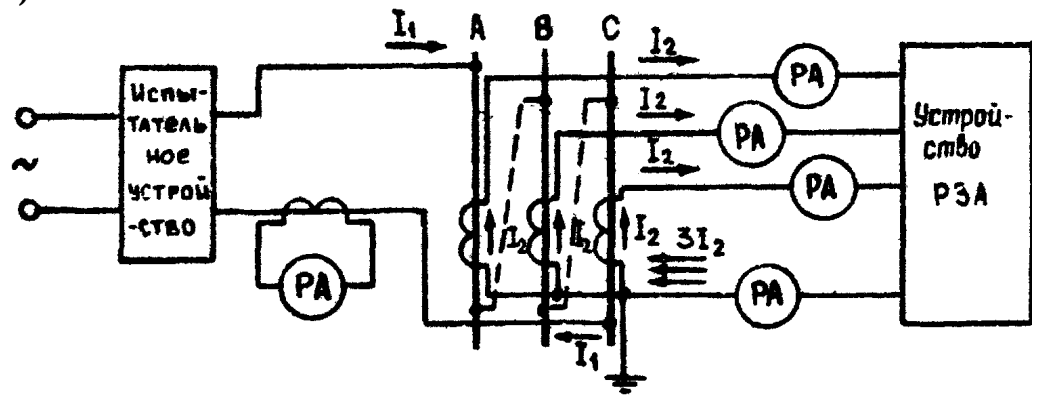
а)



б)



в)



г)

Рис.11. Схемы проверки максимальных токовых защит первичным током от однофазного источника тока при соединении трансформаторов тока:

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

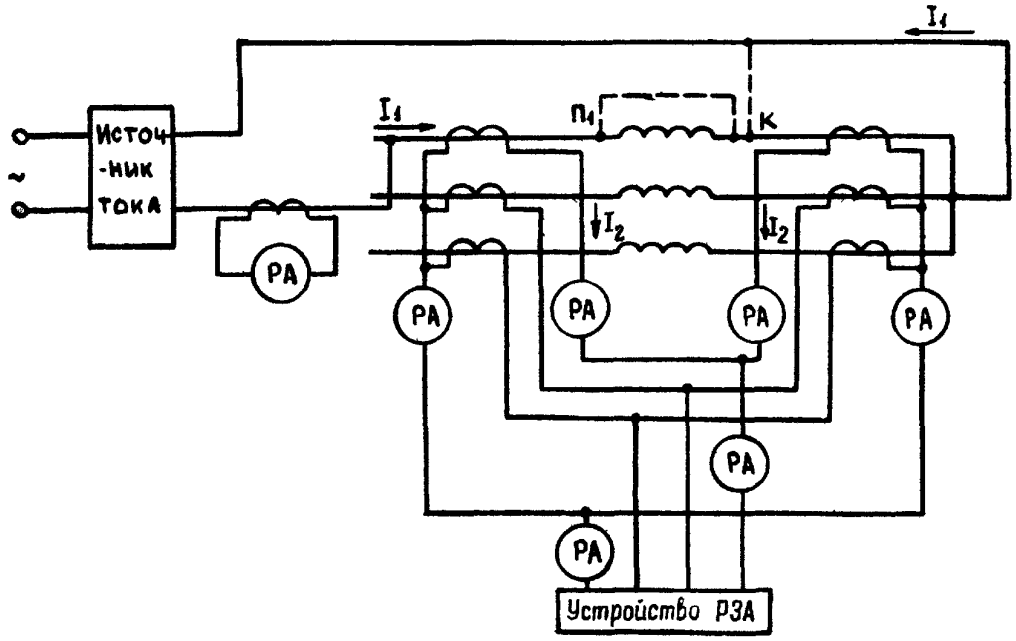


Рис.12. Схема проверки дифференциальной защиты двигателя первичным током от однофазного источника

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

Схема проверки защит трансформатора приведена на рис.13.

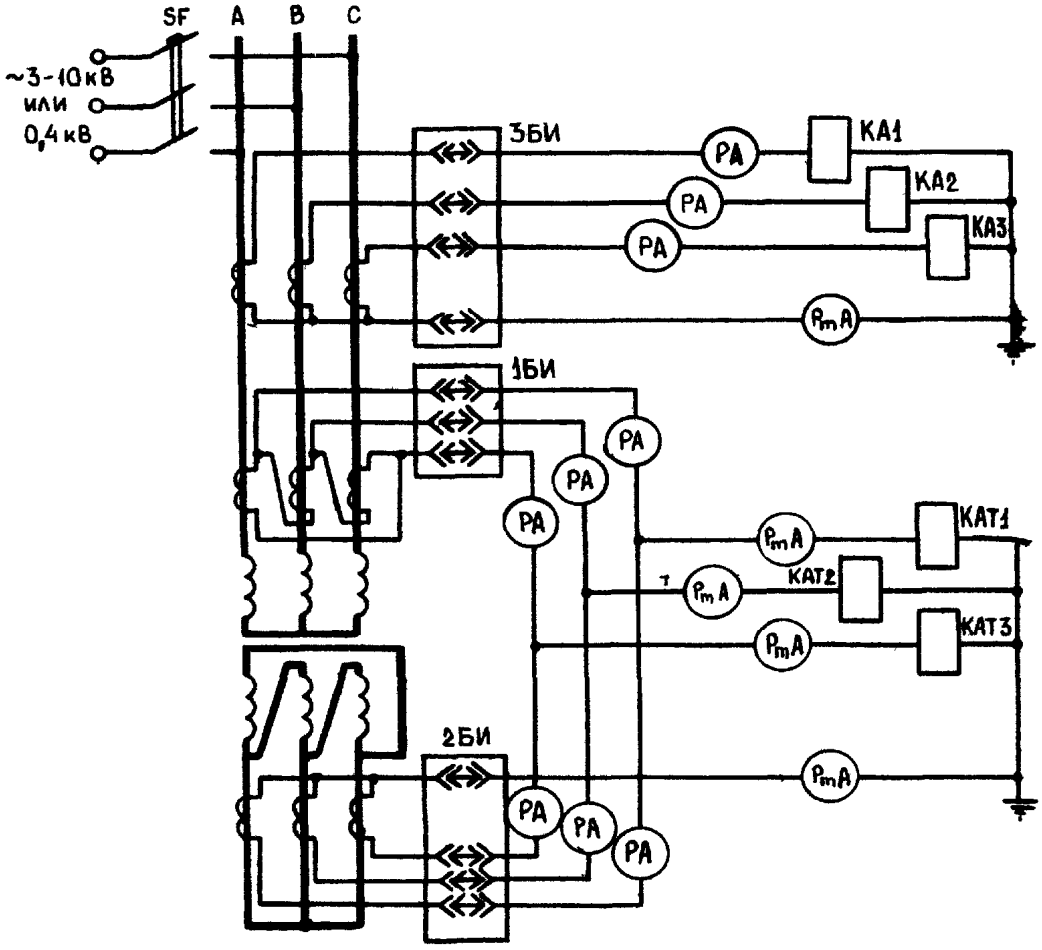


Рис.13. Схема проверки защит трансформатора первичным током от трехфазного источника.

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

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

где $I_{ном}$ — номинальный ток проверяемого трансформатора. А;

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

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

$U_к$ - напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора (той пары обмоток, которая участвует в проверке),%.

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

$$S_{исп} \geq S_{ном}\left(\frac{U_{исп}}{U_{ном}}\right)^2 \frac{100}{Uк} \qquad (8)$$

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

$S_{ном}$, $U_к$ — номинальные мощность и напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора соответственно, кВ·А и %;

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

Проверку рекомендуется производить в следующем порядке:

а) подобрать источник питания (по мощности и напряжению), место его подключения (с какой стороны 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 оценить возможность получения достоверных результатов проверки.

При достаточных значениях вторичных токов 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-85, 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. При питании от сети 380 В прибор ВАФ-85 должен быть подключен к трехфазной сети через три одинаковых резистора ПЭВ-25 сопротивлением 2,2-5,6 кОм или ПЭВ-10 сопротивлением 5,1-5,6 кОм (рис.14, а) или через три одинаковых конденсатора емкостью 0,05 мкФ (рис.14, б). Измерение углов между векторами токов в измеряемых цепях можно произвести также с помощью двухлучевого осциллографа, например, С1-64 и двух токоизмерительных клещей прибора ВАФ-85. 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.

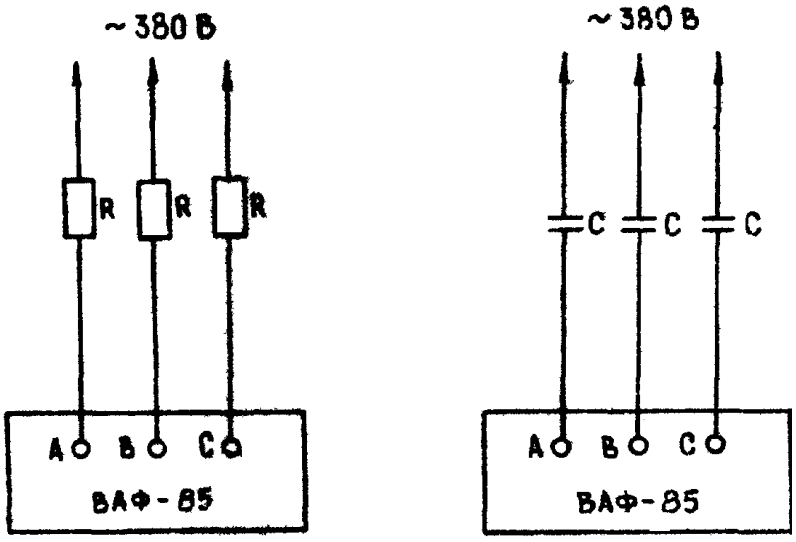


Рис.14. Схемы подключения прибора ВАД-85 к сети 380В через дополнительные: а - резисторы; б - конденсаторы

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

$$I_{2\lambda} = \frac{I_{1\lambda}}{n_{\text{тт}}}; \qquad (9)$$

$$I_{2\Delta} = \sqrt{3}\,\frac{I_{1\Delta}}{n_{\text{тт}}}; \qquad (10)$$

где $I_{2\lambda}$, $I_{2\Delta}$ - токи, протекающие в фазных проводах вторичных цепей трансформаторов тока, соединенных соответственно в "заезду" и "треугольник". А;

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

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

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).

Проверку защит генераторов и блоков генератор-трансформатор следует производить при отсоединенном от испытательной схемы статоре генератора. При этом токопровод генератора необходимо пофазно соединить перемычками.

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.3.12.11). Направление вращения фаз в этом случае следует установить с помощью двухлучевого осциллографа.

Цепи напряжения возбужденного генератора могут быть проверены при его вращении на холостом ходу.

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

Трехфазная закоротка (должна быть рассчитана на номинальный ток генератора) устанавливается так, чтобы ток от выделенного генератора проходил через трансформаторы тока проверяемых устройств РЗА. При этом, если в цепи протекания первичного тока КЗ от генератора находятся выключатели, необходимо принять меры, предотвращающие их отключения, во время проверки, а в цепях возбуждения генератора принять меры, предотвращающие повышение напряжения в статоре генератора при обрыве цепи протекания тока КЗ.

Постепенно повышая ток возбуждения генератора, увеличивают ток КЗ - до значения, достаточного для проверки устройств РЗА.

Устройства РЗА генератора могут быть также проверены при вращении невозбужденного генератора валоповоротным устройством при установленной трехфазной закоротке в цепях статора (или за блочным трансформатором) согласно "Методическим указаниям по проведению комплексных электрических испытаний блоков генератор-трансформатор и их устройств релейной защиты и автоматики" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1980). В этом случае в связи с отсутствием опорного напряжения для прибора ВАФ-85 векторные диаграммы токов могут быть сняты с помощью двухлучевого осциллографа (п.3.12.8.2), самописцев или включением миллиамперметров постоянного тока в измеряемые цепи. В последнем случае из-за большого периода изменения токов в фазах (2-18с) можно определить угол между токами, протекающими в фазах, измеряя время между одними и теми же точками синусоид с помощью секундомера (например, при прохождении тока через нуль).

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 п10. Если же токи были достаточны и проверка производилась от трехфазного источника питания, можно ограничиться проверкой векторной диаграммы только одной из групп трансформаторов тока и измерить токи небалансов в нулевых проводах, дифференциальных цепях, фильтрах.

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.

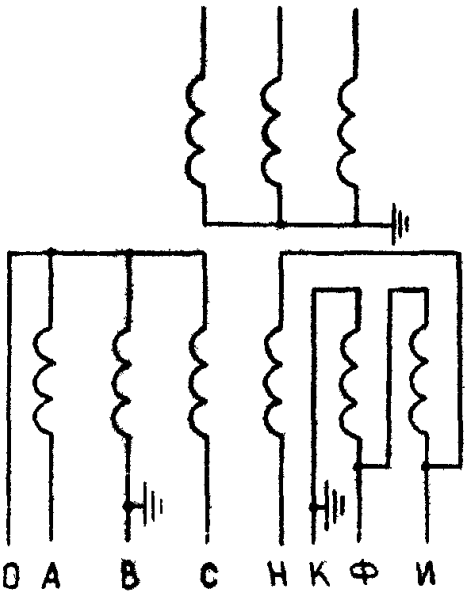
При отсутствии нагрузки или источника питания на стороне низкого напряжения автотрансформатора с выносными регулировочными устройствами можно использовать ток регулировочного трансформатора при установке переключателя в крайние положения. При правильно собранных токовых цепях защиты при установке переключателя в положение 1, что соответствует минимальному коэффициенту трансформации между сторонами высокого и среднего напряжений 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.11.

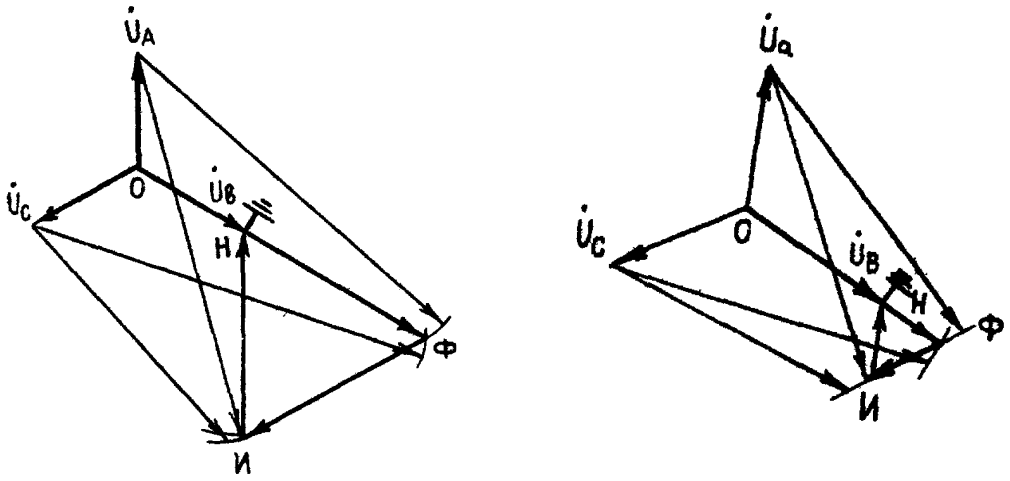
11. Перед включением под нагрузку должны быть сфазированы первичные цепи вновь вводимого и действующего оборудования. Для этого вновь вводимое оборудование опробуется действующим рабочим напряжением. При этом напряжение должно быть подано и на первичные обмотки вновь вводимых трансформаторов напряжения.

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-85. 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 1-3В, то в схеме нет неправильно включенных (перевернутых по полярностям) обмоток. Правильность наименования фаз определяется при определении чередования фаз либо пофазным отключением трансформатора напряжения со стороны высокого напряжения, если там установлены однофазные разъединители или предохранители. При пользовании фазоуказателем или прибором ВАФ-85 вывод В 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 35кВ и выше с выведенными вершинами разомкнутого треугольника для проверки правильности сборки цепей разомкнутого треугольника можно произвести также построением потенциальной диаграммы напряжений. Диаграмма строится методом "засечек" по результатам измерений напряжения между каждым из выводов разомкнутого треугольника и всеми фазами и нулем "звезды". Для стандартной схемы вторичных цепей трансформатора напряжения с заземленными выводами В и К построение векторной диаграммы приведено на рис.15, а значение измеренных напряжений - в табл.4.



а)



б) **в)**

Рис.15. 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 ее неправильным действиям при КЗ в защищаемой сети. Напряжение вывода К относительно "земли" должно быть равно нулю, а вывода Н - напряжению небаланса 1-3 В.

В некоторых случаях измеренные значения напряжения выводов Н и К по отношению к корпусу панели, установленной на щите управления, имеют незначительные отличия из-за наведенных напряжений между точкой заземления вторичных обмоток в шкафу трансформатора напряжения и корпусом панели, относительно которого производится измерение на щите управления. В этом случае проверку можно произвести указанным ниже способом.

На ряде выводов панели, на которую подведены кабели от трансформатора напряжения, временно отсоединяют жилу кабеля с маркой Н в сторону трансформатора напряжения (рис.16). Между выводами И и К включают резистор R сопротивлением 50-100 Ом, при этом в цепях между выводами Н и И протекает ток 1-2А. С помощью клещей прибором ВАФ-85 измеряют токи в цепях с маркировкой Н, К и И на ряде выводов панели и в шкафу трансформатора напряжения, где можно визуально определить заземленную жилу. При правильно выполненных обозначениях на жилах кабеля на панели в шкафу трансформатора напряжения в цепях с маркировкой К и И должен протекать ток 1-2 А, а в цепях с маркировкой Н ток должен отсутствовать.

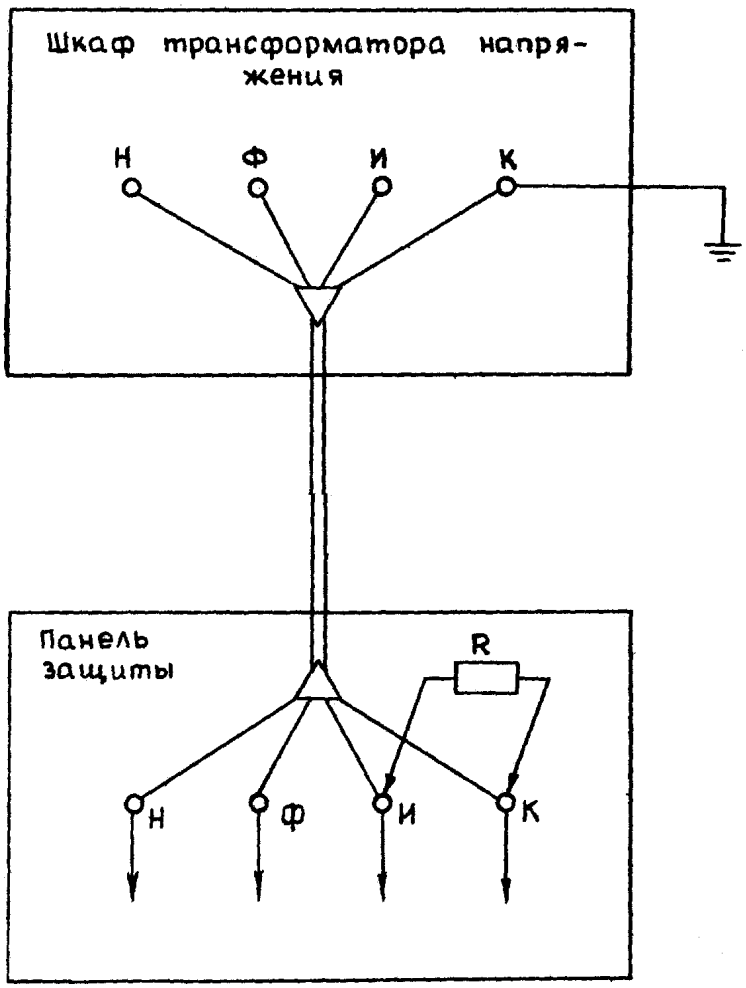


Рис.16. Схема определения выводов Н и К "разомкнутого треугольника"

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 табл.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										
	О	О	О	В	С	А	И	Ф	К	К	Н
С заземленной нейтралью	8	8	8	00	00	00	00	00	00	-3	00
С изолированной нейтралью	8	8	8	00	00	00	3	3	3	-3	00

С заземленной нейтралью	95	95	00	-3	00	00		00	42	95	00
С изолированной нейтралью	30	29	00	-3	3	3		00	05	30	00

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.).

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. 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).

Проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения.

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

а) проверить исправность цепей напряжений на выходе панели автоматики трансформатора напряжения во всех положениях ключей, переводящих нагрузку с рабочего на резервный трансформатор напряжения путем снятия потенциальной диаграммы и проверки чередования фаз или снятием векторной диаграммы прибором ВАФ-85. При определении чередования фаз и снятии векторных диаграмм вывод В фазоуказателя (прибора ВАФ-85) должен быть подсоединен к земле. При этом также измеряются напряжения цепей всех фаз относительно земли. Измеренные значения должны соответствовать приведенным в табл.4, напряжение небаланса на выходе "разомкнутого треугольника" не должно превышать 1-3 В;

б) измерить значения напряжений цепей "звезды" и "разомкнутого треугольника" на рядах выводов всех вводимых устройств РЗА, после чего сфазировать цепи этих напряжений с цепями напряжений на панели автоматики трансформатора напряжения или с другими панелями РЗА, на которых цепи напряжения заведомо исправны.

В отдельных случаях следует производить фазировку напряжений на выводах отдельных реле и аппаратов и на выводах ряда соединений устройств РЗА, если имеется сомнение в достаточности предыдущих проверок для определения правильности выполнения монтажа панели.

14. Проверить правильность подключения устройств РЗА к цепям тока. Проверка производится в следующей последовательности:

а) с помощью прибора ВАФ-85 снять векторные диаграммы токов на входе каждого устройства РЗА. Измерения следует производить на рядах выводов устройств. В отдельных случаях следует снять векторные диаграммы токов на выводах реле, комплектов, например, при съеме этих реле, комплектов, когда схема переменного тока этих реле, комплектов проверялась при подаче токов не на ряд выводов устройства, а на выводы реле, комплектов и т.п.

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

Перед снятием векторных диаграмм в токовых цепях следует проверить соблюдение полярности подключаемых к прибору токоизмерительных клещей и установку нуля по току. (При подключении клещей обратной полярностью на провод, подходящий к выводу с опорного напряжения, ВАФ должен измерить угол 0°).

При снятии векторных диаграмм токов токоизмерительными клещами следует охватывать провод, в котором измеряется ток, таким образом, чтобы полярная сторона токоизмерительных клещей (отмечена звездочкой) была обращена в сторону фазных выводов трансформаторов тока. При измерениях должно быть обеспечено плотное прилегание плоскостей магнитопроводов токоизмерительных клещей без зазоров и перекосов, направление вращения лимба и направление движения стрелки к нулю должны обязательно совпадать;

б) установить точное направление и значения активной, реактивной мощностей и тока, протекающих по данному присоединению. Определение направления и значений мощностей и тока следует производить по соответствующим ваттметрам и амперметрам и уточнять у диспетчера энергосистемы (стабильность направления и значения активной и реактивной мощностей при проверке токовых цепей под нагрузкой следует периодически контролировать). Для повышения достоверности определения направления перетоков мощности следует, по возможности, снимать также векторные диаграммы на противоположных концах присоединения или создавать тупиковый режим нагрузки. В некоторых режимах направления мощностей заранее известны, например, при прогрузке защит током реактора или емкостным током ВЛ.

Положение вектора первичного тока, протекающего по присоединению, по отношению к вектору напряжения может быть определено из диаграммы мощностей P, Q. (рис.17). На диаграмму следует нанести (с учетом направления) значения активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению, после чего по имеющимся двум проекциям следует построить вектор полной мощности S. Направление векторов тока и мощности совпадает. Угол между векторами напряжения и тока одноименных фаз равен углу между векторами оси +P и S. Поэтому удобно по оси +P направить вектор U_{AO}, а в направлении вектора S - вектор I_{AO};

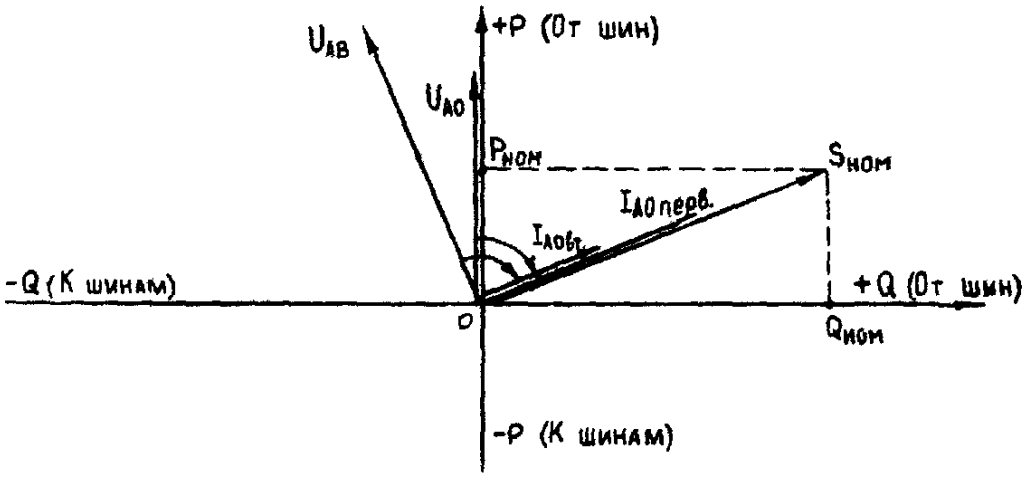


Рис.17. Вектор первичного тока по значениям и направлению активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению

в) проверить соответствия 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°. Если вторичные обмотки трансформаторов тока собраны в "треугольник", сравнивать направления первичных и вторичных токов следует с учетом группы соединений 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 (как правило, не менее 10-20% значения номинального тока трансформаторов тока, используемых в защите) и увеличением небаланса при поочередном исключении вторичных токов, протекающих в плечах защиты, снятием крышек испытательных блоков. Порядок производства этой работы аналогичен описанному в п.3.12.8.

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

15. Проверить поведение устройств блокировок при неисправностях цепей напряжения. Следует проверять поведение устройства при поочередной отключения на ряде выводов устройства всех проводов цепей напряжения "звезды" и "разомкнутого треугольника", 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 реле и устройство должно срабатывать при отсоединении любого из проводников цепей напряжения за исключением цепей с маркировкой К и О. При восстановленных цепях напряжения следует измерить значения тока небаланса. Для устройств блокировки с отдельной обмоткой, подключенной к напряжению $3U_0$ (КРБ-12 и ее модернизированный вариант), следует произвести измерение небаланса при имитации однофазного короткого замыкания фазы А цепей напряжения (рис.18). Значение тока небаланса должно быть меньше тока возврата реле. Конкретные значения кратности токов, протекающих в выходном реле, при обрывах отдельных цепей напряжения и небалансов при подводе исправных цепей напряжения должны соответствовать нормам, приведенным в заводской документации.

16. Проверить правильность работа и небалансы на выходах фильтров симметричных составляющих тока и напряжения прямой и обратной последовательностей.

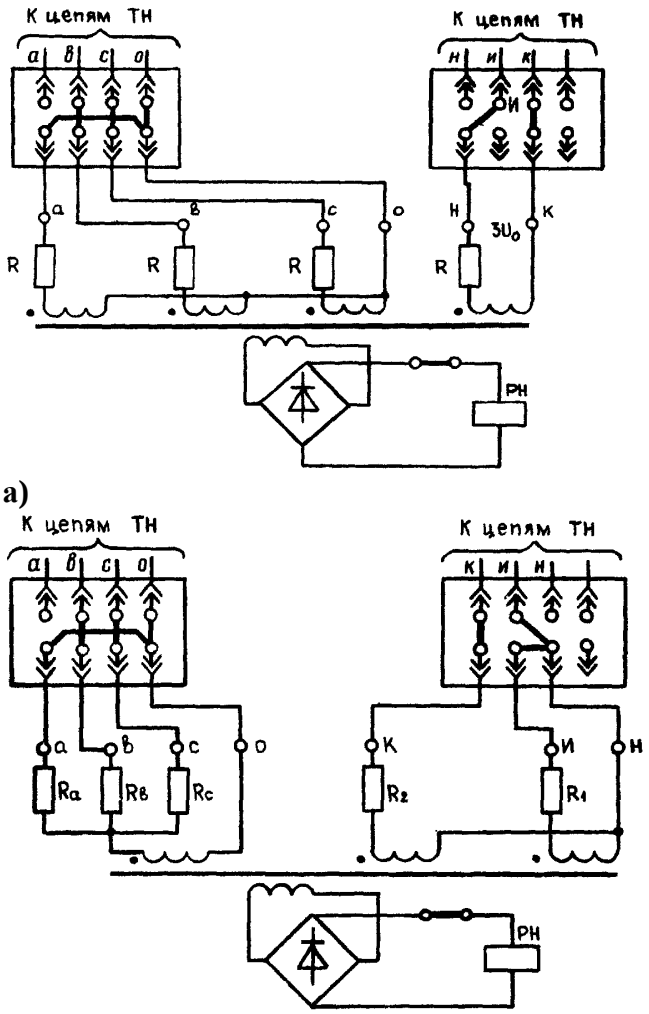


Рис.18. Схема проверки поведения блокировки при качаниях, при имитации однофазного КЗ на фазе А цепей напряжения: а - для устройства КРБ-12; б- для модернизированного устройства КРБ-12

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

Для фильтров обратной последовательности измеряется значение небаланса при подаче прямого чередования фаз воздействующих величин и значение выходного параметра при подаче обратного чередования фаз (при этом фиксируется срабатывание выходного реле), а для фильтров прямой последовательности – наоборот. Значение небаланса измеряется амперметром с малым потреблением или вольтметром с большим

внутренним сопротивлением и должно быть меньше значения параметра возврата выходного реле для фильтра напряжения и значения параметра возврата выходного реле, умноженного на отношение номинального тока к току нагрузки, для фильтра токов. 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.

Значение выходного параметра при входных воздействиях той последовательности, при которой устройство должно срабатывать, составляет для ненагруженного пассивного активно-емкостного фильтра напряжения $1{,}5U_л \approx 150$ В, а для нагруженного фильтра - несколько меньшее значение. Для фильтров тока это значение зависит от схемы фильтра и от значения тока нагрузки.

При проверке комбинированных фильтров тока $I_1 + KI_2$ 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 напряжение при подаче прямого чередования фаз должно быть примерно равно коэффициенту К комбинированного фильтра. Аналогично, но при подаче соответствующей системы напряжений проверяются и комбинированные фильтры напряжений U_1+KU_2 , применяемые в некоторых схемах для компенсации емкостного тока в органе манипуляции ВЧ передатчиком.

После окончания проверок 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).

17. Проверить правильность работы устройств компенсации. Следует проверить правильность подключения вторичных обмоток устройств компенсации сопротивлений обратной и нулевой последовательностей $I_2Z_{2к}$ - в пусковых органах релейной защиты, $КЗI_0$ — в дистанционных реле, включенных на фазные напряжения и токи, и емкостных токов — в измерительных органах устройств РЗА, включенных на ВЛ напряжением 330кВ и выше.

17.1. Проверить устройство компенсации сопротивления обратной последовательности, для чего на проверяемое устройство подается обратное чередование фаз тока (перекрещиваются фазы В и С), поочередно отсоединяются фазы А, В, С цепей напряжения от проверяемого устройства с заменой отсоединенного провода нулевым (имитируются однофазные КЗ в цепях напряжения) и измеряются значения токов $I_{2Р}$ на выходе измерительного или пускового органа. Соотношения значений измеренных токов должны быть пропорциональны значениям $U_{2Р}$, определенным графически из векторной диаграммы рис.19:

$$I_{2P(A)} : I_{2P(B)} : I_{2P(C)} = U_{2P(A)} : U_{2P(B)} : U_{2P(C)}, \qquad (11)$$

При построении векторной диаграммы следует учесть, что вектор тока $\dot{I}_{2A}$ равен и совпадает с вектором тока $\dot{I}_A$, значение вектора $j\dot{I}_{2A}Z_{2K}$ подсчитывается по заданной уставке $Z_{2К}$ и измеренному значению тока $I_А$, а по направлению опережает вектор этого тока на угол 90°.

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

$$\dot{U}_{2A} = \frac{1}{3}\left(\dot{U}_A + a^2\dot{U}_B + a\dot{U}_C\right), \qquad (12)$$

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

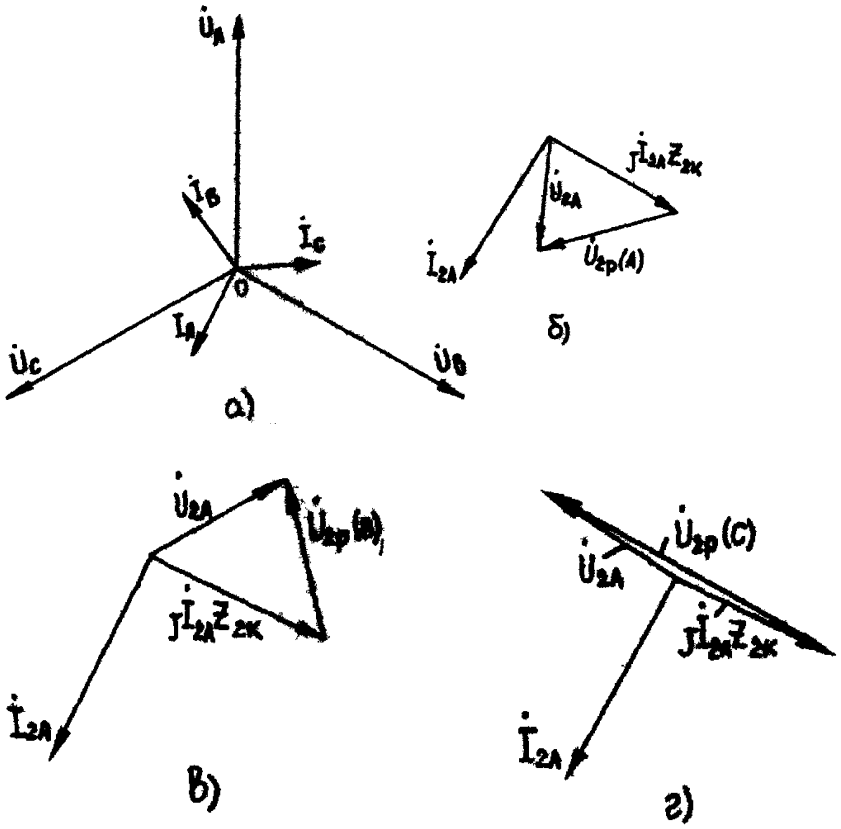


Рис.19. Построение диаграмм для определения правильности включения компенсирующего устройства сопротивления обратной последовательности при подаче обратного чередования тока и имитации однофазных КЗ в цепях напряжения: а - векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; б - диаграмма рабочих токов и напряжений при имитации по цепям напряжения КЗ на фазе А; в - то же на фазе В; г - то же на фазе С

17.2. Проверить устройство компенсации сопротивления нулевой последовательности следующим образом: при проверке направленности характеристики реле сопротивления путем уменьшения с помощью потенциометра рабочего напряжения, подаваемого на устройство РЗА, определяют по два значения сопротивления срабатывания при подаче в устройство только фазного тока и только тока $3I_0$. В обоих случаях эти сопротивления, определяемые по соотношениям $\frac{U_\phi}{I_\phi}$ и $\frac{U_\phi}{k3I_0}$ должны соответствовать углу между рабочим напряжением и током нагрузки, а также угловой характеристике срабатывания реле. Затем фазный ток и ток $3I_0$ подаются одновременно и по уменьшению сопротивления срабатывания до значения, рассчитанного по соотношению $\frac{\dot{U}_\phi}{\dot{I}_\phi + k3\dot{I}_0}$ определяется правильность включения фазной и компенсационной обмоток между собой. Этим подтверждается правильность суммирования токов $\dot{I}_\phi + k3\dot{I}_0$.

17.3. Проверить устройство компенсации емкостного тока. 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 $\dot{U}_{2p}$. Соотношения значений измеренных напряжений должны быть пропорциональны значениям I_{2P}, определенным графически "из векторной диаграммы рис.20

$$\dot{U}_{2P(A)} : \dot{U}_{2P(B)} : \dot{U}_{2P(C)} = I_{2P(A)} : I_{2P(B)} : I_{2P(C)}. \qquad (13)$$

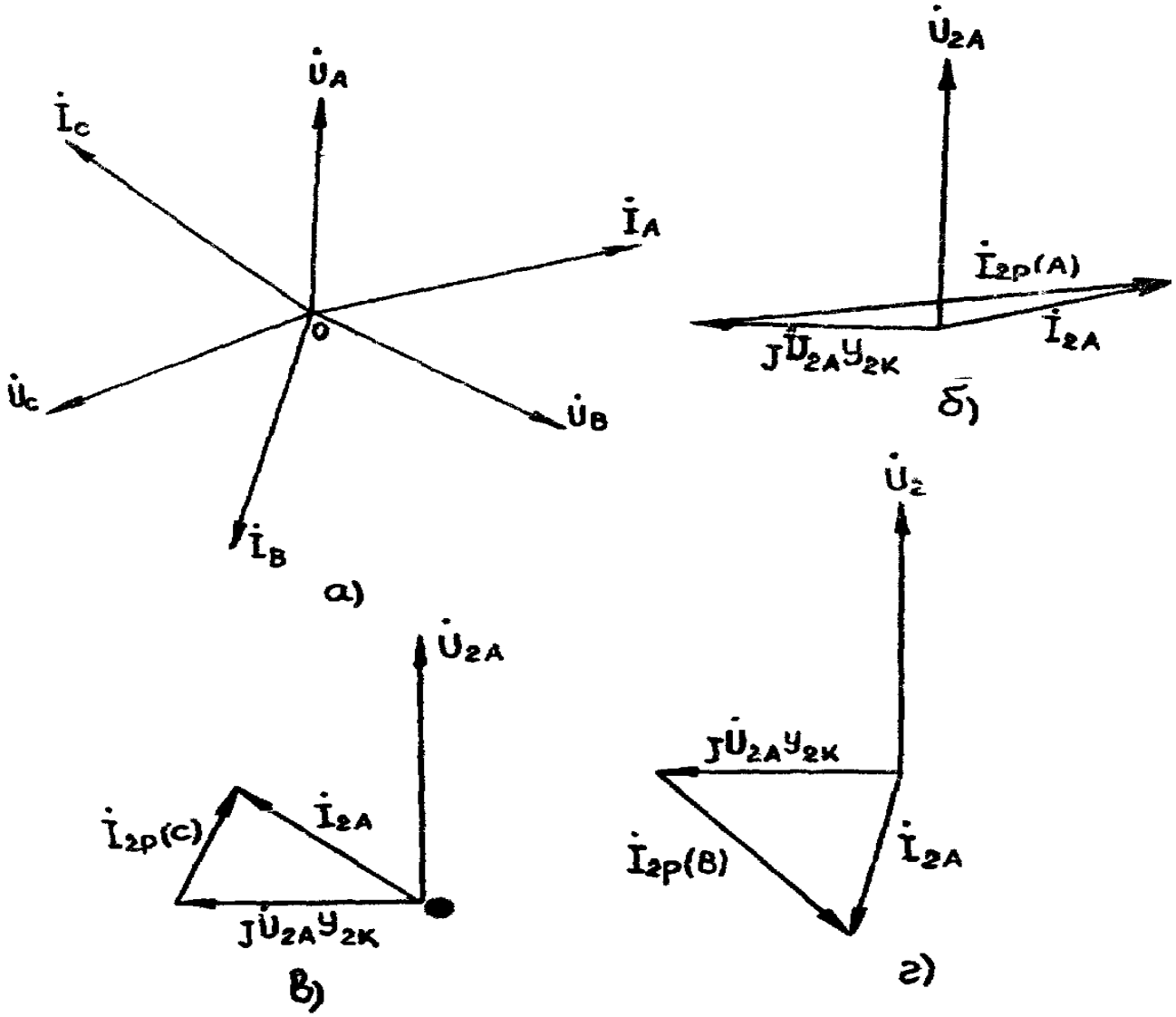


Рис.20. Построение диаграмм для определения правильности включения компенсирующего устройства емкостного тока ВЛ, включенного через фильтры обратной последовательности: а - векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; б - диаграмма при подведении к устройству тока фазы А; в - то же фазы В; г - то же фазы С

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

$$\dot{I}_{2A} = \frac{1}{3}\left(\dot{I}_A + a^2\dot{I}_B + a\dot{I}_C\right), \qquad (14)$$

совпадает с вектором $\dot{I}_A$ при пропускании через устройство тока фазы А, I_C при пропускании через устройство тока фазы В, 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 $\dot{I}_A$, $\dot{I}^K_{A(C)}$, $\dot{I}_\Sigma$ полученным из векторной диаграммы рис.21:

$$U_{P(I)} : U_{P(U)} : U_{P(I+U)} = I_A : I^K_{A(C)} : I_\Sigma . \qquad (15)$$

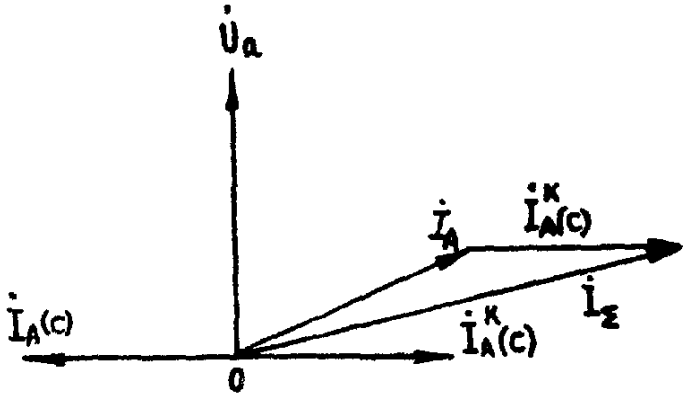


Рис.21. Построение векторной диаграммы для определения правильности включения компенсирующего устройства емкостного тока ВЛ, вклиненного на фазное напряжение.

18. Проверить правильность включения реле направления мощности. Эту проверку следует производить путем фиксации состояния контактов реле (выхода реле) 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 (рис.22). Так как векторы токов разных фаз смещены один относительно другого на 120°, это всегда позволяет получить четкие действия реле, хотя бы для токов двух фаз.

Для реле, включенных на полные значения напряжений и токов, подаются полные значения напряжений и токов (рис.22,б).

Для защиты от замыканий на землю к реле вместо цепей с маркировкой "Н" подаются цепи с маркировкой "И" от цепей напряжения "разомкнутого треугольника" (по цепям напряжения "разомкнутого треугольника" имитируется однофазное КЗ на фазе А), и поочередно токи каждой фазы пропускаются через токовую обмотку реле (рис.22,в).

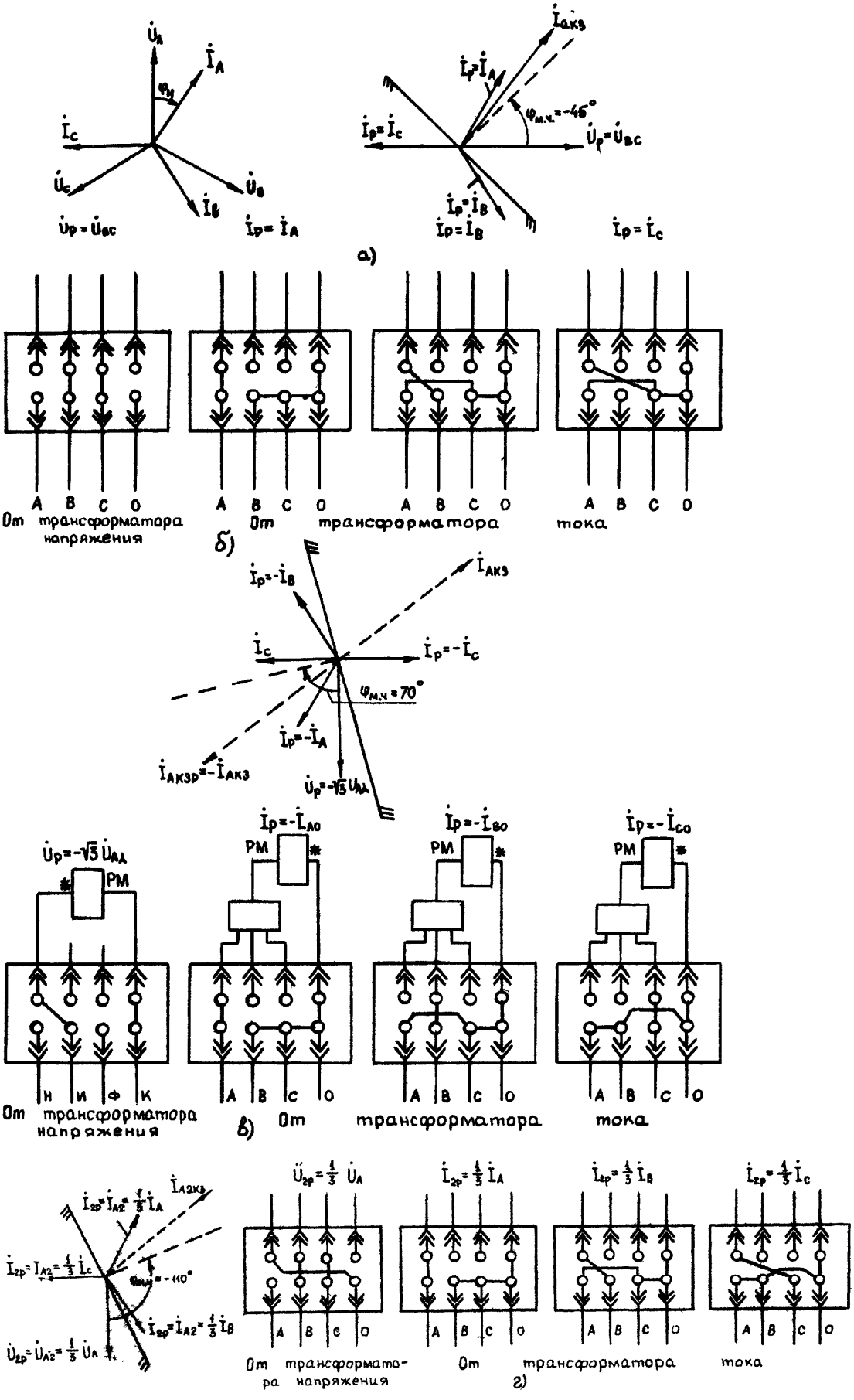
Для реле мощности обратной последовательности по цепям напряжения имитируются междуфазные или однофазные КЗ, а в токовые цепи реле поочередно подаются токи всех фаз (рис.22, г, д). Эти реле можно проверить также и при подаче на них токов и напряжений обратной последовательности трех фаз. Для этого на реле путем перекрещивания двух фаз напряжения на крышке испытательного блока подается система напряжений обратной последовательности и затем поочередно три системы токов обратной последовательности (рис.22,б).

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 $\dot{U}_P$. Относительно вектора 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 (рис.22, г, е) или для полных значений токов и напряжений (рис.22, 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 обмотках реле на диаграмму, следует определять положения векторов $\dot{U}_P$, $\dot{I}_P$, 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 рис.23 для примера построена зона работы реле мощности нулевой последовательности с $\varphi_{м.ч.} = 75°$.


а)
б)
в)
г)
A B C O
От трансформатора напряжения
От трансформатора тока
РМ
Н И Ф К

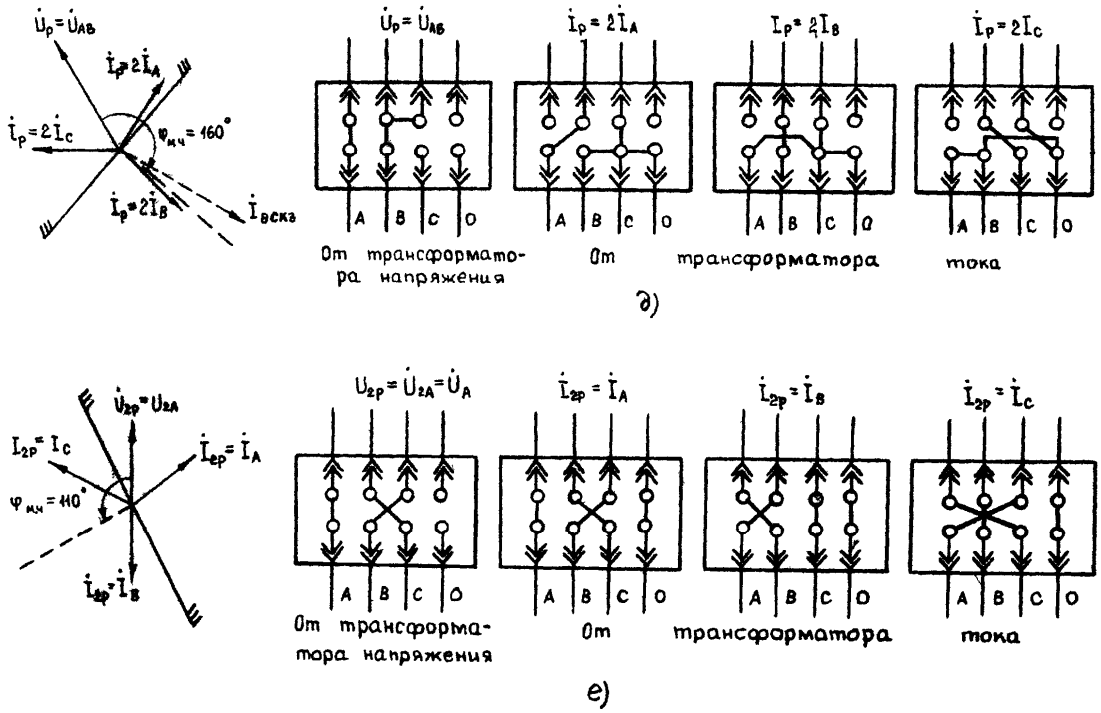


Рис.22. Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений: а - векторная диаграмма рабочих токов и напряжений, б - проверка реле мощности, включенного на междуфазные КЗ по 90-градусной схеме; в - проверка реле мощности нулевой последовательности; г - проверка реле мощности обратной последовательности с построением диаграммы работы реле в системе напряжений и токов обратной последовательности; д - то же с построением диаграммы в системе полных величин; е - то же с подачей системы напряжений и трех систем токов обратной последовательности

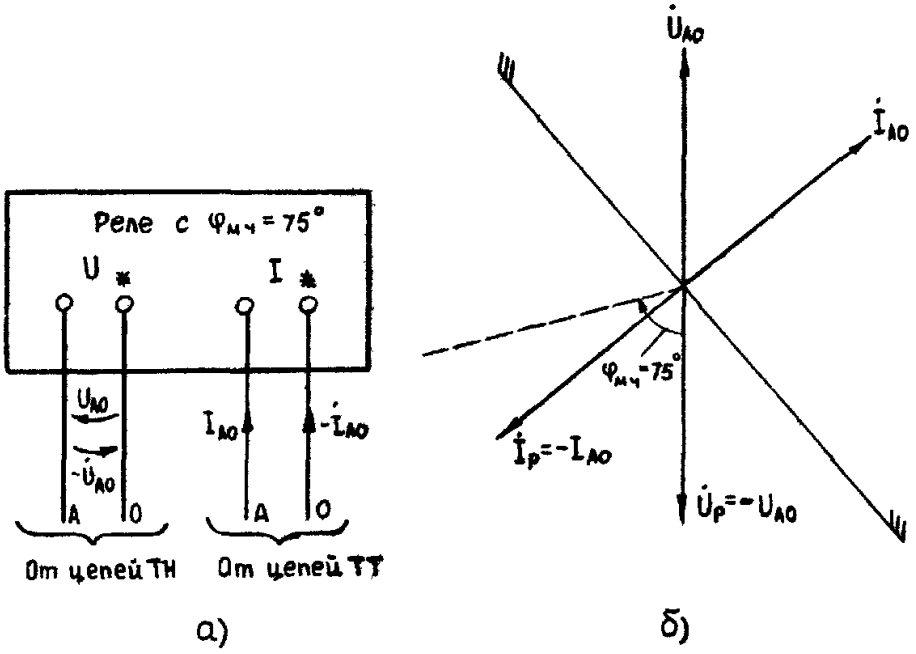


Рис.23. Определение зоны работы реле мощности нулевой последовательности при подведении рабочих токов и напряжений: а - схема подведения цепей тока и напряжения к реле; б - построение зоны работы реле

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 (рис.24). В этом случае необходимо проверить, чтобы векторная диаграмма токов, подводимых к реле от повышающих трансформаторов тока, соответствовала нагрузке.

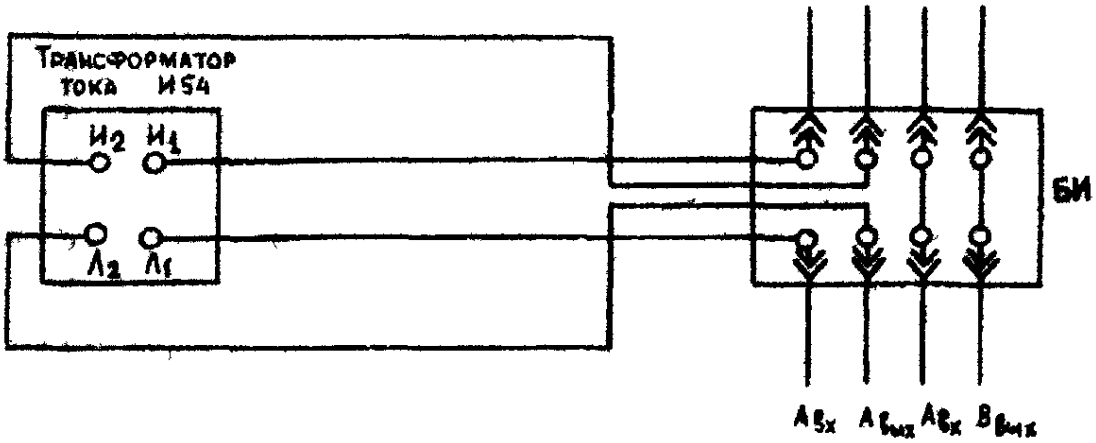


Рис.24. Схема увеличения значения тока, подводимого к реле, с помощью трансформатора тока

При проверках электромеханических реле мощности следует ориентировочно оценивать механический момент на траверсе подвижного контакта при различных имитациях.

Следует учитывать, что некоторые реле могут иметь ширину зоны работы, меньшую 180°, например, в реле мощности обратной последовательности защиты ПДЭ-2003 ширина этой зоны и на срабатывание, и на блокировку составляет 120-135°.

Для проверки таких реле следует подбирать такие сочетания токов и напряжений, при которых реле четко действует на срабатывание или на блокировку.

Устройства компенсации сопротивления обратной последовательности и емкостного тока изменяют зону работы реле, поэтому при имитациях они должны быть выведены из работы с помощью переключателей.

На рис.22 приведены примеры построения векторных диаграмм и переключений в цепях тока и напряжения при имитациях для проверки различных типов-реле мощности. На рис.22,б приведена диаграмма для реле мощности, включенного на напряжение U_{BC} и ток I_A. На рис.22,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 рис. 22,г,д,е для реле мощности обратной последовательности: на рис.22,г при имитации однофазного КЗ в цепях напряжения и построением диаграммы относительно составляющих тока и напряжения обратной последовательности, на рис.22,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 рис.22,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 $\dot{U}_A$, а фильтры токов — поочередно значения, пропорциональные векторам $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$, $\dot{I}_C$).

С учетом векторной диаграммы нагрузок (см. рис.22,а) реле реагируют следующим образом:

на рис.22,б реле срабатывает при подведении тока $\dot{I}_A$ и не срабатывает при подведении токов $\dot{I}_B$, $\dot{I}_C$;

на рис.22,в реле срабатывает при подведении токов $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$ и не срабатывает при подведении тока $\dot{I}_C$;

на рис. 22,г реле срабатывает при подведении токов $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$ и не срабатывает при подведении тока $\dot{I}_C$;

на рис.22,д реле срабатывает при подведении тока $\dot{I}_B$ и не срабатывает при подведении токов $\dot{I}_A$, $\dot{I}_C$.

на рис.22,е реле срабатывает при подведении системы токов ВАС, СВА и не срабатывает при подведении системы токов АСВ.

19. Проверить 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 токов нагрузки.

Правильность включения реле сопротивления дистанционных защит обычно проверяют только для одного реле сопротивления первой ступени, например, включенного на напряжение фаз А и В, считая при этом, что возможные ошибки в пределах устройства РЗА или в испытательном устройстве были выявлены на предыдущих этапах наладки.

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°.

Для электромеханических реле сопротивления (в настоящее время сняты с производства) перевод в режим реле направления мощности следует осуществлять переключением соответствующих накладок, при этом значение угла максимальной чувствительности реле в режиме реле направления мощности остается тем же, что и в режиме реле сопротивления или равном 90° (в зависимости от типа реле).

Реле, у которых отсутствует контур подпитки, питающийся от неповрежденной фазы цепей напряжения, следует проверять, подводя к реле ток нагрузки и пониженное напряжение от трансформатора напряжения. Для этого с помощью потенциометра или

автотрансформатора понижают напряжения, поступающие от трансформаторов напряжения, и, подводя к реле напряжения разных фаз, измеряют напряжения срабатывания реле (рис.25).

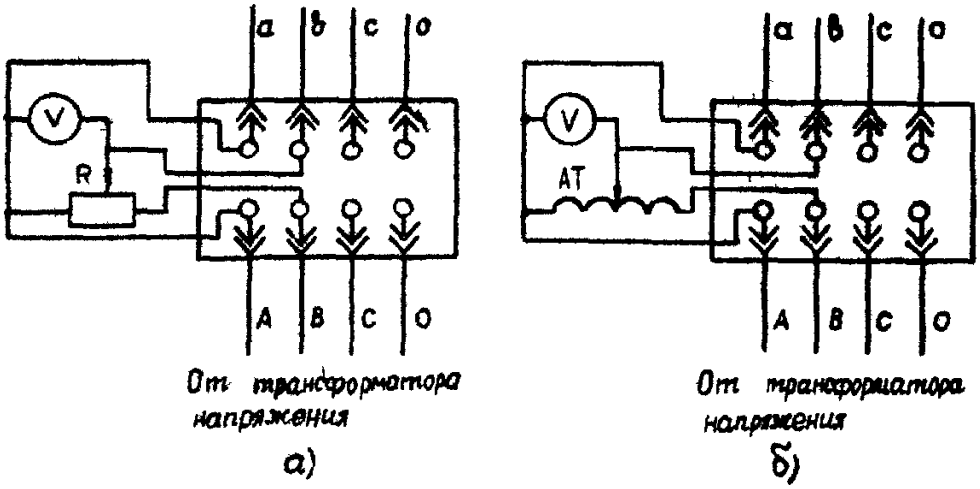


Рис.25. Схемы проверки правильности подключения реле сопротивления путем подвода к реле пониженного значения рабочего напряжения с помощью: а - реостата, включенного по схеме потенциометра; б - лабораторного автотрансформатора

Для реле, имеющих характеристики срабатывания с охватом начала координат, для фиксации двух точек срабатывания измерения следует производить с изменением фазы подводимого напряжения на 180°.

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

$$Z_{CP} = \frac{U_{Л.СР}}{\sqrt{3} I_{Ф}}. \qquad (16)$$

Для реле, включенных на фазные напряжения и токи:

$$Z_{CP} = \frac{U_{Ф.СР}}{I_{Ф}}, \qquad (17)$$

если фазный ток не пропускается через компенсационную обмотку;

$$Z_{CP} = \frac{U_{Ф.СР}}{K I_{Ф}}, \qquad (18)$$

если фазный ток пропускается только через компенсационную обмотку;

$$Z_{CP} = \frac{U_{Ф.СР}}{(1+K) I_{Ф}}, \qquad (19)$$

если фазный ток пропускается через фазную и компенсационную обмотки,

где $Z_{СР}$ - сопротивление срабатывания реле, Ом/фаза;

$U_{Л.СР}$, $U_{Ф.СР}$ — линейные и фазные значения напряжений срабатывания, В;

K - коэффициент компенсации тока нулевой последовательности;

$I_{Ф}$ - фазный ток нагрузки, А.

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 значение тока точной работы реле сопротивления. Увеличить значения токов, подводимых к реле, можно с помощью трансформаторов тока, включаемых по схеме, приведенной на рис.24.

На рис.26 построены векторные диаграммы и показаны переключения, проводимые в цепях напряжения при проверках реле сопротивления с переводом в режим направления мощности, а на рис.27 - при подведении пониженного напряжения. На рис.26,б,в,г диаграммы построены относительно напряжений, подводимых к контуру подпитки ($\dot{U}_{П}$), и нанесены векторы тока $\dot{I}_{AB}$ в соответствии с диаграммой на рис.26,а. На рис.26,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.

На рис.27 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 табл.5.

Таблица 5

Точки угловой характеристики	Подключение зажимов реостата к фазам вторичных цепей напряжения	
	Зажим 1	Зажим 2
1	A	B
1′	B	A
2	B	C
2′	C	B
3	C	A
3′	A	C

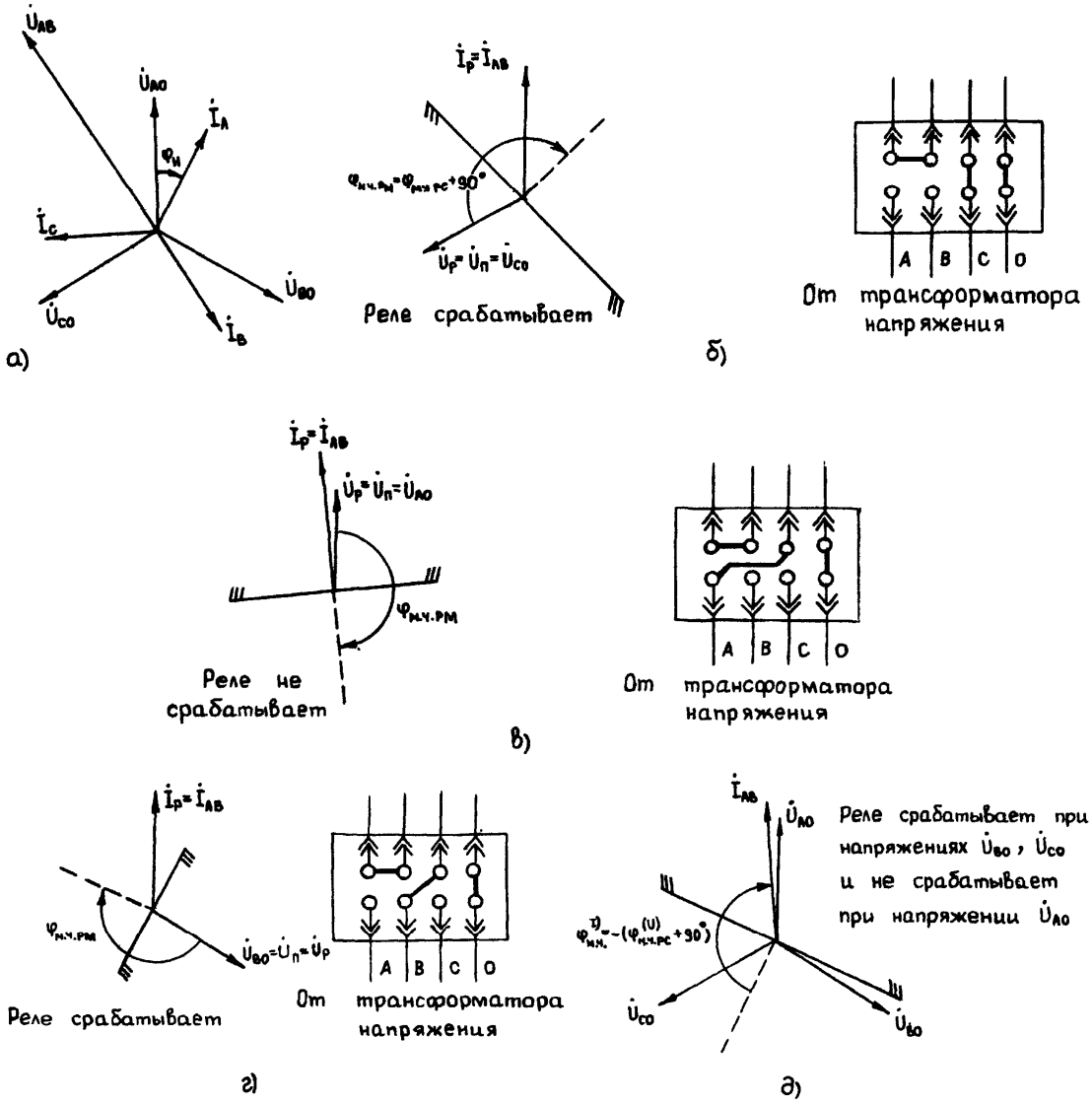
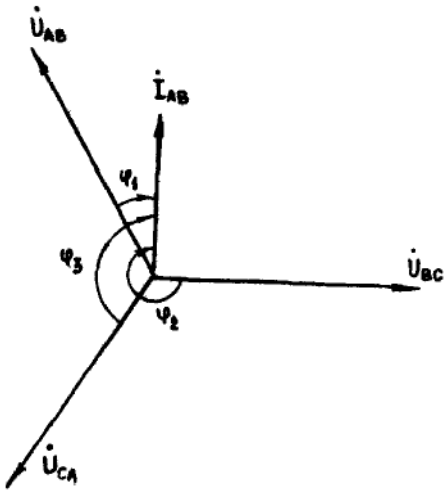


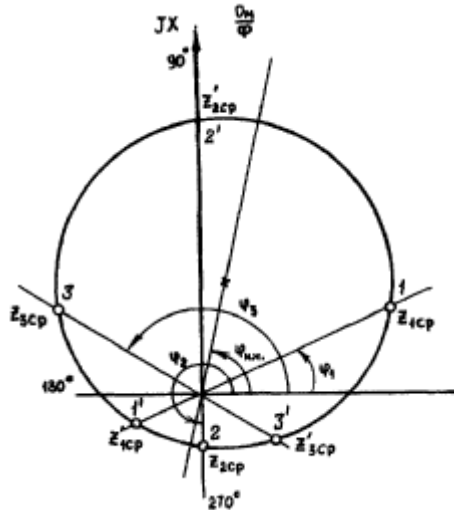
Рис.26. Определение ожидаемого поведения реле сопротивления при переводе реле в режим направления мощности: а - векторная диаграмма рабочих токов; б - при подведении к контуру подпитки $\dot{U}_{CO}$; в - при подведении к контуру подпитки $\dot{U}_{AO}$; г - при подведении к контуру подпитки $\dot{U}_{BO}$; д - путем построения векторной диаграммы относительно условно-неподвижного вектора тока

20. Произвести двусторонние проверки устройств РЗА совместно с аппаратурой ВЧ каналов.

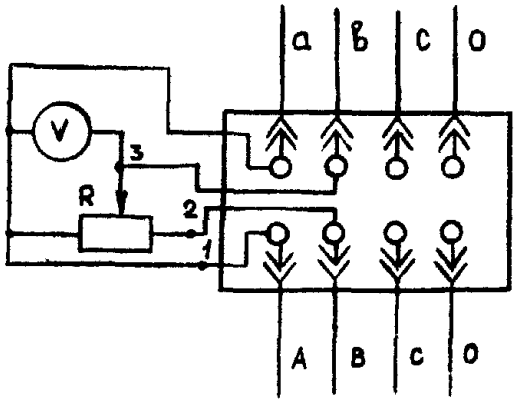
20.1. Следует проверить правильность совместной работы устройств РЗА, установленных на противоположных концах ВЛ (на многоконцевых ВЛ двусторонние проверки производятся поочередно) и связанных между собой с помощью ВЧ аппаратуры, например, высокочастотных дифференциально-фазных защит, направленных защит с ВЧ блокировкой, устройств отключения противоположного конца ВЛ, устройств ускорения резервных защит, устройств противоаварийной автоматики и т.п., 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 и проверки правильности прохождения сигналов от передающего к приемному устройству РЗА для других устройств РЗА. Перед этими проверками должна быть полностью проверена аппаратура ВЧ канала.



а)



б)



От трансформатора напряжения

в)

Рис.27. Определение ожидаемого поведения реле сопротивления путем снижения напряжения: а - векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; б - определение Z_{CP} *по угловой характеристике; в - схема подачи напряжений*

20.2. Снять фазную характеристику. 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 от неоднородностей ВЧ канала сигнала, мощность которого достаточна для дополнительного запирания ВЧ приемника. Считается допустимым такое влияние отраженного сигнала, при котором при переключении выхода приемопередатчика с 75 Ом на ВЛ ширина импульса тока на выходе приемника уменьшается (напряжение на выходе приемника увеличивается) не более чем на 10°.

При снятии фазной характеристики нуль отсчета 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.

20.3. Проверить правильность фазировки цепей тока. Эту проверку следует производить при запущенных передатчиках на обоих концах ВЛ путем подачи в защиту на одном из концов ВЛ тока одной фазы, а на другом конце ВЛ - поочередно токов трех фаз (рис.28).

Для удобства анализа правильности фазировки токи на обоих концах ВЛ следует подводить к идентичным цепям, обычно в фазу А токовых цепей защиты. Следует иметь в виду, что для уменьшения мешающего влияния короны на работу дифференциально-фазной защиты 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 защитам одноименных фаз тока на экране осциллографов отсутствуют перерывы между ВЧ пакетами передатчиков обоих концов ВЛ, т.е. ВЧ пакеты смещены один относительно другого на 180°, а показания приборов соответствуют заблокированному состоянию защит или между ВЧ пакетами имеются небольшие паузы (фиксируемые осциллографами и приборами), которые обусловлены запаздыванием распространения ВЧ сигнала (6° на каждые 100 км ВЛ) и сдвигом фаз между токами по концам ВЛ, вызванным емкостными токами. Могут иметь место случаи, когда ВЧ пакеты при подаче токов одноименных совмещены между собой и смещены один относительно другого на углы, близкие к 180°, при подведении к защитам разноименных фаз, например, на ВЛ 750кВ при нулевых или малых перетоках активной мощности по ВЛ, когда по ВЛ могут протекать чисто емкостные токи, что соответствует направлению токов при внешнем КЗ. При значительных углах между ВЧ пакетами (20° и более) при подведении одноименных фаз тока этот сдвиг (ψ) в град., должен быть оценен по формуле:

$$\psi = \theta + \alpha, \qquad (20)$$

где θ - угол между токами по концам ВЛ, эл. град.;

α - угол, вызванный запаздыванием ВЧ сигнала (6° на 100 км длины ВЛ), град.

Значение угла θ следует определить путем построения векторной диаграммы токов обоих концов ВЛ, получив векторную диаграмму токов противоположного конца ВЛ по телефону. Значение этого угла отсчитывается от вектора тока на рассматриваемом конце ВЛ (в направлении, противоположном вращению часовой стрелки) до вектора тока на противоположном конце ВЛ (см.рис.28,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. δ_H, 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 δ_H вычитывается, а на приемном - складывается со значением фазы вектора тока, полученным по телефону. Значение угла (δ_H), в градусах, если можно пренебречь емкостными токами, может быть подсчитано по формуле

$$\delta_H = arcsin\frac{PX_л}{U_1U_2}, \qquad (21)$$

где P - активная мощность на рассматриваемом конце ВЛ, МВт;

$X_Л$ - индуктивное сопротивление ВЛ, Ом;

U_1, U_2 - напряжения на концах ВЛ, кВ.

Значение угла (θ), в градусах, может быть также подсчитано по приближенной формуле

$$\theta = arctg \frac{P}{3I^2\left(X_C - \frac{X_L}{2}\right) + Q} + 180^\circ, \qquad (22)$$

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 рис.28,в показан примерный вид осциллограммы ВЧ импульсов, соответствующей векторной диаграмме, приведенной на рис.28,б. Сдвиг между ВЧ импульсами (β), в градусах, определенный по осциллограмме, должен соответствовать расчетным, определяемым по одной из формул:

$\beta = \theta_1' + \alpha - \gamma_{ПР}$ - для опыта 1, (23)

где: $\gamma_{ПР}$ - ширина ВЧ импульса передатчика противоположного конца ВЛ, град;

$\beta = \Omega_C - \theta_1'' - \alpha$ - для опыта 2, (24)

где Ω_C - ширина паузы ВЧ сигнала собственного передатчика, град.

В остальных опытах значения углов β определяется по одной из вышеприведенных формул при подстановке соответствующих углов θ_1. Аналогичные опыты выполняются и на подстанции 2, при этом углы определяются по соответствующим углам θ_2.

20.4. Проверку правильности фазировки цепей напряжения 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 защитам одноименных фаз напряжения ВЧ импульсы передатчиков совпадают или сдвинуты на угол, обусловленный запаздыванием ВЧ сигнала противоположного конца (угол α), углом нагрузки δ_H и разностью ширины импульсов ВЧ передатчиков.

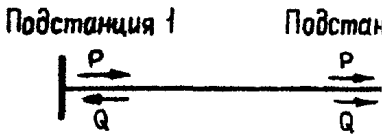
20.5. Для проверки правильности включения устройств компенсации емкостных токов произвести совместную проверку при подаче одновременно и цепей тока, и цепей напряжения. На обоих концах ВЛ к защитам одновременно подводится трехфазная система токов и напряжений с прямым, с обратным чередованиями фаз, а затем с поочередным исключением одноименных фаз тока и напряжения (поочередно для всех трех фаз). При этом пакеты ВЧ импульсов должны быть смещены один относительно другого на угол, близкий к 180°, или по крайней мере пауза между ВЧ импульсами должна быть меньше, чем при подведении к защитам одноименных фаз токов (последнее условие может иногда не выполняться для приемного конца длинной сильно нагруженной ВЛ сверхвысокого напряжения).

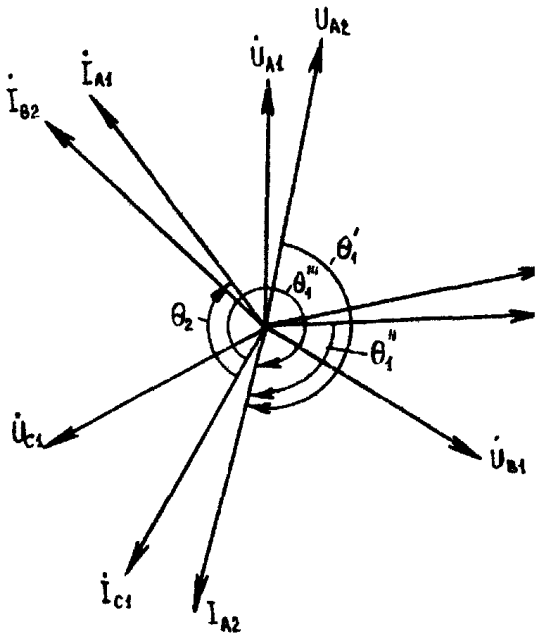
20.6. Произвести обмен ВЧ сигналами между комплектами дифференциально-фазных и направленных высокочастотных защит. Для этого сначала поочередно, а потом одновременно запускаются передатчики на концах ВЛ.

В дифференциально-фазных защитах при запуске передатчика только с одной стороны ток на выходе приемника уменьшается примерно наполовину в обоих приемниках (появляется напряжение на выходе приемников АВЗК-80 при работе с полупроводниковыми защитами 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.

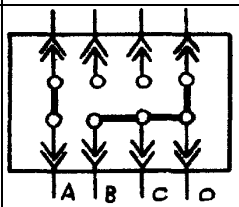
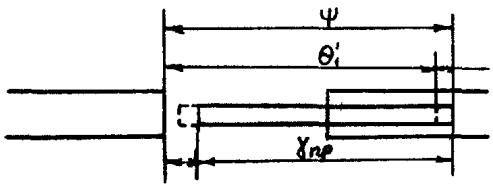
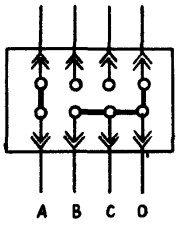
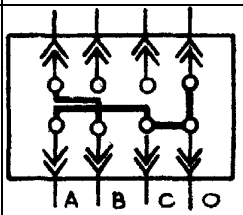
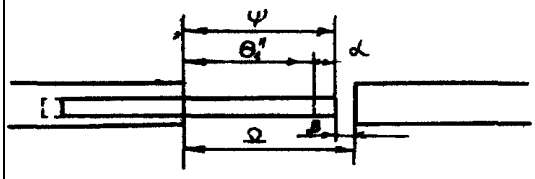
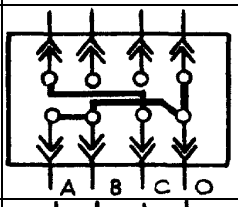
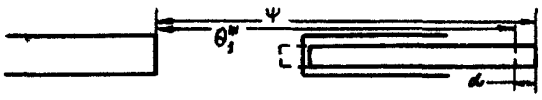
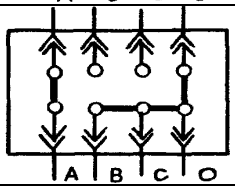
В направленных ВЧ защитах состояние защиты должно соответствовать заблокированному состоянию при хотя бы одном запущенном передатчике.

После окончания двусторонних проверок устройства РЗА могут вводиться в работу в соответствии с пп.2.6.2-2.6.4.





а) б)

омер опыта	Подстанция 1		Подстанция 2
	Контрольные штеккеры в токовых цепях	Вид осциллограммы в ВЧ тракте защиты	контрольные штеккеры в токовых цепях
1			
2			
3			
4			

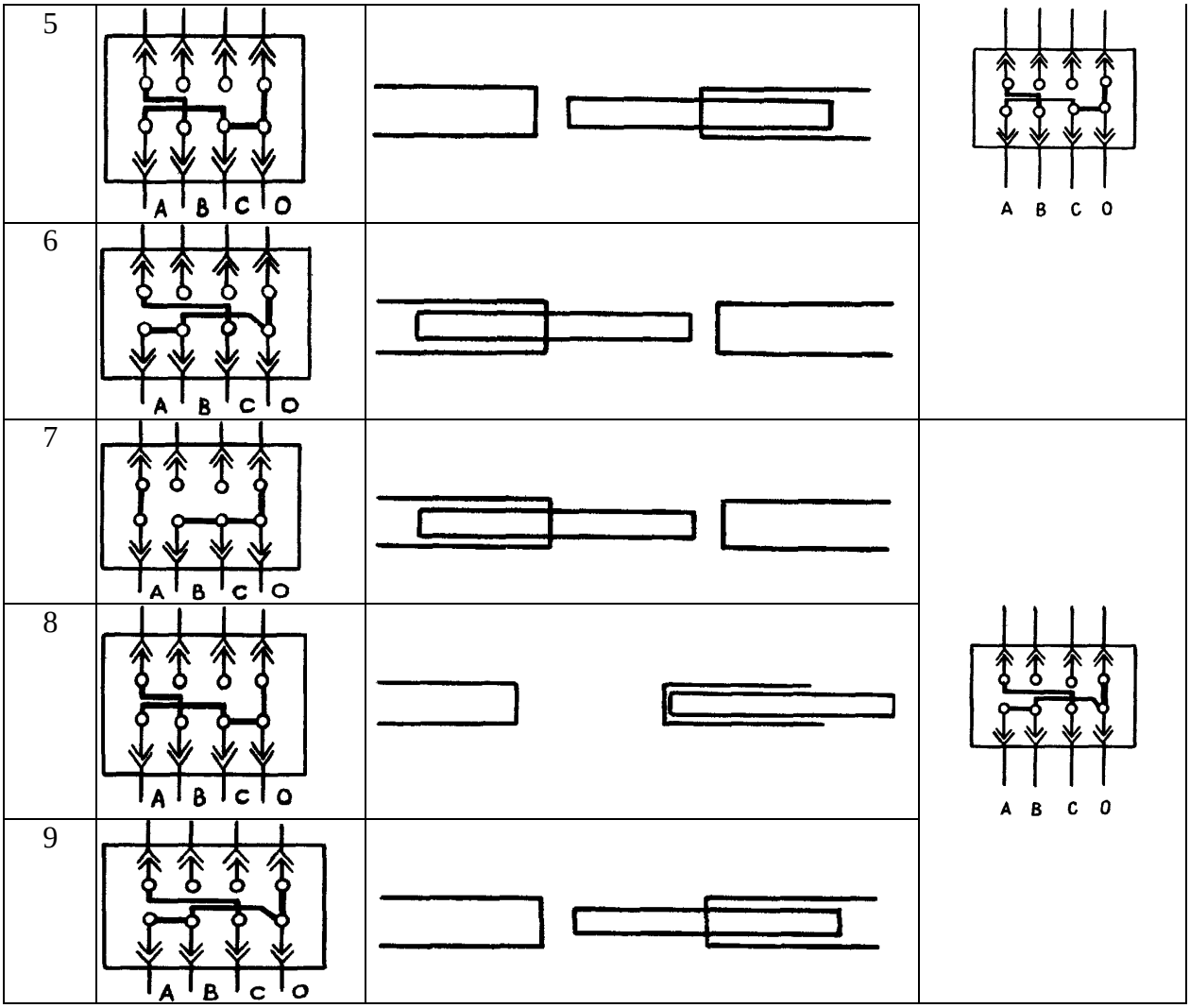


Рис.28. Проверка правильности фазировки цепей тока по концам ВЛ: а - направление перетоков мощности по ВЛ; б- векторная диаграмма рабочих токов и напряжений по концам ВЛ; в - вид осциллограмм ВЧ сигнала на входе приемника на подстанции 1

Лекция 14. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

1. Работы по техническому обслуживанию устройств РЗА и вспомогательных цепей в действующих электроустановках производятся по нарядам или распоряжениям в соответствии с требованиями "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок" (М.: Энергоатомиздат, 1987), "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" (М.: Энергоатомиздат, 1987), действующих "Правил техники безопасности при производстве электромонтажных работ на объектах Минэнерго СССР", "Правил применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках" (М.: Энергоатомиздат, 1983).

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

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 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.

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

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

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 пп.10.1, 10.2, 10.6 ПТБ.

6. 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;

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) перед подачей оперативного тока 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!");

з) 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;

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

к) 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;

л) при необходимости переключений в цепях вторичных обмоток трансформаторов тока при протекании тока через его первичную обмотку вторичная обмотка должна быть предварительно закорочена на специальных выводах или на контрольных штеккерах испытательных блоков. Переключения должны производиться с диэлектрического коврика. Откручивание винтов, крепящих провода, следует производить медленно, одной рукой, не касаясь другой рукой ни вторичной коммутации, ни корпуса панели, при

появлении малейшего искрения, треска винт следует немедленно закрутить обратно и еще раз тщательно проверить 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;

м) 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;

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

о) 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.);

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

р) рабочее место должно быть удобным и достаточно освещенным (в соответствии с требованиями СНиП II-4-79 "Естественное и искусственное освещение" и инструкций, утвержденных Госстроем СССР).

Изоляция соединительных проводников не должна быть нарушенной. Измерения следует производить сухими руками в одежде с опущенными рукавами, кольца и металлические браслеты должны быть сняты.

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 калошах.

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

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

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

9. При использовании в работе устройства У5053 необходимо:

а) при работе только с блоками К513 и К514 в колодку разъема Х5 блока К513 должна устанавливаться вставка (заглушка) Х6, предотвращающая доступ к выводам, находящимся под напряжением, и замыкающая цепь тока;

б) перед установкой ключа S19 в положенье "1А" проверить отсутствие заземления в цепях, подключаемых к выходным выводам блока К515, поскольку в данном режиме образуется гальваническая связь между подключенным к входным выводам установки источником питания и подключенной к выходным выводам блока К514 нагрузкой (например панель защиты).

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Лабораторные занятия предусмотрены в рабочей программе в объеме 14 часов.

№ темы	Название темы	Кол-во часов
1	Порядок производства ремонтных работ на печатных платах	4
2	Рекомендации по производству измерений при техническом обслуживании устройств РЗА	6
3	Использование устройств У5053, ЭУ5001 В РЗ и А	4

Лабораторные занятия проводятся по учебному пособию: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики» (составитель: А.Г. Ротачева).

Лабораторные работы проводятся в следующей последовательности:

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. Теоретический опрос и допуск к работе.
3. Проведение экспериментов на лабораторных стендах.
4. Предварительная обработка результатов экспериментов.
5. Выводы по проделанной работе.
6. Защита отчетов.
7. Оформление отчетов.

Список рекомендуемой литературы

1. ИНСТРУКЦИЯ для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем **РД 34.35.502.**

Лабораторная работа № 1

ПОРЯДОК ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

Цель работы: ремонтные работы на печатных платах и, в частности, заменах интегральных микросхем (ИМС) и других полупроводниковых элементов.

Общие сведения

При производстве ремонтных работ на печатных платах и, в частности, заменах интегральных микросхем (ИМС) и других полупроводниковых элементов следует руководствоваться указаниями, приведенными ниже.

1. Во избежание повреждения микросхем от статического электричества поверхность стола, на котором производятся работы, должна быть покрыта металлическим листом, который заземляется 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 малоэлектризуюшихся материалов (например, халаты из хлопчатобумажной ткани, обувь на кожаной подошве к 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°С. 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 выпайке 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 12В, мощностью до 40Вт, 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 поочередным 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 теплоотводов допускается использовать пинцеты, плоскогубцы и т.п. Теплоотвод следует снимать не ранее чем через 5 ч 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^2. Допускается применение проволоки ММ-0,5 в изоляционной трубке.

Список рекомендуемой литературы

1. ИНСТРУКЦИЯ для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем **РД 34.35.502.**

Лабораторная работа № 2

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА

Цель работы: измерение при техническом обслуживании устройств РЗ и А

Общие сведения

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 табл.3.

2. Точность стрелочных измерительных приборов и преобразователей характеризуется классом точности прибора γ_{max} который определяется как максимальная абсолютная погрешность измерения Δ_{max} произведенного прибором в пределах рабочей части шкалы в нормальных условиях (п.3 данного приложения). Максимальная абсолютная погрешность выражена в процентах от верхнего предела шкалы прибора $A_Ш$

$$\gamma_{max} = \frac{\Delta_{max}}{A_{Ш}} 100 , \qquad (1)$$

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

$$\delta_0 = \gamma_{max} \frac{A_{Ш}}{A_{И}} , \qquad (2)$$

Иногда класс точности прибора определяется как предел основной погрешности, т.е.

$$\lim_{A_И \to A_Ш} \delta_0 = \lim_{A_И \to A_Ш} \gamma_{max} \frac{A_{Ш}}{A_{И}} = \gamma_{max} .$$

Как следует из формулы (26), 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 (со шкалой 10 А) тока 4 А относительная погрешность измерения составит $\delta = 1{,}0 \frac{10}{4} = 2{,}5\%$, а при измерениях этого же тока аналогичным прибором, но со шкалой 5А относительная погрешность составит $\delta = 1{,}0 \frac{5}{4} = 1{,}25\%$, т.е. значение, близкое к классу точности прибора.

Для обеспечения указанных условий измерения в ряде случаев необходимо применять многопредельные приборы, трансформаторы тока, добавочные резисторы и шунты.

Точность цифровых измерительных приборов характеризуется непосредственно погрешностями измерения. Абсолютная погрешность цифровых измерительных приборов задается в виде одной из формул

$$\Delta = \pm\left(aA_{И} + в \cdot 10^{P-1}\right), \quad (3)$$

где $A_{И}$ - показания прибора, соответствующее измеряемой величине;

a - относительная погрешность (часто выражается в единицах младшего разряда);

$в$ - показатель пределов, имеющих декадное отношение (например, для пределов 1:1, 10:1 и 100:1 показатель p равен 1, 2 и 3 соответственно) ,

или $\Delta = \pm\left(aA_{И} + в' A_{К}\right)$, (4)

где $A_{К}$ - конечное значение установленного предела измерения;

$в'$ - относительная величина (произведение $в'A_{К}$ соответствует значению абсолютной погрешности).

3. 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. Точность измерения характеризуется как погрешностями самого измерительного прибора, так и метода измерения. Различают следующие погрешности измерительных приборов:

4.1. Абсолютную погрешность Δ, определяемую как разницу между показанием прибора $A_{И}$ и действительным значением измеряемой величины A

$$\Delta = A_{И} - A. \quad (5)$$

4.2. Относительную погрешность δ - абсолютная погрешность, выраженная в процентах от действительного значения измеряемой величины

$$\delta = \frac{\Delta}{A}100, \quad (6)$$

на практике принимают

$$\delta = \frac{\Delta}{A_{И}}100. \quad (7)$$

4.3. Дополнительные (относительные) погрешности измерительных приборов, вызванные отличием условий проведения измерений от нормальных и применением дополнительной аппаратуры:

а) δ_t - погрешность от изменения температуры окружающего воздуха от нормальных значений до любой температуры в пределах рабочих температур. Область рабочих температур и предельное значение этой погрешности для различных групп измерительных приборов на каждые 10°С изменения температуры указаны в табл.6;

б) δ_f - погрешность, вызванная отклонением частоты от нормальной. Предельное значение этой погрешности при отклонении частоты на ±10% от нормальной частоты (нормальной области частот), как правило, равно классу точности прибора;

в) $\delta_Ф$ - погрешность от влияния внешнего магнитного и электрического поля. Предельное значение в той 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 табл.7.

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 ±0,5% для приборов классов точности 0,05-0,5 и классу точности - для приборов классов точности 1-5, а 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;

Таблица 1

Влияющая величина	Значение влияющей величины для различных групп						
	1	2	3	4	5	6	7
Область рабочих температур окружающего воздуха, °С							
Нижнее значение	10	10	5	-10	-30	-50	-30
Верхнее значение	25	35	40	40	50	60	70
Предельное значение дополнительной погрешности для амперметров, вольтметров и ваттметров, доля от класса точности прибора	-	1	1	1	0,8	0,6* 0,5**	0,5* 0,5**
То же для фазометров, доля от класса точности прибора	-	1	1	1	0,8	0,5	0,5
То же для частотомеров, доля от класса точности прибора							

* Для приборов класса точности 0,2 и 0,5.
** Для приборов класса точности 1; 1,5; 2,5; 4; 5.

Таблица 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	±0,75	±1,5
Ферродинамический	±1,5	±3
Прочие приборы	±3	+6

г) δ_L - погрешность, вызванная изменением положения прибора от нормального положения в любом направлении. Предельное значение этой погрешности при отклонении на ±5°* должно быть равно классу точности прибора. Если на приборе отсутствует символ положения, предельное значение этой погрешности, вызванное изменением положения от 0 до 90° для переносных и от 90 до 0° для щитовых приборов, равно половине класса точности прибора;

* Допускается изготовление приборов с измерением положения от нормального более чем на 5°. При этом предельное значение дополнительной погрешности также равно классу точности прибора.

д) $\delta_{ПР}$ - другие виды погрешностей, вызванных различными факторами, например, работой в условиях вибрации или ударов (для вибро- и удароустойчивых приборов), действием других однотипных приборов, помещенных рядом, от изменения напряжения

(для фазометров, ваттметров предельное значение дополнительной погрешности, вызванное отклонением напряжения на ±10% номинального, равно классу точности прибора), отклонением формы кривой тока и напряжения от синусоидальной и т.п. Указанные погрешности учитывают в редких случаях, когда воздействующий фактор сильно выражен, обычно же ими пренебрегают;

е) δ_{TT} - погрешность, вызванная применением измерительных трансформаторов тока. Токовая (δ_{TT}^{T} и угловая δ_{TT}^{Y} погрешности для трансформаторов тока класса точности 0,1-0,2 при протекании первичного тока I в диапазоне от 0 до I20% номинального значения $I_{\text{НОМ}}$ нагрузке в пределах 25-100% номинального значения могут быть подсчитаны по формулам:

$$\delta_{TT}^{T} = \pm\left[\gamma_{max} + 0{,}2\gamma_{max}\left(\frac{I_{ном}}{I} - 1\right)\right], \qquad (8)$$

$$\delta_{TT}^{Y} = \pm 5\left[10\gamma_{max} + \gamma_{max}\left(\frac{I_{ном}}{I} - 1\right)\right]. \qquad (9)$$

В зависимости от вида измерения учитывается одна или другая погрешность.

4.4. В общем случае результирующая относительная погрешность измерительного прибора $\delta_{П}$ 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

$$\delta_{П} = \sqrt{\delta_0^2 + \frac{A_{III}^2}{A_{II}^2}\left(\delta_T^2 + \delta_f^2 + \delta_{Ф}^2 + \delta_L^2 + \delta_{ИР}^2\right) + \delta_{TT}^2}\ . \qquad (10)$$

4.5. В случаях, когда результирующее значение регистрируемой величины получается в результате арифметических преобразований показаний отдельных приборов, полная относительная погрешность определения регистрируемой величины δ_{Σ} может быть определена по формулам:

а) при суммировании двух измеренных значений A_1 и A_2

$$\delta_{\Sigma} = \pm\left(A_1|\delta_{П1}| + A_2|\delta_{П2}|\right)/(A_1 + A_2); \qquad (11)$$

б) при вычитании двух измеренных значений A_1 и A_2

$$\delta_{\Sigma} = \pm\left(A_1|\delta_{П1}| + A_2|\delta_{П2}|\right)/(A_1 - A_2); \qquad (12)$$

в) при умножении или делении двух измеренных величин

$$\delta_{\Sigma} = \pm\left(|\delta_{П1}| + |\delta_{П2}|\right); \qquad (13)$$

г) в общем случае, когда измерение производится *m* приборами, а регистрируемая величина А получается в результате преобразования

$$A = f(A_1, A_2, ..., A_m), \qquad (14)$$

$$\delta_{\Sigma} = \frac{1}{A}\left(\frac{\partial A}{\partial A_1}\delta_{П1} + \frac{\partial A}{\partial A_2}\delta_{П2} + ... + \frac{\partial A}{\partial A_m}\delta_{Пm}\right). \qquad (15)$$

В вышеперечисленных формулах:

$\delta_{П1}$, $\delta_{П2}$,..., $\delta_{Пm}$ - относительные погрешности приборов при измерении величин A_1, A_2, ..., A_{m}.

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 40А, напряжении 50 В; используются вольтметр 3515/3 с пределом измерений 75-600 В класса точности 0,5 и амперметр 3514/3 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 погрешность амперметра δ_{OA} и вольтметра δ_{OB} составит

$$\delta_{OA} = \gamma_{max} \frac{A_{Ш}}{A_{И}} = 0{,}5\frac{5}{4} = 0{,}625\% ;$$

$$\delta_{OB} = \gamma_{max} \frac{A_{Ш}}{A_{И}} = 0{,}5\frac{75}{50} = 0{,}75\% .$$

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 t = 0,1 м). Индукция внешнего магнитного поля вокруг проводника с током определяется по формуле

$$\beta = \mu_0 H = \mu_0 \frac{I}{2\pi l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{40}{2\pi \cdot 0{,}1} = 0{,}08 \text{ мТл}.$$

Дополнительная погрешность от магнитного поля для амперметра $\delta_{\text{ФА}}$ и вольтметра $\delta_{\text{ФВ}}$ согласно табл.7 составляет

$$\delta_{ФА} = \delta_{ФВ} = \frac{0{,}08}{0{,}5} \cdot 6 = 0{,}96\% .$$

Дополнительная погрешность от наклона прибора для амперметра δ_{LA} и вольтметра δ_{LB} одинакова и равна классу точности

$\delta_{\text{LA}} = \delta_{\text{LB}} = 0{,}5\%$.

Погрешностью от изменения частоты можно пренебречь.

Дополнительная погрешность, вызванная применением трансформатора тока, составит

$$\delta_{TT}^{T} = 0{,}2 + 0{,}2 \cdot 0{,}2\left(\frac{50}{45} - 1\right) = 0{,}204\% .$$

Результирующая относительная погрешность амперметра $\delta_{\text{ПА}}$ и вольтметра $\delta_{\text{ПВ}}$ составит:

$$\delta_{ПА} = \sqrt{\delta_{OA}^2 + \left(\frac{A_{Ш}}{A_{И}}\right)^2 \left(\delta_{tA}^2 + \delta_{ФА}^2 + \delta_{LA}^2\right) + \left(\delta_{TT}^{T}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{0{,}025^2 + \left(\frac{50}{45}\right)^2 \left(0{,}5^2 + 0{,}96^2 + 0{,}5^2\right) + 0{,}204^2} = 1{,}63\%$$

$$\delta_{ПВ} = \sqrt{\delta_{OB}^2 + \left(\frac{A_{Ш}}{A_{И}}\right)^2 \left(\delta_{tB}^2 + \delta_{ФВ}^2 + \delta_{LB}^2\right)} = \sqrt{0{,}75^2 + \left(\frac{75}{50}\right)^2 \left(0{,}5^2 + 0{,}96^2 + 0{,}5^2\right)} = 1{,}94\%$$

Полная относительная погрешность определения сопротивления $\delta_{\Sigma Z}$ (как частного от деления) составит

$$\delta_{\Sigma Z} = \delta_{ПА} + \delta_{ПВ} = 1{,}63 + 1{,}94 = 3{,}57\% \approx 3{,}6\% .$$

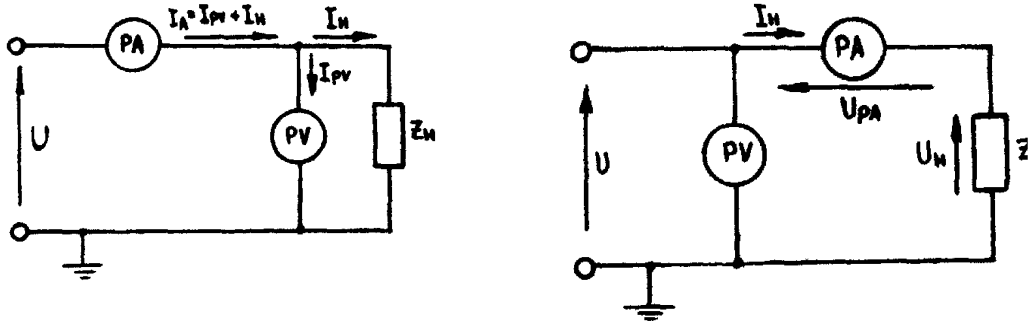
6. Кроме факторов, влияющих на перечисленные выше погрешности (регламентированные ГОСТ), имеются также другие факторы, которые существенно влияют на точность измерения. Как и вышеперечисленные факторы, их влияние в ряде случаев можно полностью или частично устранить введением соответствующих поправок, изменением метода измерения и другим или учесть количественно в виде дополнительной погрешности. Такими существенными факторами при проверках устройств РЗА являются:

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 рис.1 приведены две схемы включения амперметра и вольтметра для снятия вольт-амперных характеристик. Из схемы видно, что при несоблюдении условий, указанных в подрисуночных надписях, появится дополнительная погрешность измерения, вызванная для схемы на рис.1,а сравнительно малым внутренним сопротивлением вольтметра R_{PV} , а для схемы на рис.1,б - сравнительно большим внутренним сопротивлением амперметра R_{PA}. Поэтому схема рис.1,а обычно применяется при малых ZH, а рис. 1,б - при больших.

Из схемы, приведенной на рис.2, видно, что в случае, когда внутреннее сопротивление вольтметра соизмеримо с сопротивлениями резисторов R1-R3, может произойти существенное изменение режима работы схемы проверяемого устройства;

б) система измерительного прибора при измерении несинусоидальных токов и напряжений, например, в цепях выпрямленного тока, токов и напряжений на выходе насыщающихся трансформаторов, стабилизаторов и т.п.

Все измерительные приборы переменного тока и напряжения реагируют на действующее значение (электромагнитная, электродинамическая, ферродинамическая, электростатическая, термоэлектрическая системы приборов, а также электронные вольтметры с двухполупериодным выпрямлением и квадратичной характеристикой), среднее по модулю значение (магнитоэлектрическая система приборов с выпрямителем, электронные вольтметры с однополупериодным выпрямлением и линейной или квадратичной характеристикой), максимальное значение (электронные вольтметры с амплитудой характеристикой) или постоянную составляющую (магнитоэлектрические системы приборов без выпрямителя). Градуировка этих приборов производится в действующих значениях тока или напряжения при правильной синусоидальной форме кривой измеряемой величины.



а) б)

Рис.1. Схемы включения амперметра и вольтметра для снятия вольтамперных характеристик: а - для $Z_H << R_{PV}$, б - для $Z_H >> R_{PA}$

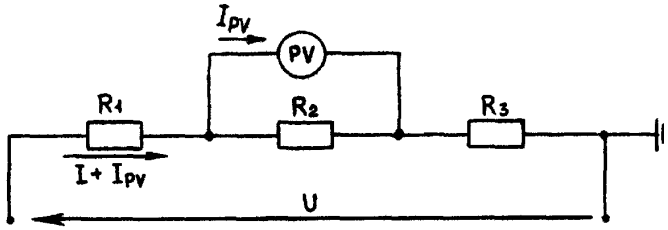


Рис.2. Изменение токов при подключении в схему вольтметра с недостаточно большим внутренним сопротивлением

Соотношения между амплитудным значением A_a, действующим $A_Д$ и средним значением A_{CP} - измеряемой величины А определяется выражениями:

при действии синусоидально изменяющейся величины

$$A_д = \frac{A_a}{\sqrt{2}} \approx 0{,}707 A_a ; \quad (16)$$

$$A_{CP} = \frac{2}{\pi} A_a \approx 0{,}634 A_a ; \quad (17)$$

при действии несинусоидально изменяющихся величин (путем разложения в ряд Фурье на *n* гармонических составляющих) эти величины могут быть представлены в виде:

$$a = A_0 + A_{1a} \sin \omega t + A_{2a} \sin(2\omega t + \psi_2) + ... + A_{na} \sin(n\omega t + \psi_n); \quad (18)$$

$$A_д = \sqrt{A_0^2 + \frac{A_{1a}^2}{2} + ... + \frac{A_{na}^2}{2}} = \sqrt{A_0^2 + A_1^2 + ... + A_n^2} ; \quad (19)$$

$$A_{CP} = A_0 + \frac{2}{\pi}\left(A_{1a} + \frac{1}{2} A_{2a} cos\psi_2 + ... + \frac{1}{n} A_{na} cos\psi_n \right); \quad (20)$$

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

$$A_{CP} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} A_д \approx 0{,}9 A_д . \quad (21)$$

Амплитудные электронные вольтметры измерят 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 измерят 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 несинусоидальных цепях работает электромагнитное реле, то измерение следует производить также электромагнитным прибором. Если в цепях выпрямленного тока работает поляризованное реле или от этих цепей заряжаются конденсаторы (УЗ-400), то измерения следует производить магнитоэлектрическим прибором.

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 следующим:

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 ($R_д$ в омах) которого определяется по формуле:

$$R_д \approx 10\ Z_P, \qquad (22)$$

где Z_P - сопротивление обмотки реле, Ом.

Кроме того, выполняются другие мероприятия;

б) выбирать систему измерительного прибора таким образом, чтобы прибор и проверяемое реле реагировали на одни и те же значения (действующее, среднее и др.). Детекторные и электронные измерительные приборы в цепях с несинусоидальными током или напряжением можно применять лишь для измерений, не требующих высокой точности, или для определения максимальных и минимальных значений;

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

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

Класс точности этого трансформатора тока должен быть по крайней мере на одну ступень выше класса точности амперметра (ваттметра). Коэффициент трансформации подбирается таким образом, чтобы значение измеряемого тока было как можно ближе к номинальному первичному току трансформатора тока. 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) должны быть не менее 10-20 кОм/В. Сопротивление милли- и микро-амперметров для измерений токов на выходе фильтров, в дифференциальных схемах, в схемах сравнения и т.п. должно быть минимальным, около десятых долей Ома при шкалах 25-50 мА;

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, фазометра (так как их погрешности при измерении складываются);

л) при применении электронных средств измерения (ламповых вольтметров, осциллографов, частотомеров и др.) следует учитывать наличие возможного заземления

отдельных точек схемы (в токовых цепях и цепях напряжения, в блоках питания и др.). При неправильном подключении заземленного вывода измерительного прибора возможно возникновение КЗ (см. рис.30) или значительная ошибка в измерении из-за нарушения режимов работы проверяемой схемы (шунтирование резистора R3 или R2, R3 в схеме рис.30). Поэтому указанными приборами следует производить измерения только относительно заземленных точек схемы. При измерении напряжения в схеме по рис.30 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;

о) при проверках устройств РЗА следует производить измерения с необходимой степенью точности. Необходимо заранее определить, какая точность измерения нужна согласно табл.3, и необходимые классы точности измерительных приборов путем расчета или согласно рекомендациям, приведенным в табл.8, для проверки устройств РЗА различных типов.

Таблица 3

Наименование	Класс точности приборов
1. Дистанционное реле, реле мощности с регулированием уставки срабатывания	Не менее 0,5
2. Токовые реле защит, согласовывающиеся друг с другом с запасом 1,1-1,2	Не ниже 0,5-1,0
3. Второстепенные измерения: напряжения срабатывания реле, характеристики намагничивания трансформаторов тока и т.п.	До 1,5
4. Измерение небалансов, настройка фильтров, проверка схем включения трансформаторов тока и напряжения, фазировка трансформаторов напряжения, проверка исправности цепей и т.п.	До 4

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

Список рекомендуемой литературы

1. ИНСТРУКЦИЯ для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем **РД 34.35.502.**

Лабораторная работа № 3

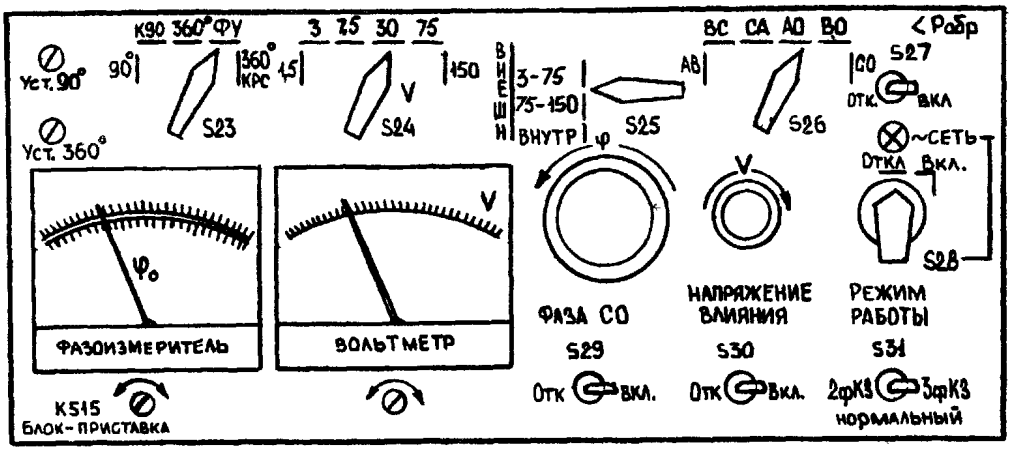
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТРОЙСТВ У5053, ЭУ5001 В РЗ и А

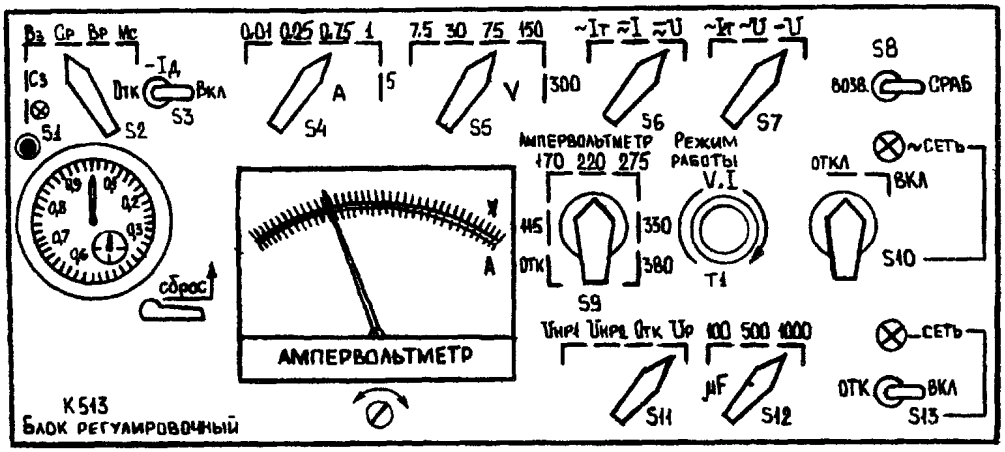
Цель работы: применение устройства У5053, ЭУ5001 в эксплуатации РЗ и А

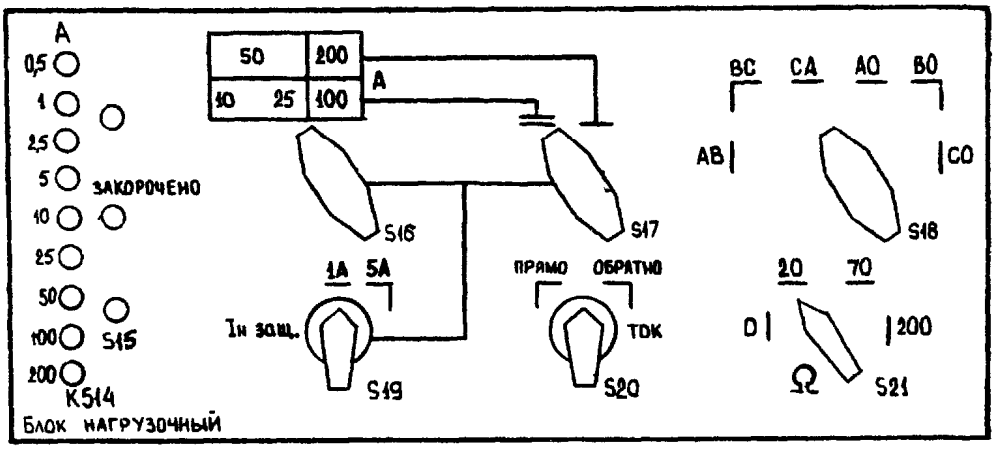
Общие сведения

1. Устройство У5053

1.1. Комплектное устройство У5053 (рис. 1), состоящее из трех блоков (К513, К514, К515), предназначено для проверок электрических и временных характеристик отдельных реле и устройств РЗА. Предусмотрено также использование только двух блоков К513, К514 (устройство У5052) для проверки простых устройств РЗА, использование отдельно блока К513 для регулирования тока и напряжения (переменного и выпрямленного) и измерения временных параметров и использование отдельно блока К514 для ступенчатого регулирования тока. Автономное использование блока К515 в режиме регулирования напряжения невозможно из-за того, что блок питания вспомогательными промежуточными реле управления находится в блоке К513. Поэтому отдельно блок К515 может быть использован только как источник симметричного трехфазного напряжения 110 В с возможностью изменения фазы этого напряжения с помощью фазорегулятора. При работе с устройством У5052 должна быть установлена специальная заглушка в штеккерный разъем Х5 блока К513, а при работе только с блоком К514 заглушка устанавливается в штеккерный разъем Х3.


К90 360° ФУ
3 7.5 30 75
Уст. 90°
Уст. 360°
S23
S24
S25
S26
S27
S28
ВНУТР
ФАЗОИЗМЕРИТЕЛЬ
ВОЛЬТМЕТР
ФАЗА СО
НАПРЯЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ
РЕЖИМ РАБОТЫ
S29
S30
S31
К515
Блок-приставка
нормальный


S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
сброс
АМПЕРВОЛЬТМЕТР
S9
T1
S10
S11
S12
S13
К513
Блок регулировочный


ЗАКОРОЧЕНО
S15
К514
Блок нагрузочный
S16
S17
S18
S19
S20
S21
ТДК

а)

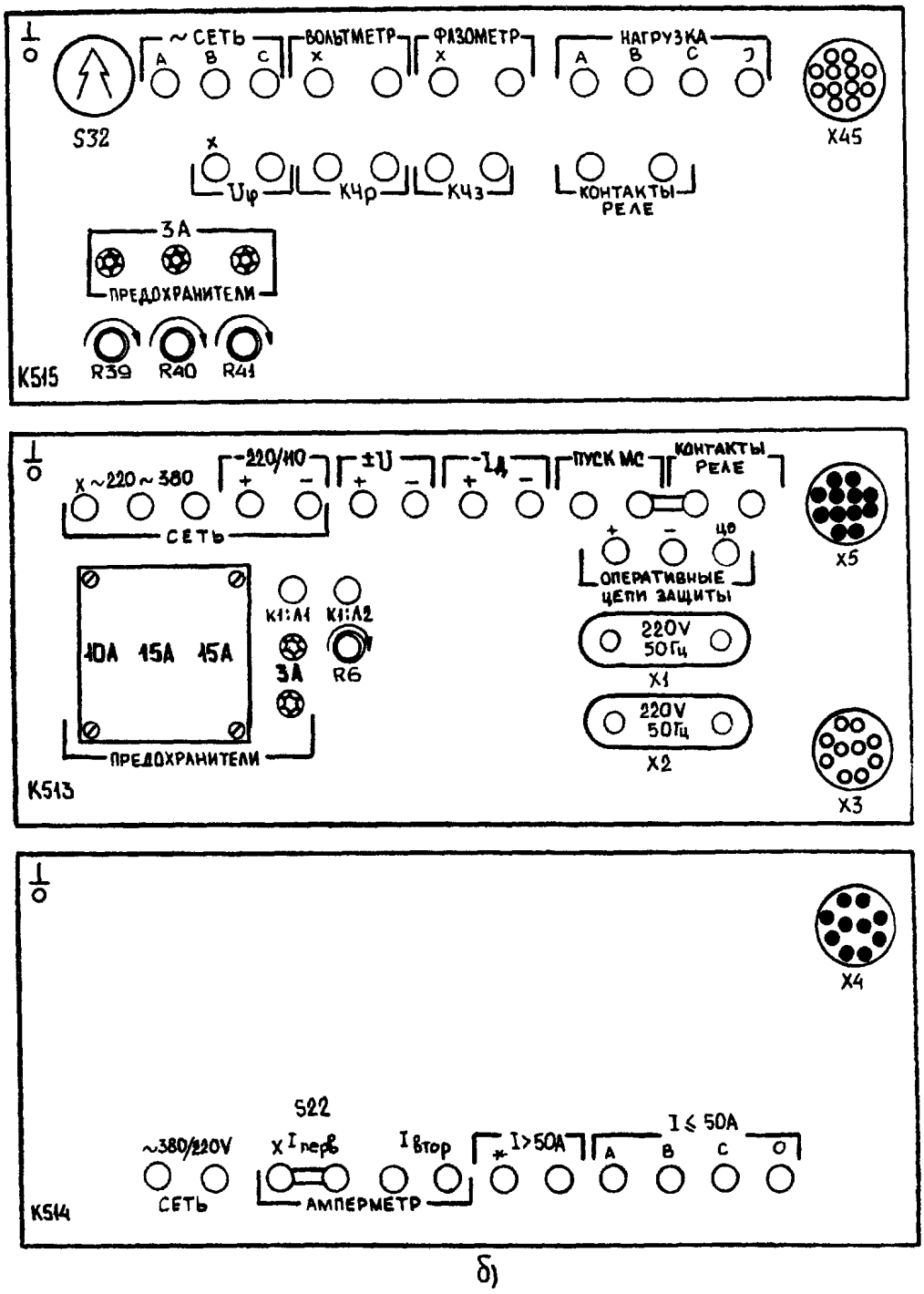


Рис.1. Комплектное устройство У5053 а - лицевая сторона; б - задняя сторона

1.2. Устройство У5053 обеспечивает получение на выходных выводах электрических величин в пределах, указанных в табл.1.

Таблица 1

Способ регулирования, род напряжения и тока	Режим нагрузки		Длительность включения, мин	Подключение нагрузки
	Напряжение, В	Ток, А		
1. Плавноступенчатое регулирование переменного однофазного тока и напряжения	380 380 330	3 5 10	30 1 0,5	"≂ U" блока К513
2. Плавноступенчатое регулирование постоянного (выпрямленного со сглаживанием) напряжения и тока	240 220 110 -	0,06 0,6 1,0 4,5	30 5 5 1	"≂ U" блока К513
3. Нерегулируемое постоянное выпрямленное напряжение со сглаживанием (как источник оперативного тока)	210 220	1,0 0,65	5	"≂ U" блока К513
4. Плавно регулируемый выпрямленный ток без сглаживания	-	4,5	5	"-$T_д$" блока К513
5. Плавно-ступенчатое регулирование переменного однофазного тока	112 54 30 12 250	35 67,5 150 240 10	0,5	$I \leq 50$А" или $I > 50$А" блока К514 в зависимости от значения тока
6. Нерегулируемое трехфазное симметричное напряжение	110	До 2	60	"Нагрузка А, В, С, 0" блока К515
7. Регулируемое напряжение между отдельными фазами	0-110	До 2	60	"Нагрузка А, В, С, 0" блока К515

1.3. С помощью устройства возможно проводить измерение электрических и временных параметров и имитацию различных режимов:

а) измерение времени срабатывания, возврата и длительности замкнутого состояния контактов реле проверяемого устройства встроенным секундомером и внешним миллисекундомером;

б) проверку однополярных выводов последовательной и параллельной обмоток реле постоянного тока;

в) регулировку и измерение угла сдвига фаз от 0° до 360° между "аварийным" напряжением и током (для проверок устройства РЗА с фазозависимыми характеристиками), между двумя токами (для проверок дифференциальных защит с торможением*), между двумя напряжениями (для проверок реле контроля синхронизма, устройств блокировок при неисправностях в цепях напряжения);

---

* В данном случае изменение угла между двумя токами производится ступенями через 30° путем подключения соответствующей фазы напряжения питающей сети к блоку К514.

г) снятие фазных характеристик полукомплектов дифференциально-фазных защит линий электропередачи;

д) имитацию двухфазных и трехфазных коротких замыканий с возможностью одновременной подачи напряжения неповрежденной фазы и измерением параметров аварийного режима. Возможна также имитация других аварийных режимов (с использованием реле К4, К3 блока К515, последовательно включаемых в цепи тока и напряжения проверяемого устройства РЗА);

е) подачу выпрямленного нерегулируемого напряжения 220 В (как источника оперативного напряжения) с возможностью проведения имитаций режимов по переменному току и напряжению и измерений электрических и временных параметров. Возможна также подача к устройству РЗА постоянного оперативного напряжения аккумуляторной батареи или внешнего блока питания через блок К514 (с использованием переключателя, предохранителей и сигнализации о поданном напряжении);

ж) измерение с помощью фазометра блока К515 угла между внешним напряжением значением от 3 до 150 В и током, получаемым от блока К514. Например, для измерения угла сдвига фаз между током на входе и напряжением на выходе органа манипуляции дифференциально-фазных защит, для измерения угла сдвига фаз между напряжениями первичной и вторичных обмоток трансформаторов подпитки в дистанционных защитах, при проверках реле контроля синхронизма (в последних двух случаях поочередно измеряются углы сдвига фаз между напряжениями и опорным током блока К514) и т.п.

1.4. Точность встроенных в устройство измерительных приборов характеризуется данными табл. 2, 3.

Таблица 2

Вид погрешности	Значение погрешности, %	
	Измеритель тока и напряжения блока К513	Измеритель напряжения блока К515
Предел допустимой основной погрешности на всех отметках рабочей части шкалы в диапазоне частот 50÷0,5 Гц и на постоянном токе, от конечного значения рабочей части шкалы (класс точности)	±2,5	±1,5
Вариация показаний, не более	±2,5	±1,5
Предел допустимой дополнительной погрешности, вызванной отклонением от вертикального положения на 5° в любом направлении, не более	±2,5	±1,5

Таблица 3

Вид погрешности	Значение погрешности (град.) измерителя угла сдвига фаз блока К515 со шкалой	
	90°	360°
Предел допустимой основной погрешности на всех отметках рабочей части шкалы в диапазоне токов 0,3-30 А, напряжений 3-150 В, частоте 50 Гц при синусоидальной форме кривой тока и напряжения	±5	±10
Вариация показаний, не более	5	10
Предел допустимой дополнительной погрешности, вызванной отклонением от вертикального положения на 5° в любом направлении, не более	±5	±10

Погрешность электросекундомера ПВ-53Щ, встроенного в блок К513, при номинальной частоте составляет:

±0,03 с - при измерениях до 3 с;

±0,05 с - при измерениях от 3 до 10 с.

Класс точности измерительного трансформатора тока 0,5.

1.5. Упрощенная структурная схема устройства приведена на рис. 2. В состав устройства входят:

а) блок плавноступенчатого регулирования напряжения, включающий в себя фазорегулятор $\varphi_Р$ и регулировочные трансформаторы Т5, Т6, коммутационные ключи, вольтметр и фазометр (эти элементы размещены в блоке К515, трансформатор Т6 в упрощенной структурной схеме не показан);

б) блок плавноступенчатого регулирования тока и напряжения, включающий трансформаторы Т1, Т2, цепи выпрямления и сглаживания тока и напряжения, коммутационные ключи, амперВольтметр (эти элементы размещены в блоке К513), нагрузочный трансформатор Т3, коммутационные ключи и измерительный трансформатор тока Т4 в блоке К514;

в) цепи управления устройством и измерения временных параметров.

1.6. К выводам, расположенным на задних панелях блоков (рис. 1,б), могут быть подключены следующие цепи:

а) СЕТЬ А, В, С - трехфазное напряжение 380 и 220 В (в зависимости от положения переключателя S32) для питания устройства при одновременном использовании трех блоков или при отдельном использовании блока К515 для получения трехфазного нерегулируемого напряжения 110В с возможностью измерения его фазы;

б) НАГРУЗКА А, В, С, О* - цепи напряжения проверяемого устройства РЗА;

---

* Для исключения ошибок при измерении напряжения, подводимого к устройству РЗА, рукоятки резисторов R39-R41, имитирующих сопротивление соединительных кабелей цепей напряжения, должны быть установлены в крайнее левое положение против часовой стрелки, если указанная имитация не требуется. При имитациях "напряжения влияния" резисторы R39-R41 должны быть введены.

в) ВОЛЬТМЕТР И ФАЗОМЕТР - для подключения выносных приборов, измеряющих параметры "аварийного" режима;

г) $U\varphi$ - внешнее напряжение, подаваемое на фазоизмеритель;

д) $КЧ_Р$ и $КЧ_З$ - используются для управления цепями (тока, напряжения и оперативными), подводимыми к проверяемому устройству РЗА;

е) КОНТАКТЫ РЕЛЕ - контакты проверяемого реле для фиксации его положения с помощью светодиода блока К5415;

ж) ~220 ~380 - использование только в устройстве У5052 для запитки устройства;

з) -220/110 - цепи оперативного напряжения (п. 1.3,е данного приложения);

и) ≂U - используются для съема регулируемого переменного напряжения от 0 до 380 В, выпрямленного напряжения от 0 до 240 В, выпрямленного тока до 4,5 А, нерегулируемого выпрямленного напряжения 220 В для питания оперативных цепей защиты, переменного тока до 10 А, для подачи внешнего напряжения на амперВольтметр (например при проверках реле контроля синхронизма);

к) $I_Д$ - последовательные обмотки промежуточного реле постоянного тока;

л) ПУСК МС - пусковые цепи миллисекундомера (замыкающий контакт устройства, действующий на пуск миллисекундомера). При этом перемычка S14 должна быть снята;

м) КОНТАКТЫ РЕЛЕ - контакты проверяемого реле для фиксации его состояния (светодиодом блока К513) или измерения времени действия электросекундомером (перемычка S14 - установлена);

н) ОПЕРАТИВНЫЕ ЦЕПИ ЗАЩИТЫ:

± - для подачи к цепям защиты напряжения, поданного на выводы -220/110;

ЦО, + вывода ОПЕРАТИВНЫЕ ЦЕПИ ЗАЩИТЫ или ЦО, + вывода - контакт выходного реле проверяемого устройства, который замыкается кратковременно, для возможности снятия показаний с электросекундомера;

о) 220 V 50 Гц - внешние приборы (осциллограф, ламповый вольтметр, паяльник и т.п.); напряжение на этих розетках появляется только при включении переключателя S1O при запитке устройства от напряжения 380 В и независимо от положения этого переключателя при питающем напряжении 220 В;

п) СЕТЬ ~380/220 V - используется для подачи питающего напряжения при самостоятельном использовании блока К514 в качестве источника однофазного тока и для снятия выходного напряжения блока К513, например, при проверках реле контроля-синхронизма и др.;

р) АМПЕРМЕТР:

$I_{ПЕРВ}$ - для подключения выносного амперметра в первичную цепь тока, подводимого к проверяемому устройству РЗА, в остальных случаях перемычка S22 должна быть замкнута;

$I_{ВТОР}$ - выносной амперметр, подключаемый во вторичную цепь измерительного трансформатора тока (в этом случае переключатель S6 следует установить в одно из положений) или "$\simeq I$" или "–U";

с) I > 50* - токовая цепь проверяемого устройства РЗА с потребляемым током от 0 до 240А;

т) I ≤ 50* - токовые цепи проверяемого устройства РЗА с потребляемым током от 0 до 50А.

---

* К этим зажимам может быть подключен также низкоомный реостат для получения дополнительного источника напряжения.

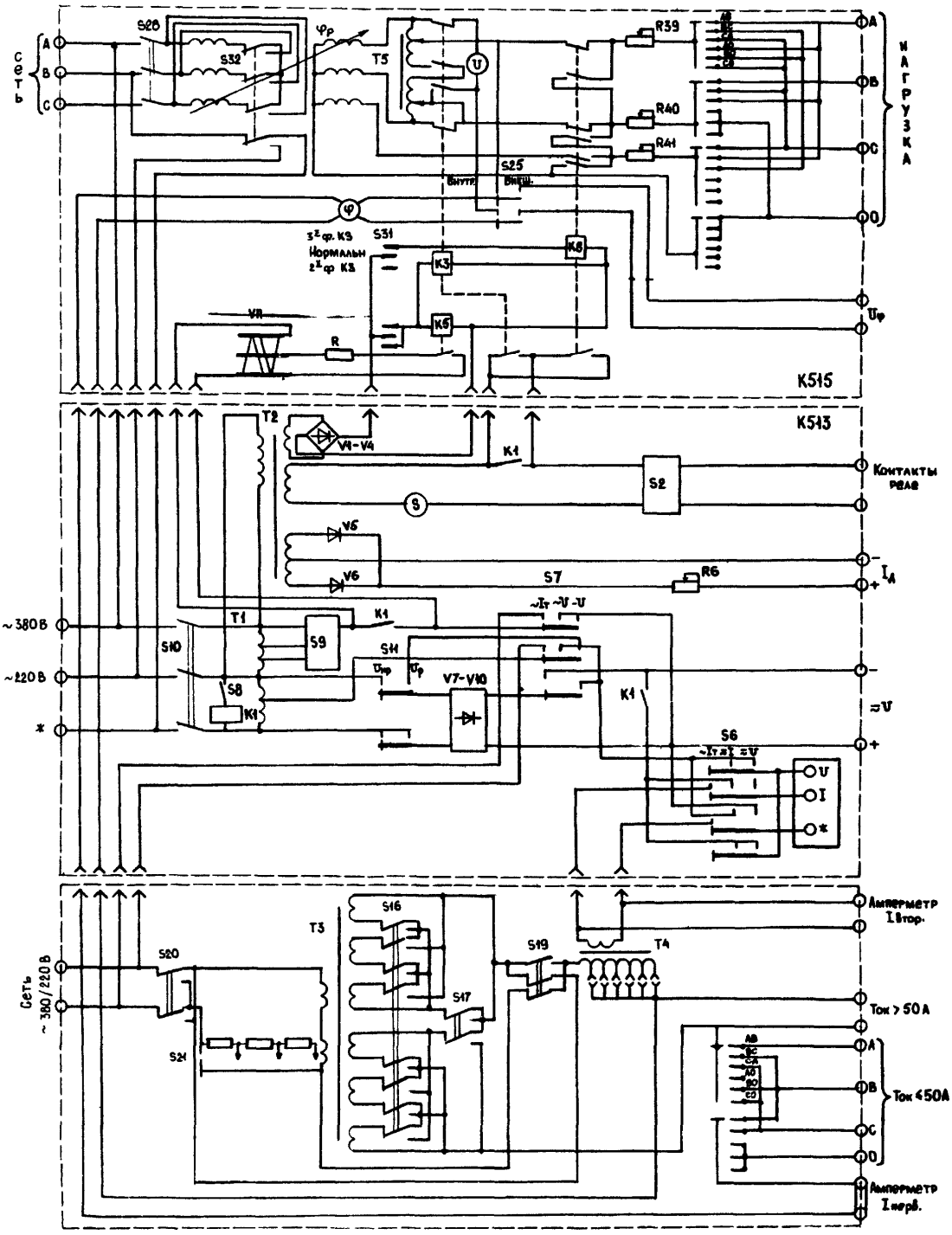


Рис.2. Упрощенная структурная схема электрических соединений устройства У5053

1.7. Управление устройством осуществляется с помощью выведенных на лицевые панели блоков переключателей и регулировочных и сигнальных элементов рис. 1,а, имеющих следующее назначение:

а) S28 - сетевой выключатель, подающий напряжение на первичную обмотку фазорегулятора блока К515;

б) СЕТЬ блока К515 - лампа сигнализации наличия напряжения на вторичной обмотке фазорегулятора (между фазами А и В);

в) S26 - переключатель выбора фаз, к которым подводится "аварийное" напряжение с одновременным закорачиванием "отстающей" "поврежденной" фазы с "неповрежденной" фазой, при имитации междуфазных КЗ и неподанном напряжении

"неповрежденной" фазы (S29 -в положении Отк), например при подаче напряжения U_{AB} закорачиваются цепи фаз В и С;

г) S29, ФАЗА СО - переключатель подачи нерегулируемого напряжения "неповрежденной" фазы при имитации междуфазных КЗ. В положении Отк производится закорачивание цепей нагрузки (см. выше);

д) S30, НАПРЯЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ - переключатель подачи в цепи напряжения проверяемого устройства при имитации трехфазных КЗ напряжения влияния, при этом резисторы R39-R41 должны быть введены;

е) S31, РЕЖИМ РАБОТЫ - переключатель, используемый для запуска секундомера и имитации режимов двухфазного КЗ (подано напряжение двух "поврежденных" фаз с возможностью подачи напряжения "здоровой" фазы и токов поврежденных фаз), трехфазного КЗ (цепи напряжения проверяемого устройства заторочены и отделены от блока К515, ток подан в выбранные фазы), нормального режима (подано симметричное трехфазное напряжение 110 В или только две фазы - при отключении S29);

ё) S27, < $P_{ОБР}$ - переключатель отключения тока и напряжения "поврежденных" фаз, подводимых к проверяемому устройству для проверки реле мощности в режиме сброса обратной мощности;

ж) S25 - переключатель подключения фазоизмерителя к внешнему или внутреннему источнику напряжения;

з) S24 и Т5 - элементы плавноступенчатого регулирования напряжения и пределов вольтметра блока К515;

и) S23 - переключатель режимов и шкал фазоизмерителя;

к) φ - рукоятка вращения фазорегулятора;

л) S10 - главный выключатель подачи питающего напряжения на блок К513;

м) ~СЕТЬ блока К513 - лампа сигнализации наличия напряжения на входе автотрансформатора ТI блока К513;

н) S8 - переключатель управления режимами работы устройства У5052, осуществляющий подачу регулируемых параметров на выводы ≃U, на выход блока К514 и на запуск секундомера;

о) S7 РЕЖИМ РАБОТЫ - переключатель режимов блока К514:

~$I_{Т}$ - получение регулируемого переменного тока с выходных выводов блока К514 с возможностью одновременного получения нерегулируемого выпрямленного напряжения оперативного тока с выводов ≃U (S11 - в положение $U_{НР1}$ или $U_{НР2}$);

~U - получение регулируемого переменного напряжения и тока с выводов ≃U;

-U - получение регулируемых выпрямленных значений напряжения и тока с выводов ≃U;

п) АМПЕРВОЛЬТМЕТР, S6 - переключатель режимов работы амперволтметра;

~IT - подключение амперволтметра к измерительному трансформатору тока блока К514;

≃I - измерение переменного и выпрямленного тока, снимаемого с выводов ≃U, и отключение амперволтметра от вторичной обмотки измерительного трансформатора тока блока К514;

≃U - измерение переменного и выпрямленного напряжения, снимаемого с выводов ≃U, и отключение амперволтметра от вторичной обмотки измерительного трансформатора тока блока К5I4;

р) S4, S5 - переключатели пределов шкалы амперволтметра соответственно по току и напряжению, причем при подключении токовых цепей проверяемого устройства РЗА к выходным выводам блока К514 должен быть дополнительно учтен коэффициент трансформации измерительного трансформатора тока в блоке К514;

с) S3 - переключатель подачи выпрямленного тока в последовательную обмотку проверяемого промежуточного реле;

т) S2 - ключ выбора режима работы секундомера;

у) S1 - кнопка съема фиксации срабатывания выходного реле проверяемого устройства;

ф) S9, U, I, T1 - элементы плавноступенчатого регулирования блока К513;

х) S11 - переключатель режима работы блока К513 по выпрямленному току и напряжению:

$U_{НР1}$, $U_{НР2}$ - с выходных выводов блока К513 снимается нерегулируемое выпрямленное напряжение для питания оперативных цепей проверяемого устройства РЗА с током потребления соответственно около 1 А или значительно меньше 1 А;

ОТКЛ - блок в режиме выпрямленного напряжения и тока не используется;

$U_р$ - блок используется для получения выпрямленного регулируемого напряжения;

ц) S12, μF- переключатель выбора емкостей сглаживающих конденсаторов;

ч) S13 - переключатель подачи внешнего оперативного напряжения к цепям проверяемого устройства;

ш) СЕТЬ - лампа фиксации подачи внешнего оперативного напряжения к цепям проверяемого устройства;

щ) S18 - переключатель выбора фаз проверяемого устройства, к которым подводится ток;

э) Ω, S16, S17, S19 - переключатели ступенчатого регулирования тока, при этом в положении 5А переключателя происходит гальваническое разделение цепей нагрузки проверяемого устройства РЗА и напряжения сети, питающего устройство У5053;

ю) S20 - переключатель, осуществляющий реверс тока, подводимого к проверяемому устройству РЗА;

я) S15 - выбор коэффициента трансформации измерительного трансформатора тока.

1.8. При работе с устройством У5053 следует соблюдать меры предосторожности, связанные с особенностями схемы и конструкции устройства:

а) в связи с тем, что питание реле, управляющих режимами работы блока К515, осуществляется от блока К514 (см. рис.2), следует строго соблюдать порядок включения и отключения устройства. При включении сначала включать переключатель S10, а затем S18, а отключение производить в обратном порядке (в противном случае возможно скачкообразное изменение напряжения на выводах НАГРУЗКА А, В, С, 0 до 110В);

б) во избежание КЗ в питающей устройство У5053 сети переменного напряжения необходимо снять заземление в цепях тока проверяемого устройства перед установкой переключателя, S19 в положение 1А.

2. Устройство ЭУ5001

2.1. Устройство ЭУ5001 так же, как и У5053, состоит из трех блоков (ФР5000 - блок регулировочный, ФМ5000 - блок нагрузочный, ФП5000 - блок-приставка) и является усовершенствованной разработкой комплектного устройства У5053. Выпускается также устройство ЭУ5000 в составе двух блоков: ФР5000 и ФМ5000 для проверки простых защит.

Кроме всех функций, выполняемых устройством У5053, в устройстве ЭУ5001 дополнительно предусмотрена возможность проверки временных характеристик и создания режимов опробования существующих панелей АПВ в полной схеме, в том числе:

а) плавное регулирование напряжения одной фазы в аварийном режиме (имитация однофазного КЗ) с сохранением симметричности регулируемого "аварийного" напряжения по отношению к двум другим "неповрежденным" фазам;

б) создание режимов, имитирующих успешное ОАПВ (прекращение подачи аварийных параметров через заданное время), КЗ в цикле ОАПВ и неуспешное ОАПВ), обеспечивается двукратной подачей аварийных параметров);

в) возможность дистанционного управления второй установкой ЭУ5001, например для одновременного управления дифференциально-фазной защитой и устройством АПВ;

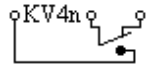
г) возможность дистанционного управления второй установкой с помощью замыкающих контактов какого-либо устройства РЗА.

Для реализации возможностей, указанных в п.2.1,а настоящего приложения, при имитации однофазных КЗ выполнено переключение первичных обмоток автотрансформатора TV4 и измерительных приборов с напряжения фаз АВ на напряжение фаз АО цепей ротора фазорегулятора.

Для реализации возможностей, предусмотренных в пп.2.1,б-г настоящего приложения, выполнены изменения в схемах устройствах, показанные на рис.33.

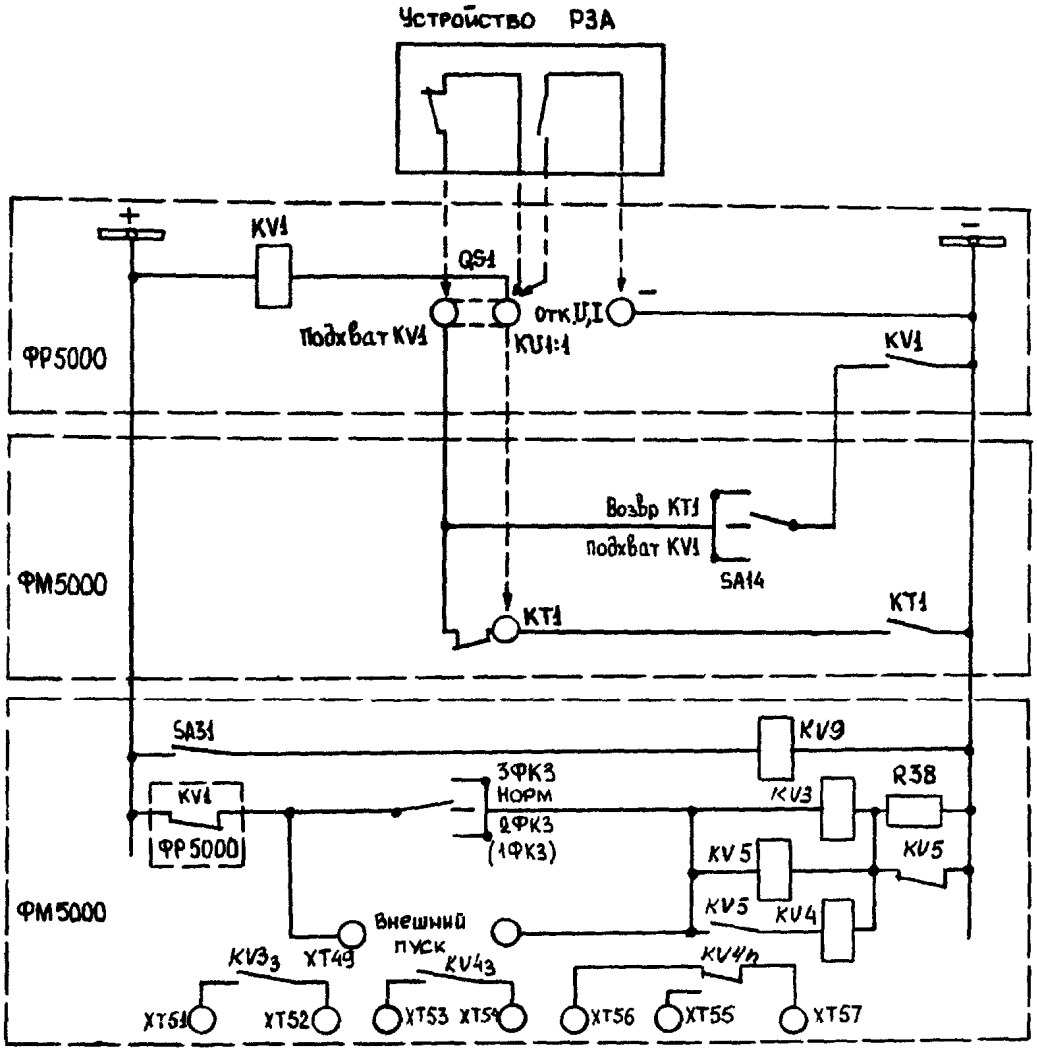
2.2. На рис.4 приведены лицевая и задняя стороны устройства ЭУ5001. К выводам, расположенным на задних панелях блоков (рис.4,б), могут быть подключены следующие цепи (приводятся только измененные или отсутствующие выводы в устройстве У5053):

а) ФАЗОМЕТР *а, в, n* - для подключения выносного фазометра. При имитации двухфазных КЗ цепи напряжения фазометра подключаются к выводам *а, в*, а при имитации однофазных КЗ - к выводам *а, n*;

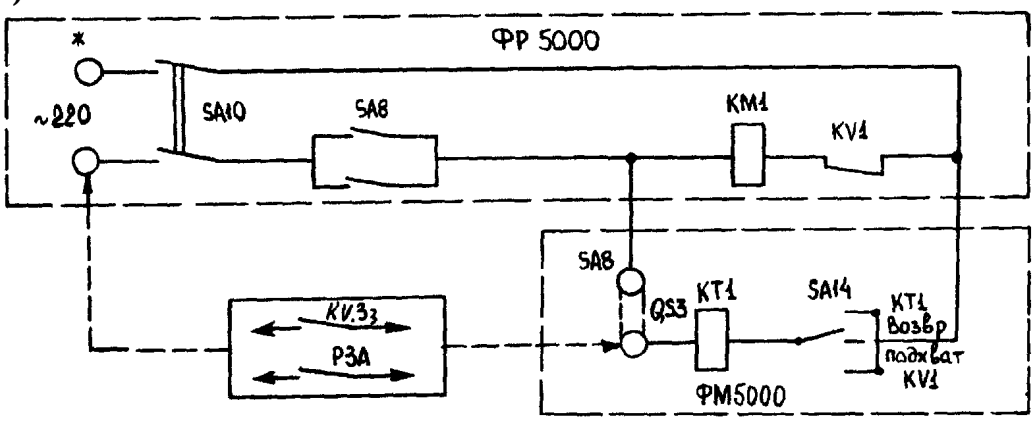
б) $KV4_3$  - соответствует выводам К43 устройства У5053;

в)

- для возможности размыкания и замыкания цепей проверяемой защиты, например, для размыкания цепи обмотки пусковых реле дифференциально-фазных защит при имитации трехфазных коротких замыканий с обеспечением кратковременного (7-9 мс) режима асимметрия;



а)



б)

Рис. 3. Схема имитации режимов ОАПВ установки ЭУ5001: а - схема дистанционного управления ЭУ5001: б - схема управления реле времени КТ1 блока ФМ5000

г) KV3 — для дистанционного управления второй установкой ЭУ5001. В этом случае эти выводы соединяются с выводами ВНЕШНИЙ ПУСК управляемой установки для имитации КЗ на заданное время (в пределах 0,1-9,9 с). Указанные выводы подключаются к выводам ~220 и КТ1 при снятой перемычке QS3 , установленной перемычке QS1 и установке переключателя SA14 в положение КТ1;

д) ВНЕШНИЙ ПУСК - для дистанционного управления установкой с помощью замыкающих контактов какого-либо устройства (защита, электроавтоматики, контактов $KV3_3$ другой установки Э5001);

е) ВКЛ. HL5 - соответствует выводам КОНТАКТЫ РЕЛЕ УСТРОЙСТВА У5053;

ж) ПОДХВАТ KV1, KV1:*в* — *откл I, U*:

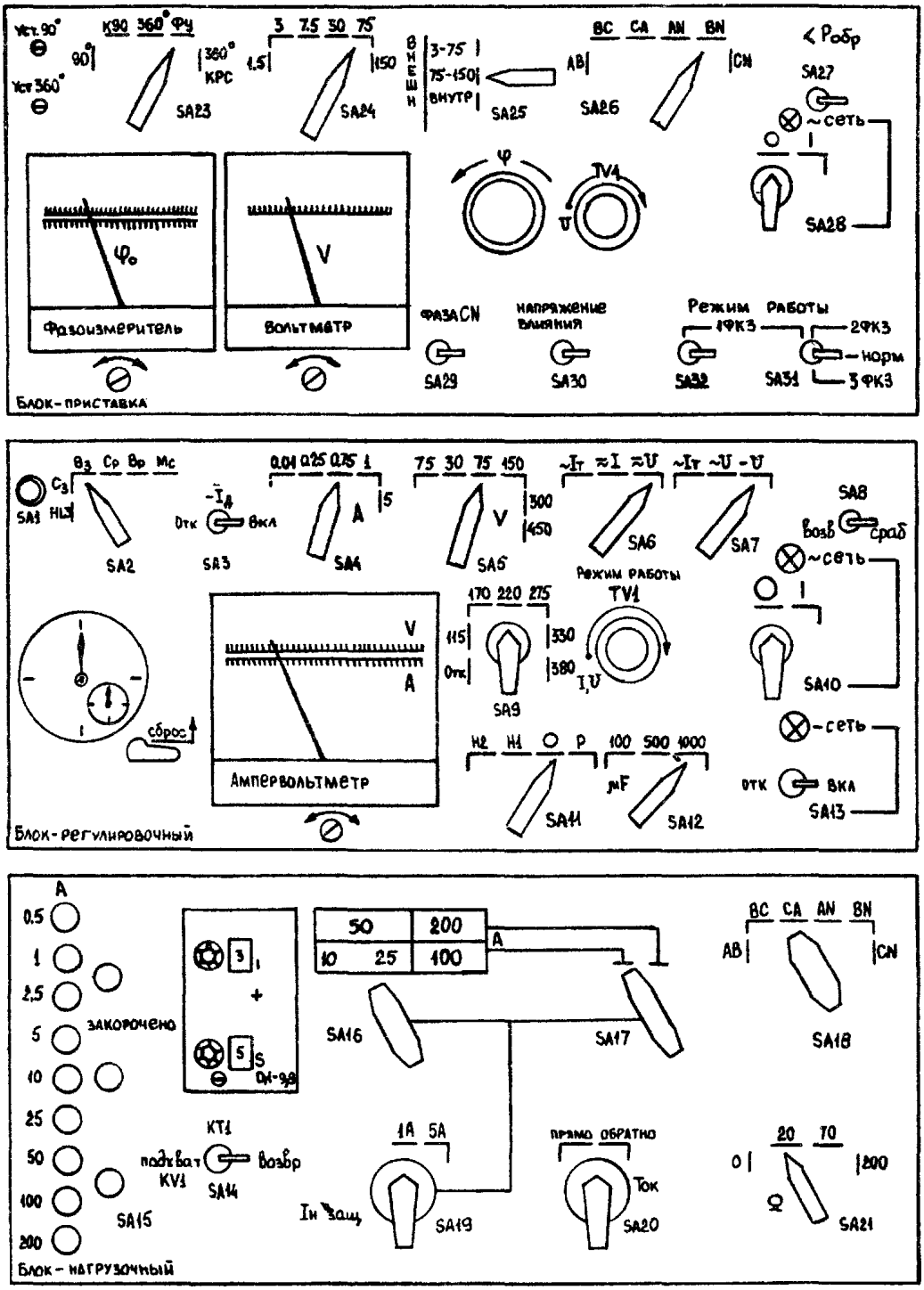
для автоматической имитации аварийного режима "Неуспешное ОАПВ". Для этого при снятой перемычке QS1 на зажимы KV1:*в* и ПОДХВАТ KV1 подключается размыкающий контакт включающего реле ОАПВ;

для автоматического прекращения аварийного режима, например при имитации успешного ОАПВ. Для этого замыкающий контакт проверяемой защиты подключается на зажимы ОТКЛ I, U(KV1:*в* и-) при установленной перемычке QS1;

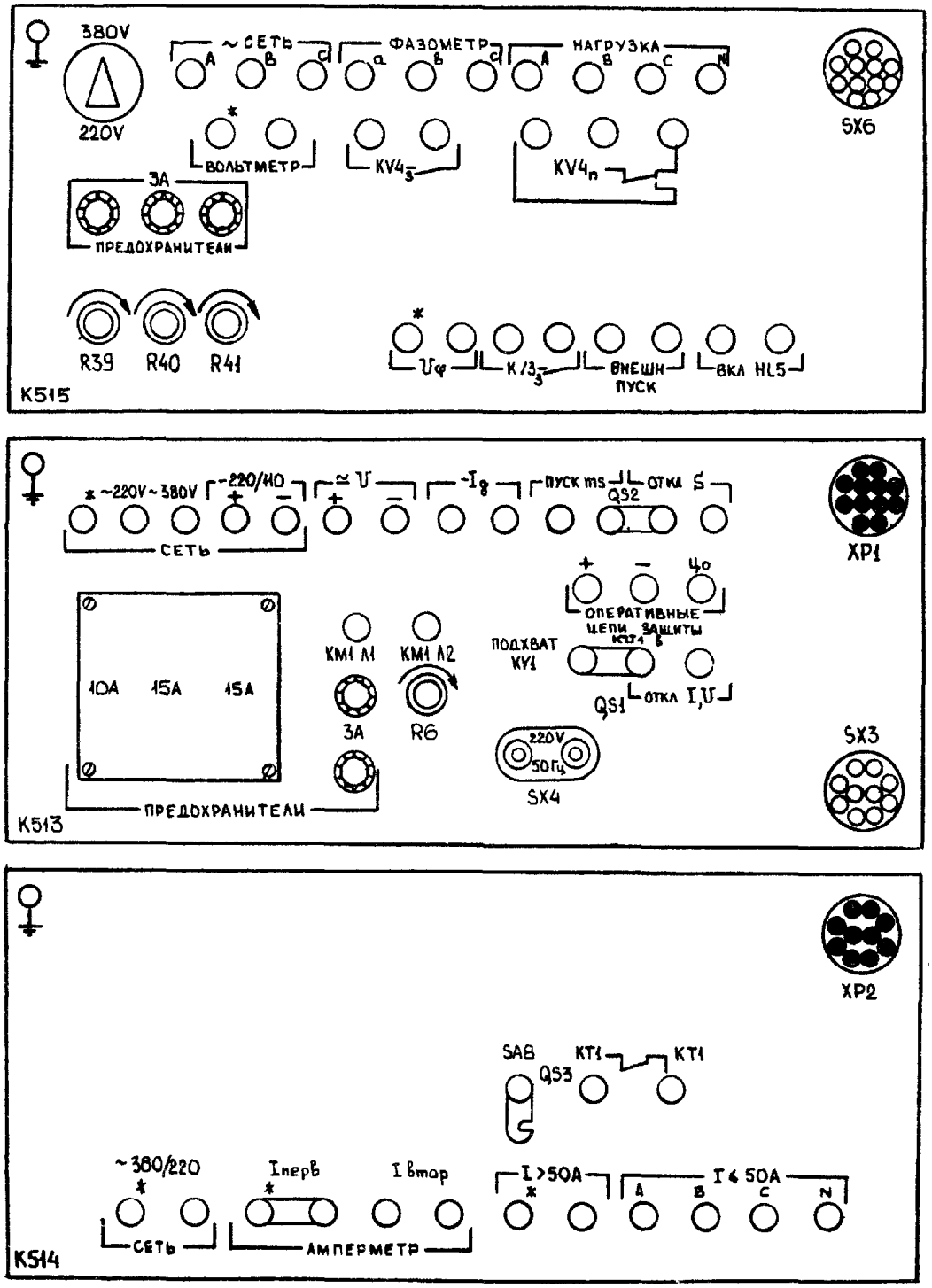
для имитации КЗ на заданное время (см.п.2.2,г). Для этого устанавливается перемычка QS1, для имитации режима "Повреждение в цикле ОАПВ". Для этого при снятой перемычке QS1 и установленной перемычке между выводами KV1:*в* и КТ1 на выводы - и ПОДХВАТ KV1 подключить контакты выходного реле ОАПВ, действующего на отключение поврежденной фазы (переключатель SA14 в положении КТ1);

з) SA8, КТ1 - для автоматического прекращения или повторной подачи аварийных параметров тока и напряжения по истечении заданного времени, устанавливаемого с помощью реле КТ1. Для этого перед включением переключателя SA8 устанавливается перемычка QS3, переключатель SA14 переводится в положение КТ1. Во всех остальных случаях перемычка QS3 остается разомкнутой;

и) КТ1 см. п.2.2, ж.


Уст.90°
Уст.360°
90°
К90 360° Фч
360° КРС
SA23
3 7.5 30 75
1.5
150
SA24
ВНЕШ
3-75
75-150
ВНУТР
SA25
ВС СА АN ВN
АВ
СN
SA26
< Робр
SA27
~сеть
SA28
φ
TV4
U
φo
Фазоизмеритель
V
Вольтметр
ФАЗА СN
SA29
Напряжение вынания
SA30
Режим работы
1ФКЗ
2ФКЗ
норм
3ФКЗ
SA32
SA31
Блок-приставка
Θз Ср Θр Мс
Сз
SA1 HL1
SA2
-Iд
Откл Вкл
SA3
0.01 0.25 0.75 1
5
A
SA4
75 30 75 150
300
450
V
SA5
~Iт ≈I ≈U
SA6
~Iт ~U -U
SA7
SA8
Возв Сраб
~сеть
SA10
Режим работы
TV1
170 220 275
115
330
Откл
380
I,U
SA9
V
A
сброс
Ампервольтметр
Hz Hl O P
100 500 1000
μF
SA11
SA12
~сеть
Откл Вкл
SA13
Блок-регулировочный
A
0.5
1
2.5
5
10
25
50
100
200
закорочено
SA15
3
1
+
5
S
DM-98
50 200
10 25 100
A
SA16
SA17
ВС СА АN ВN
АВ
СN
SA18
КТ1
подхват
KV1
возвр
SA14
1A 5A
Iн защ
SA19
прямо обратно
Ток
SA20
20 70
0
200
Ω
SA21
Блок-нагрузочный

а)



б)

Рис.4. Комплектное устройство ЭУ5001:
а - лицевая сторона; б - задняя сторона

2.3. Управление устройством осуществляется с помощью выведенных на лицевые панели блоков переключателей, регулировочных и сигнальных элементов (рис.4,а) имеющих следующие назначения (приводятся только измененные или отсутствующие элементы в устройстве У5053):

а) SA32 РЕЖИМ РАБОТЫ 1ФКЗ - для подачи регулируемого фазного напряжения, симметричного относительно неповрежденных фаз. При этом:

SA32 устанавливается в положение 1ФКЗ;

SA31 - в положение 2ФКЗ (1ФКЗ);

SA29 - в положение ФАЗА С, N;

SA26 - в зависимости от выбранной фазы нагрузки, к которой подводится регулируемое напряжение;

б) SA14 - для организации работы схемы подачи аварийных параметров тока и напряжения к устройству при проверке режимов ОАПВ. При этом в различных режимах обеспечивается:

КТ1 - подача или снятие аварийных параметров через выдержку времени на срабатывание реле КТ1;

ВОЗВРАТ - схема выведена из работы;

ПОДХВАТ KV1 - аварийные параметры снимаются после срабатывания защиты на отключение. Реле КТ1 не используется,

в) реле времени ВЛ-69УЗ с диапазоном регулировки времени срабатывания 0,1-9,9 с - для ограничения продолжительности подачи аварийных параметров тока и напряжения и для повторной подачи аварийных параметров через заданное время.

Список рекомендуемой литературы

1. ИНСТРУКЦИЯ для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем **РД 34.35.502.**

4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

4.1. Методические указания по проведению самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов включает изучение лекционного материала и дополнительной литературы по дисциплине при подготовке к занятиям, работу в библиотеке, написание отчета по лабораторным работам и сдачу зачета. Контроль степени усвоения материала осуществляется с помощью вопросов для самопроверки. Также на каждой лекции предусмотрен 15 минутный опрос студентов по ранее (и самостоятельно) изученному материалу.

Тема 1.

Вопросы для самопроверки.

1. Требования к техническим средствам к МП РЗА
2. Требования к программному обеспечению к МП РЗА
3. Требования к оперативным элементам местного контроля, управления и сигнализации состояния МП РЗА
4. Требования к объему регистрации, хранению, протоколированию и периодичности выдачи информации на верхний уровень АСУ ТП
5. Требования к регистрации аварийных событий
6. Требования к надежности к МП РЗА
7. Требования к интерфейсам связи с верхним уровнем АСУ ТП и протоколам обмена данными к МП РЗА
8. Требования к выходным контактным устройствам (управление коммутационными аппаратами, сигнализация состояния и режима работы МП РЗА)

Тема 2.

Вопросы для самопроверки.

1.Требования к климатическим внешним воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования к МП РЗА

2. Требования к внешним механическим воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования к МП РЗА

3. Требования к электрической прочности изоляции к МП РЗА

4. Требования к помехозащищенности к МП РЗА

5. Требования к условиям питания оперативным током к МП РЗА

6. Требования к конструктивному исполнению к МП РЗА

Тема 3.

Вопросы для самопроверки.

1. Требования к электробезопасности к МП РЗА
2. Требование к пожаробезопасности к МП РЗА
3. Требования к техническому обслуживанию к МП РЗА
5. Требования к ремонту и ремонтопригодности к МП РЗА
6. Требования к устройствам связи с проверочными устройствами к МП РЗА

Тема 4.

1. Разработка программ работ РЗА
2. Оформление оперативной заявки РЗА
3. Подготовка к проведению работы РЗА
4. Общие требования при производстве работ РЗА
5. Подготовка устройств РЗА к включению в работу РЗА
6. Приемка устройств РЗА и включение их в работу РЗА

Тема 5.

1. Подготовительные работы РЗА
2. Внешний осмотр РЗА
3. Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры РЗА
4. Проверка схемы соединений устройства РЗА
5. Проверка изоляции РЗА
6. Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА

Тема 6.

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

2. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА

3. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме

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

5. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением РЗА

6. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением

4.2. График самостоятельной учебной работы студентов

График самостоятельной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля показан ниже. В пункте 3.1 более подробно расписано содержание самостоятельной работы студентов.

№	Содержание самостоятельной работы, литература	Объем, часы	Формы контроля	Сроки, недели
1	2	3	4	5
1	Цель и задачи дисциплины, связь с другими курсами. Работа с литературой: 1.Пособие для изучения правил технической эксплуатации эл. станций и сетей (электрическое оборудование).- М.: изд-во ИНАС, 2000 2.Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей / Сост. Ф. д. Кузнецов, А. К. Белотелов; Под ред. Б. А. Алексеева. — Ч. 1,2,3,4:	2	Блиц-опрос	1 неделя

	Электромеханические реле. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. — 96 с. 3. Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики. Практическое пособие. Е.Г. Дорохин, Т.Н. Дорохина.Издательство : Краснодар: Советская Кубань., 2006.448с. 4. Применение и техническое бслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электрических сетях. А. Кузнецов. Ч.2. М: 2001. 5. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.			
2	Общие обязанности оперативного персонала при обслуживании устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей. Работа с литературой: 1.Пособие для изучения правил технической эксплуатации эл. станций и сетей (электрическое оборудование).- М.: изд-во ИНАС, 2000 2.Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей / Сост. Ф. д. Кузнецов, А. К. Белотелов; Под ред. Б. А. Алексеева. — Ч. 1,2,3,4: Электромеханические реле. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. — 96 с. 3. Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики. Практическое пособие. Е.Г. Дорохин, Т.Н. Дорохина.Издательство : Краснодар: Советская Кубань., 2006.448с. 4. Применение и техническое бслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электрических сетях. А. Кузнецов. Ч.2. М: 2001. 5. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Защита по лабораторным работам	2 неделя
3	Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением. Работа с литературой: 1.Пособие для изучения правил технической эксплуатации эл. станций и сетей (электрическое оборудование).- М.: изд-во ИНАС, 2000 2.Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей / Сост. Ф. д. Кузнецов, А. К. Белотелов; Под ред. Б. А. Алексеева. — Ч. 1,2,3,4: Электромеханические реле. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. — 96 с. 3. Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики. Практическое пособие. Е.Г. Дорохин, Т.Н. Дорохина.Издательство : Краснодар: Советская Кубань., 2006.448с. 4. Применение и техническое бслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электрических сетях. А. Кузнецов. Ч.2. М: 2001. 5. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики	2	Блиц-опрос	3 неделя

	энергетических систем. 1.Пособие для изучения правил технической эксплуатации эл. станций и сетей (электрическое оборудование).- М.: изд-во ИНАС, 2000 2.Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей / Сост. Ф. д. Кузнецов, А. К. Белотелов; Под ред. Б. А. Алексеева. — Ч. 1,2,3,4: Электромеханические реле. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. — 96 с. 3. Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики. Практическое пособие. Е.Г. Дорохин, Т.Н. Дорохина.Издательство : Краснодар: Советская Кубань., 2006.448с. 4. Применение и техническое бслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электрических сетях. А. Кузнецов. Ч.2. М: 2001. 5. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.			
4	Организационные и технические мероприятия обслуживания устройств РЗА. Работа с литературой: 1.Пособие для изучения правил технической эксплуатации эл. станций и сетей (электрическое оборудование).- М.: изд-во ИНАС, 2000 2.Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей / Сост. Ф. д. Кузнецов, А. К. Белотелов; Под ред. Б. А. Алексеева. — Ч. 1,2,3,4: Электромеханические реле. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. — 96 с. 3. Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики. Практическое пособие. Е.Г. Дорохин, Т.Н. Дорохина.Издательство : Краснодар: Советская Кубань., 2006.448с. 4. Применение и техническое бслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электрических сетях. А. Кузнецов. Ч.2. М: 2001. 5. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Защита по лабораторным работам	4 неделя
5	Проверка схемы соединений устройств РЗА. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Блиц-опрос	5 неделя
6	Проверка состояния изоляции. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Защита по лабораторным работам	6 неделя
7	Обслуживание и работа с микропроцессорной базой. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и	2	Блиц-опрос	7 неделя

	электроавтоматики энергетических систем. 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.			
8	Проверка первичным потоком к.з. от специально выделенного генератора. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.		Защита по лабораторным работам	8 неделя
9	Дистанционные защиты. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Блиц-опрос	9 неделя
10	Устройство КУ-5053. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Защита по лабораторным работам	10 неделя
11	Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Блиц-опрос	11 неделя
12	Проверка взаимодействия элементов устройств РЗ и А; Проверка взаимодействия элементов схемы управления коммутационными аппаратами. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Защита по лабораторным работам	12 неделя
13	Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Блиц-опрос	13 неделя
14	Операции с РЗ и АПВ при производстве переключений в первичной схеме объема. Работа с литературой: 1. РД 34.35.502. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем.	2	Получение допуска к зачету	14 неделя

4.3. Методические указания по выполнению домашних заданий

Целью выполнения домашнего задания является самостоятельное изучение материала при подготовке к следующему занятию. Основным типом домашнего задания для данной дисциплины является оформление лабораторных работ.

4.4. Фонды домашних заданий

Домашние задания выполнены в виде перечня вопросов.

Комплект домашних вопросов.

1. Что должен хорошо знать и уметь оперативный персонал в области обслуживания устройств РЗА и вторичных цепей объекта, на котором он работает?
2. На что должен обращать внимание и что должен проверять дежурный, принимая смену и проводя осмотр устройств РЗА и оперативных цепей?
3. Каковы периодические обязанности оперативного персонала при проведении осмотра объекта?
4. Действия дежурного при срабатывании устройств РЗА.
5. Обязанности дежурного при допуске персонала службы.
6. Каково назначение указательных реле.
7. Перечислить обязанности оперативного персонала в случае выпадения сигнальных флажков реле при нарушении нормального режима.
8. Обслуживание и работа с микропроцессорной базой.
9. Как проводится проверка первичным током к.з. от специального выделенного генератора.
10. Как проводится проверка изоляции.
11. Организационные и технические мероприятия обслуживания устройств РЗ и А.
12. Проверка схемы соединений устройств РЗА.
13. Регулирование и настройка реле.
14. Обслуживание и работа с микропроцессорной базой.
15. Дистанционные защиты.
16. Проверка взаимодействия устройств РЗ и А.
17. Каковы особенности обслуживания электрических устройств АПВ?
18. Каковы содержания и последовательность операций при замене включателя присоединений обходным выключателем?
19. Каковы обязанности оперативного персонала по обслуживанию газовой защиты в нормальном режиме?
20. В каких случаях переводят действия газовой защиты с «Отключения», трансформатора на «сигнал»
21. Требования к климатическим внешним воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования
22. Требования к внешним механическим воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования
23. Требования к электрической прочности изоляции
24. Требования к помехозащищенности
25. Требования к условиям питания оперативным током
26. Требования к конструктивному исполнению
27. Требования к электробезопасности
28. Требование к пожаробезопасности
29. Требования к техническому обслуживанию
30. Требования к ремонту и ремонтопригодности
31. Требования к устройствам связи с проверочными устройствами
32. Оформление оперативной заявки
34. Подготовка к проведению работы
35. Общие требования при производстве работ
36. Подготовка устройств РЗА к включению в работу
37. Приемка устройств РЗА и включение их в работу
38. Требования к оформлению технической документации
39. Подготовительные работы

40. Внешний осмотр
42. Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры
43. Проверка схемы соединений устройства РЗА
44. Проверка изоляции
45. Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА
46. Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов
47. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА
48. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме
49. Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами
50. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением
51. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

К информационному обеспечению можно отнести следующие ресурсы:

1. Система автоматизации библиотек «IRBIS». Данная система, предназначенная для обеспечения возможности поиска информации о книжном фонде библиотеки ВУЗа. Система позволяет искать информацию о библиотечном издании по следующим критериям: ключевые слова, автор, заглавие, год издания и др.;

2. Информационная система нормативных документов «Kodeks». Система, предназначенная для поиска нормативных документов, применяемых в области энергетики.

3. Всемирная сеть InterNet. Данная сеть позволяет иметь доступ к информационным ресурсам всего мира и университета в частности. Адрес сайта Амурского государственного университета www.amusru.ru. В частности на данном сайте можно своевременно узнать о событиях в ВУЗе, получить доступ к информационным ресурсам университета, в том числе к информации об аттестации, лицензировании.

4. Локальная библиотека кафедры Энергетики «Студент». Данный ресурс представляет собой электронные варианты книжного фонда, необходимого для учебного процесса.

В процессе обучения используются электронные презентации лекций с элементами активного обучения. Перечень лекций: «Собственные нужды станций и подстанций». Использование медиапроектрора для просмотра фильмов «Электрические станции и подстанции».

6. ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ, РЕАЛЬНО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКА

В процессе изучения дисциплины «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики» студент при подготовке к домашним заданиям, к лекционным курсам использует программные продукты. Но применение этих программ происходит поверхностно, т.е. даются основные понятия. Подробное изучение этих программ проводится по дисциплине «Пакеты прикладных программ», «Математические модели».

1. На кафедре имеется программное обеспечение. Оно представляет собой программы необходимые для учебного процесса и которое может каждый студент установить себе, для освоения учебного материала на собственных персональных компьютерах.

Программы для ознакомления студентов:

1. MS Visio (2002, 2003);графический редактор
2. MathCad (2000, 2001, 2003) – система математических расчетов;
3. MatLab – система моделирования;
4. Modus – Тренажерный комплекс;
5. SDO-6 – Расчет режимов и оптимизация режимов ЭЭС;
6. RASTR, RastWin – Расчет режимов электрических систем;
7. Energy1 – Расчет сети;
8. Uchet – Учет электроэнергии;
9. Kaktys – контролирующая и обучающая программа;
10. Tkz-3000v.lut – Расчет токов короткого замыкания;
11. Runge – Расчет уравнений движения работы синхронных машин;
12. Curspm G2, Curspm G2 – Автоматизированный расчет графиков электрических нагрузок;
13. «Krnet» – Расчет технико-экономических параметров эл.сети;
14. Delphi-6.0 – система быстрой разработки программ;
15. Model – Моделирование параметров режима.

7. МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

7.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов

На лекциях проводится блиц-опрос (текущий контроль) по пройденному материалу, проверка домашнего задания. В конце семестра проводится экзамен (вопросы к экзамену приведены ниже в пункте 6.3).

План проведения блиц-опроса:

1. Напоминается тема предыдущего занятия;
2. Студентам задается 4 – 5 вопросов по предыдущей теме занятия;
3. Проводится анализ полученных ответов.

7.2. Фонд заданий (для блиц-опроса)

Блиц-опрос №1.

Вопросы .

1.Требования к климатическим внешним воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования к МП РЗА

2. Требования к внешним механическим воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования к МП РЗА

3. Требования к электрической прочности изоляции к МП РЗА

4. Требования к помехозащищенности к МП РЗА

Блиц-опрос №2.

Вопросы.

1. Требования к условиям питания оперативным током к МП РЗА
2. Требования к конструктивному исполнению к МП РЗА
3. Требования к электробезопасности к МП РЗА
4. Требование к пожаробезопасности к МП РЗА

Блиц-опрос №3.

Вопросы.

1. Требования к техническому обслуживанию к МП РЗА
2. Требования к ремонту и ремонтопригодности к МП РЗА
3. Требования к устройствам связи с проверочными устройствами к МП РЗА
4. Разработка программ работ РЗА

Блиц-опрос №4.

Вопросы .

1. Оформление оперативной заявки РЗА
2. Подготовка к проведению работы РЗА
3. Общие требования при производстве работ РЗА
4. Подготовка устройств РЗА к включению в работу РЗА
5. Приемка устройств РЗА и включение их в работу РЗА

Блиц-опрос №5.

Вопросы.

1. Подготовительные работы РЗА
2. Внешний осмотр РЗА
3. Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры РЗА
4. Проверка схемы соединений устройства РЗА

Блиц-опрос №6

Вопросы.

1. Проверка изоляции РЗА
2. Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА
3.Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов РЗА
4. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА

Блиц-опрос №7

Вопросы.

1. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме
2. Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами
3. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением РЗА
4. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением

7.3. Итоговый контроль

В конце семестра проводится зачет.

Контрольные вопросы по дисциплине «Наладка и эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики»

Билет № 1

1.Что должен хорошо знать и уметь оперативный персонал в области обслуживания устройств РЗА и вторичных цепей объекта, на котором он работает?

2. Требование к пожаробезопасности

Билет № 2

1.На что должен обращать внимание и что должен проверять дежурный, принимая смену и проводя осмотр устройств РЗА и оперативных цепей?

2. Приемка устройств РЗА и включение их в работу

Билет № 3

1.Каковы периодические обязанности оперативного персонала при проведении осмотра объекта?

2. Подготовка устройств РЗА к включению в работу

Билет № 4

1.Каковы периодические обязанности оперативного персонала при проведении осмотра объекта?

2. Требования к техническому обслуживанию

Билет № 5

1.Обязанности дежурного при допуске персонала службы.

2. Оформление оперативной заявки

Билет № 6

1.Каково назначение указательных реле.

2. Общие требования при производстве работ

Билет № 7

1.Перечислить обязанности оперативного персонала в случае выпадения сигнальных флажков реле при нарушении нормального режима.

2. Требования к электробезопасности

Билет № 8

1.Обслуживание и работа с микропроцессорной базой.

2. Требования к оформлению технической документации

Билет № 9

1. Как проводится проверка первичным током к.з. от специального выделенного генератора.

2. Требования к конструктивному исполнению

Билет № 10

1.Как проводится проверка изоляции.

2. Внешний осмотр

Билет № 11

1. Организационные и технические мероприятия обслуживания устройств РЗ и А.

2.Требования к условиям питания оперативным током

Билет № 12

1.Проверка схемы соединений устройств РЗА.

2.Требования к помехозащищенности

Билет № 13

1.Регулирование и настройка реле.

2.Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры

Билет № 14

1.Обслуживание и работа с микропроцессорной базой.

2.Проверка схемы соединений устройства РЗА

Билет № 15

1.Дистанционные защиты.

2.Проверка изоляции

Билет № 16

1.Проверка взаимодействия устройств РЗ и А.

2.Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА

Билет № 17

1.Каковы особенности обслуживания электрических устройств АПВ?

2.Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА.

Билет № 18

1.Каковы содержания и последовательность операций при замене включателя присоединений обходным выключателем?

2.Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме аппаратами

Билет № 19

1.Требования к климатическим внешним воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования.

2.Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными а

Билет № 20

1.Требования к внешним механическим воздействующим факторам в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования

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

Билет № 21

1.Требования к электрической прочности изоляции

2.Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением

8. КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ КАДРАМИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА

Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Зачет
Доцент кафедры Энергетики Ротачева Алла Георгиевна	Доцент кафедры Энергетики Ротачева Алла Георгиевна	Доцент кафедры Энергетики Ротачева Алла Георгиевна	Доцент кафедры Энергетики Ротачева Алла Георгиевна

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебно-методический комплекс ориентирован на оказание помощи студентам очной формы обучения по специальности 140203 – «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для формирования фундаментальных знаний обо всех разделах энергетики и их взаимосвязях, об энергетических системах, наладки и эксплуатации РЗ и А, происходящих в них процессах.

В данном учебно-методическом комплексе отражены полные вопросы: показана рабочая программа дисциплины; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов; предложен краткий конспект лекций по данному курсу; методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и домашних занятий; показан перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности студентов; комплекты заданий для домашних заданий; контрольные вопросы к зачету; карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.