

Проект

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«МОСКОВСКАЯ ОБЪЕДИНЕННАЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ»**

«Утверждаю»

Главный инженер ОАО «МОЭСК»

_____ **А.В.Майо**

ров

« ____ » _____ 2009 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по диагностике системы оперативного постоянного тока
на электрических подстанциях**

Москва, 2009 г.

Разработано

Московский энергетический институт (Технический университет),
ООО «Научно-производственная фирма Электротехника: наука и практика» (НПФ ЭЛНАП).

Исполнители

К.т.н. Борисов Р.К. (НПФ ЭЛНАП), к.т.н. Гусев Ю.П. (МЭИ), к.т.н.
Жуликов С.С. (НПФ ЭЛНАП).

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
	Введение.....	4
1.	Область применения.....	4
2.	Нормативные ссылки.....	4
3.	Термины и определения.....	5
4.	Сокращения и обозначения.....	7
5.	Основные положения	8
6.	Методика проведения измерений для определения состояния системы оперативно- го постоянного тока.....	8
6.1	Исполнительная схема, визуальный осмотр.....	8
6.2	Измерение токов короткого замыкания.....	9
5.3	Проверка состояния аккумуляторной батареи.....	10
5.4	Проверка работоспособности зарядных устройств.....	11
5.5	Проверка работоспособности защитных коммутационных аппаратов....	16
5.6	Проверка работоспособности устройств контроля изоляции и поиска «зем- ли».....	18
5.7	Проверка выполнения условий ЭМС.....	19
5.8	Измерение ёмкости сети на «землю».....	20
6.	Методика проведения расчётов для определения состояния системы оперативного постоянного тока.....	30
6.1.	Расчёт токов короткого замыкания.....	31
6.2.	Расчёты по проверке селективности защитных аппаратов.....	31
7.	Анализ результатов измерений и расчётов.....	33
7.1.	Анализ исполнительной схемы СОПТ.....	35
7.2.	Анализ отключающей способности защитных аппаратов.....	35
7.3.	Анализ чувствительности защитных аппаратов.....	36
7.4.	Анализ состояния защитных аппаратов.....	37
7.5.	Анализ термической стойкости и невозгораемости проводов и кабе- лей.....	38
7.6.	Анализ состояния контактных соединений.....	38
7.7.	Анализ селективности защитных аппаратов.....	41
8.	Форма представления результатов.....	42
9.	Меры безопасности при проведении работ.....	45
10.	Периодичность проведения работ по диагностике СОПТ подстанций....	45
	Приложение А. Типовое Техническое задание на проведение работ по диагностике СОПТ подстанций.....	
	Приложение Б. Типовая Исполнительная схема сети СОПТ подстан- ции.....	
	Приложение В. Основные характеристики устройств контроля изоляции и поиска «земли».....	
	Приложение Г. Компьютерные программы расчёта характеристик СОПТ.....	
	Приложение Д. Технические средства для диагностики СОПТ.....	
	Приложение Е. Типовые Рабочие программы по измерениям в сети СОПТ.....	
	Приложение Ж. Протоколы измерений.....	
	Приложение З. Библиография.....	

Введение

Методические указания по диагностике системы оперативного постоянного тока на электрических подстанциях (далее по тексту Методические указания) предназначены для своевременного выявления и устранения дефектов в системе оперативного постоянного тока с целью обеспечения надежной работы электрических подстанций ОАО «МОЭСК».

Диагностика системы оперативного постоянного тока включает в себя комплекс измерений и расчётных методик, позволяющих определить состояние аккумуляторной батареи, зарядных устройств, коммутационной аппаратуры, распределительной сети, устройства контроля изоляции и поиска земли, контактных соединений, а также выполнение условий электромагнитной совместимости.

Методические указания учитывают требования действующих в электроэнергетике нормативно-технических документов или отдельных разделов этих документов, относящихся к области их применения.

Методические указания должны быть пересмотрены в случаях ввода в действие технических регламентов и национальных стандартов, содержащих новые требования, а также при необходимости введения новых требований и норм, обусловленных развитием новой техники.

1 Область применения

Настоящие Методические указания предназначены для определения состояния системы оперативного постоянного тока напряжением 24-220 В при сдаче в эксплуатацию и в процессе эксплуатации подстанций напряжением 35-220 кВ ОАО «МОЭСК».

Положения настоящего стандарта обязательны для применения всеми филиалами ОАО «МОЭСК», проектными, строительно-монтажными, наладочными, эксплуатационными и ремонтными организациями, выполняющими работы на подстанциях ОАО «МОЭСК».

Настоящие Методические указания распространяются на специализированные организации, испытательные электролаборатории, проектные, строительно-монтажные и наладочные организации, выполняющие работы на подстанциях ОАО «МОЭСК».

2 Нормативные ссылки

Настоящие Методические указания разработаны на основе следующей нормативно-технической документации.

ГОСТ Р МЭК 896-1-95. Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытаний. Часть 1. Открытые типы.

ГОСТ Р МЭК 60896-2-99. Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытаний. Часть 2. Закрытые типы.

СО 153-34.20.501-2003. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.

РД 34.50.502-91. Инструкция по эксплуатации стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Минтопэнерго РФ.

МУ 34-70-035-83 (СО 34.20-807). Методические указания по расчёту защит в системе постоянного тока тепловых электростанций и подстанций.

СО 34.35.311-2004. Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях.

ГОСТ Р 50345-99 (МЭК 898-87). Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения.

ГОСТ Р 50030.2-99 (МЭК 947-2-89). Низковольтная аппаратура распределения и управления. Часть 2. Автоматические выключатели.

ГОСТ Р 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5:2001). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.

НПБ 248-97. Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний.

Циркуляр №Ц-02-98(Э) О проверке кабелей на возгораемость при воздействии тока короткого замыкания. РАО энергетики и электрификации «ЕЭС России». Департамент стратегии развития и научно-технической политики.

Правила устройства электроустановок. Шестое издание. М., Главгосэнергонадзор России, Москва 1998 г.

Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. М., Энергосервис, Москва 2002 г. (гл. 1.7)

3 Термины и определения

3.1 автоматический выключатель (Международный электротехнический словарь (МЭС) 441-14-20): Механический коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях цепи, включать и проводить токи в течение определенного промежутка времени и прерывать их при определенных аномальных условиях цепи, например при коротких замыканиях.

3.2 аппарат защиты от коротких замыканий (ГОСТ Р 50030.1-2000): Аппарат, предназначенный для защиты цепи или частей цепи от токов короткого замыкания путем их отключения.

3.3 время-токовая характеристика (ГОСТ Р 50339.0-2003): Кривая зависимости преддугового времени или времени отключения от ожидаемого тока в установленных условиях срабатывания.

3.4 короткое замыкание (МЭС 151-03-41): Случайное или намеренное соединение резистором или импедансом со сравнительно низким со-

противлением двух или более точек в цепи, нормально находящихся под различным напряжением.

3.5 коммутационный аппарат (МЭС 441-14-01): аппарат, предназначенный для включения или отключения тока в одной или нескольких электрических цепях.

3.6 кондуктивная помеха (ГОСТ 30373-95): Помеха, распространяющаяся по проводникам.

3.7 максимально допустимая температура невозгораемости кабеля или провода (невозгораемость) (НПБ 248-97): Максимально допустимая температура нагрева токопроводящих жил кабельного изделия, при повышении которой на 20% оболочка или изоляция кабеля или провода начинает плавиться, выделяя дым, или загорается.

3.8 отключающая способность (коммутационного аппарата или плавкого предохранителя) (МЭС 441-17-08): Значение ожидаемого тока отключения, который способен отключать коммутационный аппарат или плавкий предохранитель при установленном напряжении в предписанных условиях эксплуатации и поведения.

3.9 перегрузка (МЭС 441-11-08): Условия появления сверхтока в электрически не поврежденной цепи.

3.10 плавкий предохранитель (МЭС 441-18-01): Коммутационный аппарат, который вследствие расплавления одного или более специально спроектированных и калиброванных элементов размыкает цепь, в которую он включен, и отключает ток, когда он превышает заданную величину в течение достаточного времени.

3.11 плавкая вставка (МЭС 441-18-09): Часть плавкого предохранителя (с одним или несколькими плавкими элементами), рассчитанная на замену после срабатывания плавкого предохранителя.

3.12 полная селективность (ГОСТ Р 50030.2-99): селективность по сверхтокам, когда при последовательном соединении двух аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки осуществляет защиту без срабатывания второго защитного аппарата.

3.13 предельно допустимая температура нагрева кабеля или провода (термическая стойкость) (НПБ 248-97): Температура нагрева токопроводящих жил кабельного изделия, при которой кабель или провод полностью сохраняет свои эксплуатационные характеристики по ТУ или стандарту на кабель или провод.

3.14 пульсации напряжения постоянного тока: Процесс периодического или случайного изменения постоянного напряжения относительно его среднего уровня в установившемся режиме работы источника, преобразователя электрической энергии или системы электроснабжения.

3.15 расцепитель (контактного коммутационного аппарата) (МЭС 441-15-17): Устройство, механически связанное с контактным коммутационным аппаратом, которое освобождает удерживающие приспособления и тем самым допускает размыкание или замыкание коммутационного аппарата.

3.16 резервная защита: Защита, предназначенная для отключения повреждения, при условиях отказа устройств защиты или коммутационного аппарата расположенного ближе к месту повреждения.

3.17 сверхток (МЭС 441-11-06): Любой ток, превышающий номинальный.

3.18 селективность защит по сверхтокам (МЭС 441-17-15): Координация рабочих характеристик двух или нескольких устройств для защиты от сверхтоков с таким расчетом, чтобы в случае возникновения сверхтоков в пределах указанного диапазона срабатывало только устройство, предназначенное для оперирования в данном диапазоне, а прочие не срабатывали.

3.19 ток короткого замыкания (МЭС 441-11-0): Сверхток, появляющийся в результате короткого замыкания, вызываемого повреждением или неправильным соединением в электрической цепи.

3.20 частичная селективность (ГОСТ Р 50030.2-99): Селективность по сверхтокам, когда при последовательном соединении двух аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки осуществляет защиту до определенного уровня сверхтока без срабатывания второго защитного аппарата.

3.21 чувствительность защитного аппарата: Кратность минимального тока короткого замыкания, на защищаемом аппаратом участке сети, по отношению к номинальному току плавкого предохранителя или уставке расцепителя автоматического выключателя.

4 Обозначения и сокращения

АБ	- аккумуляторная батарея
АВ	- автоматический выключатель
АИИС КУЭ	- автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии
АСУ ТП	- автоматизированная система управления технологическим процессом
ГЩУ	- главный щит управления
ЗРУ	- закрытое распределительное устройство
ЗУ	- зарядное устройство
КЗ	- короткое замыкание
КРУ	- комплектное распределительное устройство
КРУЭ	- комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией
ОРУ	- открытое распределительное устройство
ОПУ	- общеподстанционный пульт управления
ПС	- подстанция
ПП	- плавкий предохранитель
РЗА	- релейная защита и автоматика
РЩ	- релейный щит
СОПТ	- система оперативного постоянного тока
ТЗ	- техническое задание
ТР	- тепловой расцепитель
УЗИП	-устройство защиты от импульсных перенапряжений

ШРОТ	- шкаф распределения оперативного тока
ЩПТ	- щит постоянного тока
ЩСН	- щит собственных нужд
ШУ	- шинки управления
ШП	- шинки приводов
ЭМР	- электромагнитный расцепитель
ЭМС	- электромагнитная совместимость

5 Основные положения

5.1 СОПТ ПС должна обеспечивать рабочее и резервное питание следующих электроприемников:

- устройств релейной защиты и автоматики;
- электромагнитов управления высоковольтными выключателями;
- светильников аварийного освещения помещений аккумуляторной батареи,
- приводов автоматических вводных и секционных выключателей ЩСН напряжением 0,4 кВ;
- устройств сигнализации.

Кроме того, СОПТ ПС может обеспечивать резервное питание оборудования связи, АСУ ТП, основных элементов АИИС КУЭ.

5.2 СОПТ может иметь централизованную или децентрализованную структуру. В централизованной СОПТ используется один комплект компонентов, а в децентрализованной - два и более. В состав каждого комплекта СОПТ должны входить следующие компоненты:

- аккумуляторные батареи;
- стационарные зарядные устройства;
- щит постоянного тока;
- шкафы распределения оперативного тока;
- кабельная распределительная сеть;
- коммутационные аппараты;
- отключающие аппараты защиты от сверхтоков (коротких замыканий и перегрузок);
- устройства защиты от перенапряжений;
- устройство контроля изоляции;
- система поиска "земли";
- измерительные приборы, система мониторинга, регистраторы аварийных процессов.

5.3 Состав компонент СОПТ и схема их соединения должны обеспечить сохранение питания всех электроприемников при техническом обслуживании и выполнении восстановительных ремонтов оборудования СОПТ.

5.4 Диагностика СОПТ на ПС сторонними организациями должна осуществляться в соответствии с настоящими МУ по ТЗ. Типовое ТЗ приведено в Приложении А.

5.5 При диагностике СОПТ должны быть выполнены следующие работы:

- 1) Визуальный осмотр СОПТ.
- 2) Проверка (корректировка) или составление исполнительной схемы СОПТ.
- 3) Составление рабочей программы измерений (см. Приложение Ж).
- 3) Проведение измерений в соответствии с рабочей программой.
- 4) Расчёт коротких замыканий в СОПТ.
- 5) Анализ результатов измерений и расчётов.
- 6) Оформление результатов диагностики: составление Технического отчёта, протоколов измерений, ведомости дефектов и Заключение о состоянии СОПТ.

6 Методика проведения измерений для определения состояния системы оперативного постоянного тока

6.1 Визуальный осмотр.

При проведении визуального осмотра должно быть определено внешнее состояние элементов СОПТ. Установленные при визуальном осмотре дефекты рекомендуется документально подтверждать путем фотографирования мест нахождения дефектов и отражать в Техническом отчете (ведомость дефектов).

Примеры дефектов, установленных при визуальном осмотре.

1) Основным недостатком, обнаруженным при визуальном осмотре, является наличие соединений медных и алюминиевых проводников без использования стальных шайб и прокладок, например, на ЦПТ. Аналогично выполнены присоединения алюминиевых шин к медным клеммам рубильников в шкафах ОРУ-110кВ.

2) Автоматические выключатели, используемые в цепях СОПТ 1966-1973 годов выпуска, выработали свой нормативный ресурс работы.

3) В одних и тех же цепях в качестве соседних ступеней защиты используются плавкие предохранители разных типов (ПР-2, ПН-2 и НПН-2), что приводит к нарушению селективности из-за пересечения их времятоковых характеристик.

4) На ОРУ-110 и 220кВ в шкафах питания соленоидов окислены контакты рубильников, шины «+» и «-» окрашены в красный цвет.

6.2 Составление исполнительной схемы.

6.2.1 Для оперативных переключений, обслуживания и вывода в ремонт оборудования на каждой ПС должна быть исполнительная схема СОПТ.

В результате проведения работ по диагностике должна быть составлена (проверена и скорректирована) исполнительная схема СОПТ. Исполнительную схему следует использовать при проведении расчётов токов КЗ.

6.2.2 Исполнительная схема должна включать в себя электрические схемы цепей оперативного постоянного тока: АБ и ЩПТ; ГЩУ; РЩ; КРУ; ОРУ, ЗРУ или КРУЭ; аварийного освещения.

6.2.3 На исполнительной схеме должны быть указаны:

- АБ, её тип, количество элементов, номера отпаяк, год ввода в эксплуатацию;
- защитные аппараты, их тип, с указанием номинального тока контактов, уставок ТР, ЭМР или полупроводниковых расцепителей и времени задержки их срабатывания (если они предусмотрены);
- коммутационные аппараты без защитных функций (рубильники, разъединители), их тип, номинальный ток контактов;
- положение (Вкл., Откл.) всех защитных и коммутационных аппаратов;
- ЗУ (их тип, год выпуска, с указанием источника питания (номера панели ЩСН) и характеристик защитного аппарата на стороне постоянного тока);
- устройства защиты от импульсных перенапряжений (защитные диоды, ограничители перенапряжений);
- устройство контроля изоляции;
- шины, провода и кабели (их тип, сечения и длина);
- обозначение потребителей ЩПТ, ГЩУ и РЩ, названия защит и их участков;
- типы приводов высоковольтных выключателей в КРУ, ЗРУ, КРУЭ или на ОРУ;
- тип и мощность блоков аварийного освещения (БАО);
- места подключения цепей электропитания и назначение электроприемников постоянного тока.

6.2.4 Пример исполнительной схемы СОПТ подстанции приведен в Приложении Б.

6.3 Измерение токов короткого замыкания.

6.3.1 Измерения и расчёт токов КЗ следует проводить для проверки селективности, отключающей способности и чувствительности защитных аппаратов, а также для проверки термической стойкости и невозгораемости кабельных линий СОПТ.

6.3.2 На основании сравнения расчётных и измеренных значений токов короткого замыкания в характерных точках токораспределительной сети СОПТ делается заключение о состоянии контактных соединений.

В расчётной модели учитываются переходные сопротивления контактов элементов сети в нормальном состоянии. Измеренные (реальные) значения токов КЗ, как правило, меньше расчётных значений, так как в процессе эксплуатации переходные сопротивления контактов возрастают в результате окисления.

6.3.3 Измерение токов металлического КЗ в характерных точках цепи СОПТ производят с помощью специального нагрузочного устройства (см. Приложение Г).

Схема подключения нагрузочного устройства (НУ) и измерительной аппаратуры представлена на рис.1. Значение тока металлического КЗ в точке цепи определяется по формуле:

$$I_{\text{КЗ}} = U (U - \Delta U) / \Delta U R_n ,$$

где U - напряжение в точке цепи до подключения НУ, В,

ΔU – провал напряжения в точке цепи после подключения НУ, В,

R_n - сопротивление нагрузочного резистора НУ, Ом.

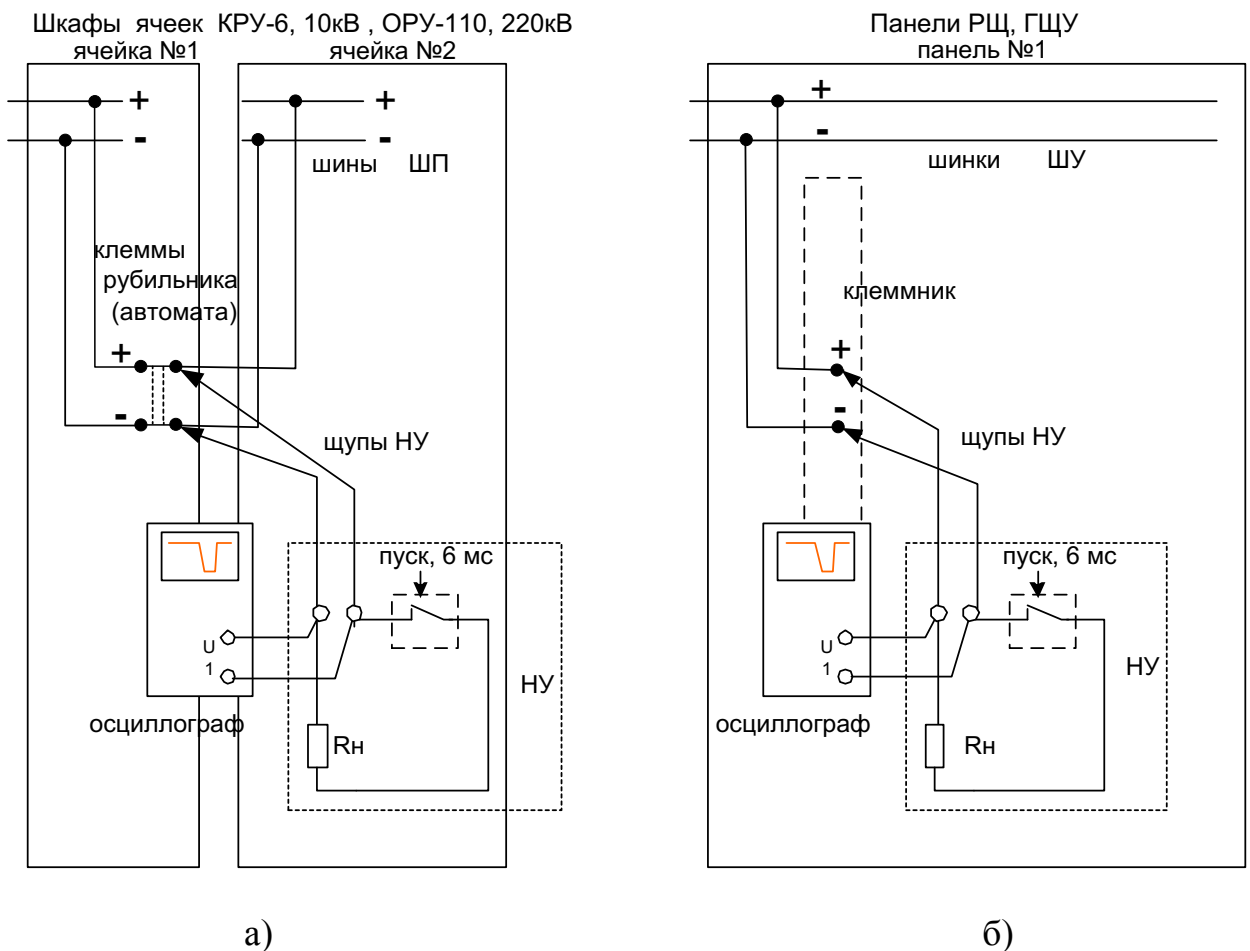


Рис.1 Схемы подключения НУ и измерительной аппаратуры при измерениях токов КЗ в характерных точках цепи СОПТ
(а) - в шкафах и ячейках КРУ и ОРУ, (б)- в панелях ГЩУ и РЩ

6.4 Проверка состояния аккумуляторной батареи.

6.4.1 Проверка технического состояния аккумуляторной батареи должна включать в себя следующие работы:

- внешний осмотр;

- измерение температуры в помещении аккумуляторной;
- измерение фактической ёмкости АБ;
- поэлементное измерение напряжения в режиме поддерживающего заряда;
- измерение плотности и температуры электролита (для АБ открытых типов);
- поэлементное измерение внутреннего сопротивления элементов и межэлементных соединений.

6.4.2 При внешнем осмотре определяют: наличие осадка и газовыделения внутри банок, трещин, сколов и загрязнений на внешней поверхности элементов АБ. Между осадком и нижним краем положительных пластин должно быть свободное пространство не менее 10мм. Уровень электролита для аккумуляторов открытых типов (типа СК) должен быть выше верхнего края электродов на 10-15 мм. Крышки аккумуляторов должны быть сухими, герметичность уплотнений токовыводов (борнов) подтверждается отсутствием вокруг них загрязнений, обусловленных выдавливанием электролита.

6.4.3 В соответствии с ГОСТ Р МЭК 896-1-95 и ГОСТ Р МЭК 60896-2-99 ёмкость АБ определяют посредством её разряда током $I_{гт}$. Наиболее часто используемые значения времени разряда t находятся в интервале 1÷10 часов. В паспортных данных приводится ёмкость C_{10} , определяемая при разряде АБ током $I_{г10}$ (при времени разряда 10 часов).

В настоящее время, в большинстве случаев, на подстанциях применяется одна АБ. Выполнить измерение ёмкости АБ методом разряда батареи можно только при отключении нагрузки на время более 10 часов.

6.4.4 Для оценки емкости АБ без вывода её из работы допускается применение двухимпульсного метода (см. Приложение 3, /1,2/).

Схема измерений внутреннего сопротивления АБ двухимпульсным методом представлена на рис.2. С помощью коммутирующего устройства и двух параллельных цепочек, состоящих из резисторов и плавких предохранителей, формируют двухступенчатый импульс тока, который кратковременно проходит через аккумуляторную батарею (см. рис.3). Амплитуду и длительность импульса тока регулируют параметрами резисторов параллельных цепочек. Двухканальным осциллографом с использованием токоизмерительных клещей регистрируют импульсы тока и напряжения (см. рис.3,4) на выводах АБ (на проходной доске).

6.4.5 Определение внутреннего сопротивления АБ двухимпульсным методом следует проводить при выключенных зарядных устройствах. Продолжительность импульсов тока должна составлять не менее 2 миллисекунд. При такой длительности импульсов обеспечивается отстройка от переходных процессов, обусловленных индуктивным характером цепи. Значение тока первой ступени импульса (см. рис.3) следует устанавливать в соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 896-1-95 и ГОСТ Р МЭК 60896-2-99. Значение силы тока второй ступени импульса должно быть та-

ким, чтобы обеспечить измерения на линейном участке вольтамперной характеристики батареи.

6.4.6 Во время проведения измерений внутреннего сопротивления АБ должна быть измерена температура в помещении аккумуляторной. В соответствии с СО 153-34.20.501-2003 температура в помещении аккумуляторной должна поддерживаться не ниже $+10^{\circ}\text{C}$, на ПС без постоянного дежурного персонала и в случаях, если ёмкость АБ выбрана и рассчитана с учётом понижения температуры, допускается понижение до $+5^{\circ}\text{C}$.

6.4.7 Из осциллограмм тока и напряжения (рис. 3, 4) определяют внутреннее (дифференциальное) сопротивление АБ:

$$r_{\text{АБ внутр.}} = \Delta U / \Delta I.$$

Среднее сопротивление элемента АБ составляет:

$$r_{\text{Э}} = r_{\text{АБ внутр.}} / N,$$

где N - количество элементов АБ.

Далее рассчитывают нормированное внутреннее сопротивление полностью заряженного элемента АБ:

$$r_{\text{Э ном}} = r_{\text{уд}} / C_{10 \text{ ном}},$$

где $r_{\text{уд}}$ – нормированное удельное сопротивление полностью заряженного элемента АБ, приведённое к одному ампер-часу ёмкости АБ при температуре 25°C [$\text{мОм} \cdot \text{А} \cdot \text{ч}$].

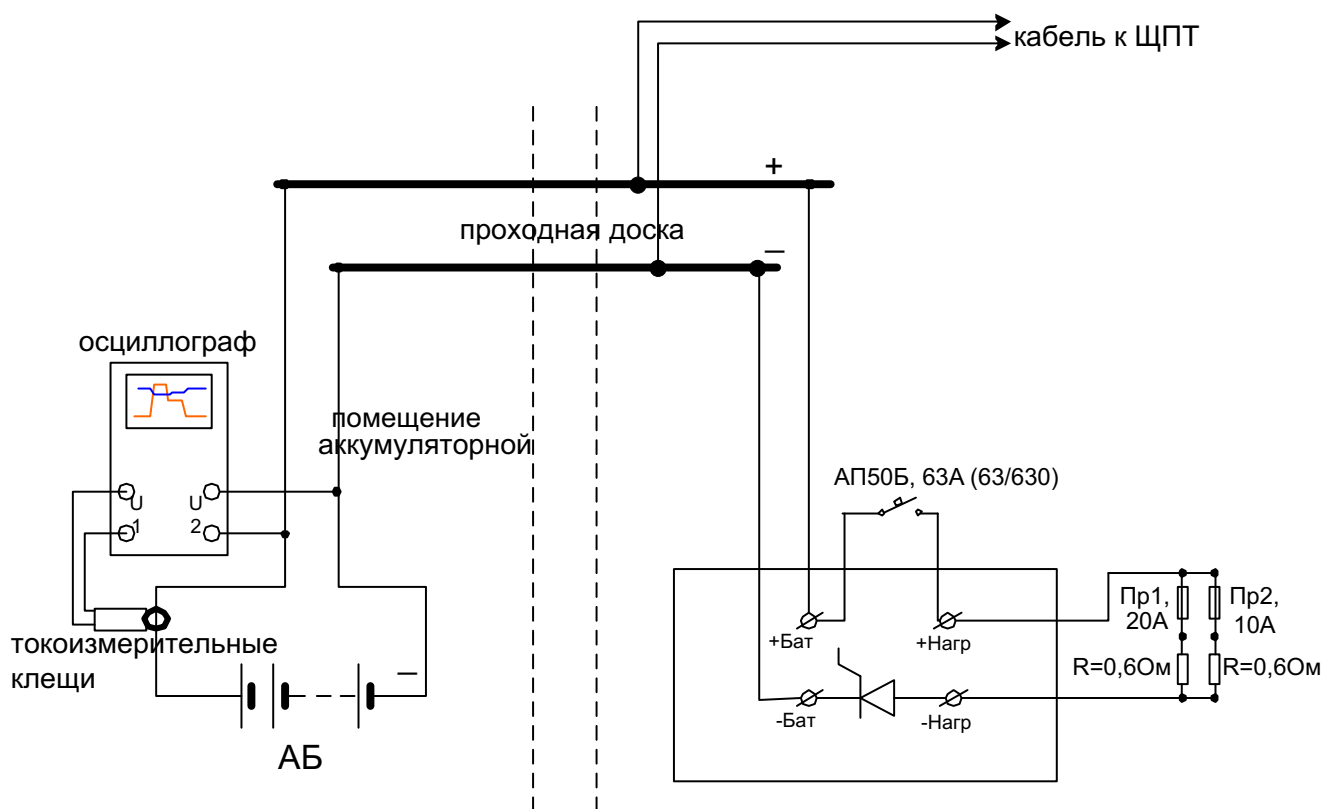


Рис. 2 Схема измерения внутреннего сопротивления АБ

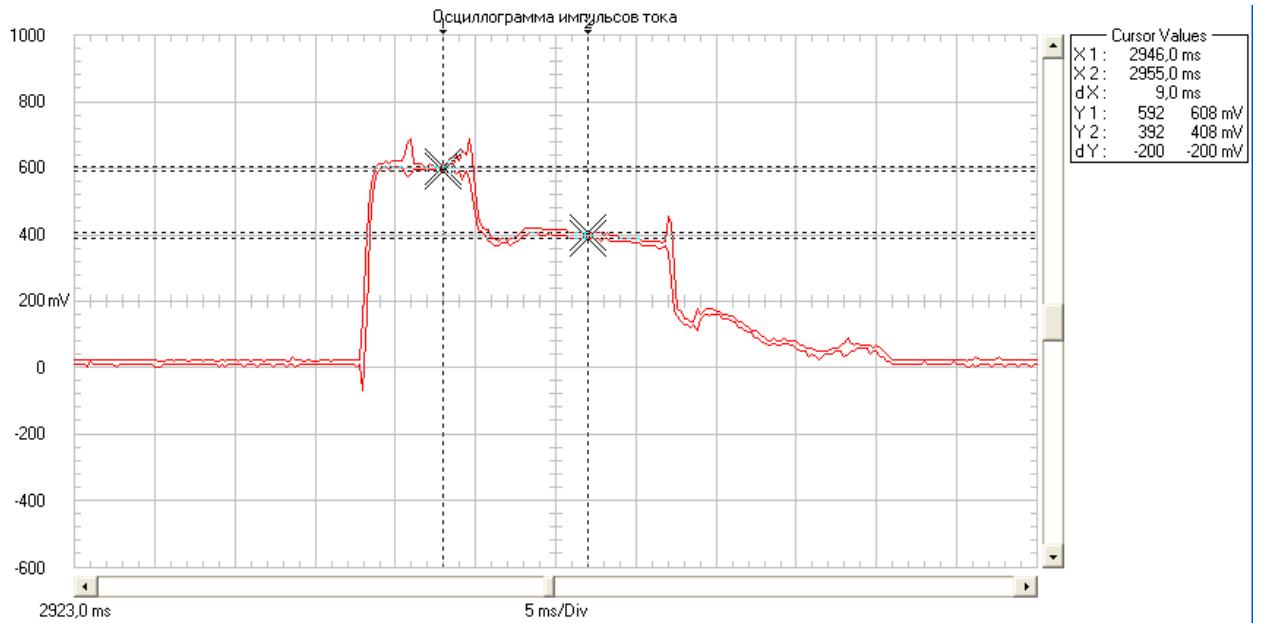


Рис.3 Осциллограмма импульсов тока, проходящих через аккумуляторную батарею ($1\text{mV} \equiv 1\text{A}$) при измерениях внутреннего сопротивления

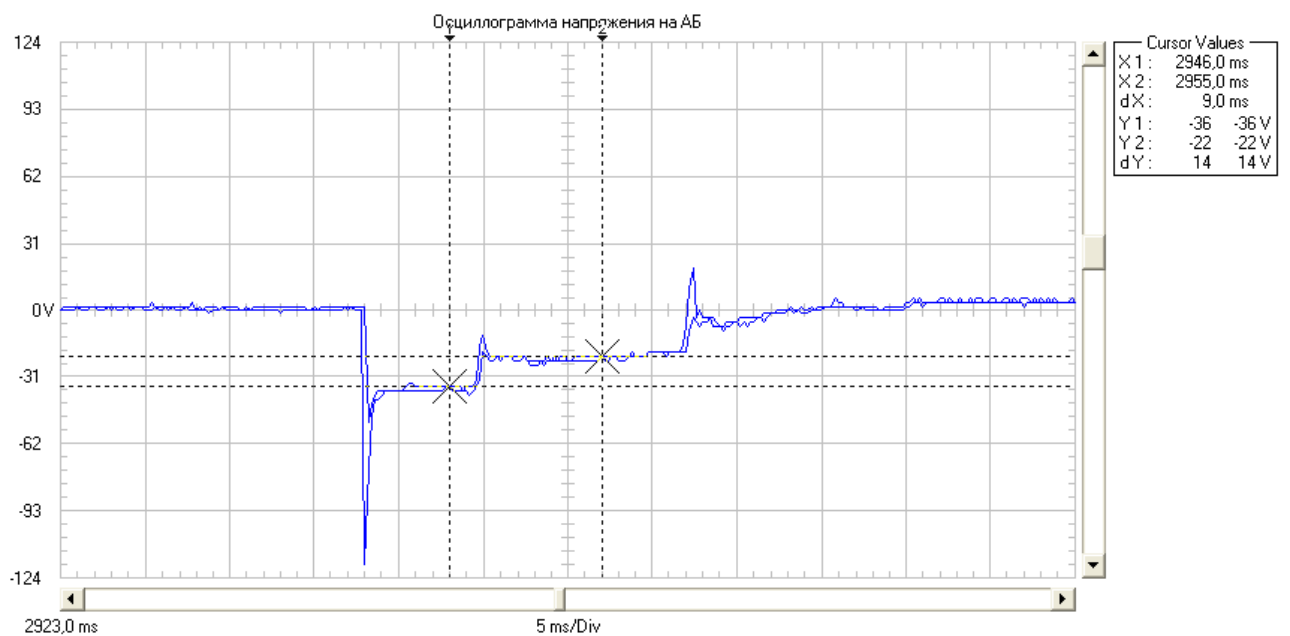


Рис.4 Осциллограмма напряжения на выводах АБ при прохождении через неё импульсов тока

6.4.8 Значения удельных сопротивлений $r_{уд}$ для АБ различных типов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения нормированных удельных сопротивлений для АБ различных типов

Тип аккумулятора	Емкость (C_{10}), А·ч	E , В	$r_{уд}$, мОм·А·ч
3GroE75 – 18GroE450	75 - 450	2.0	93
5GroE500 – 26GroE2600	500 - 2600	2.0	150
xOpzS200LA	200	2.05	254
xOpzS250LA	250	2.05	226
xOpzS300LA – xOpzS420LA	300 - 420	2.05	210
xOpzS490LA	490	2.05	229
xOpzS600LA – xxOpzS1200LA	600 - 1200	2.05	257
xxOpzS1500LA – xxOpzS2500LA	1500 - 2500	2.05	238
xxOpzS3000LA	3000	2.05	264
Vb2305 – Vb2312	250 - 600	2.0	130
Vb2407 – Vb2420	700 - 2000	2.0	172
Vb12101 – Vb12106	18 - 108	2.0	97.6
Vb6114 – Vb6116, Vb4117, Vb4118	128 - 224	2.0	115
СК	36 - 5328	2.0	180

6.4.9 Фактическую ёмкость аккумуляторной батареи определяют по формуле:

$$C_{10 \text{ факт}} = C_{10 \text{ ном}} (K_{\theta} \cdot r_{\text{Э ном}} / r_{\text{Э}}),$$

где K_{θ} - коэффициент приведения удельного сопротивления аккумулятора к температуре при которой производились измерения (определяется из справочных данных для конкретного типа АБ).

6.4.10 Для контроля состояния АБ должны быть проведены измерения напряжений (с точностью до 3 знака) на каждом элементе АБ в режиме поддерживающего заряда АБ.

По результатам измерений следует выполнить:

- расчет среднего значения напряжения на элементе АБ;
- определение разброса напряжений на элементах относительно среднего значения;
- выявление дефектных элементов, напряжения на которых отличаются более чем на $\pm 5\%$ от среднего значения;
- определение элементов, напряжения на которых выше нормируемого значения в режиме поддерживающего заряда АБ;
- расчет процента элементов со сверхнормативными отклонениями напряжения по отношению к общему количеству элементов АБ.

Состояние элементов АБ может быть признано удовлетворительным, если выполняются следующие требования:

- в АБ отсутствуют дефектные элементы;

- в АБ не более 5% элементов со сверхнормативными отклонениями напряжения (ПУЭ п.п. 1.8.35);

- напряжение на элементах в режиме поддерживающего заряда АБ должно находиться в пределах $2,20 \pm 0,05$ В для АБ типа СК, $2,18 \pm 0,04$ В для АБ типа СН, а для АБ импортного производства напряжение соответствует паспортным характеристикам (СО 153-34.20.501-2003), как правило, $2,23 \pm 0,02$ В.

6.4.11 Плотность электролита (г/см^3) полностью заряженного аккумулятора открытого типа в конце заряда и в режиме поддерживающего заряда, приведённая к температуре 20°C , должна быть $1,205 \pm 0,005$ г/см^3 для аккумуляторов типа СК и $1,24 \pm 0,005$ г/см^3 для аккумуляторов типа СН (РД 34.50.502-91).

6.4.12 Измерения внутреннего сопротивления каждого элемента (для выявления элементов с повышенными значениями внутренних сопротивлений и межэлементных соединений с повышенными значениями переходных сопротивлений контактов) можно проводить в режиме поддерживающего заряда АБ. Коммутирующее устройство, аналогичное представленному на рис.2, подключают к группе, состоящей как минимум из 2-х элементов и подают двухступенчатый импульс тока (рис.3). На каждом элементе регистрируют импульс напряжения. По осциллограммам тока и напряжения (рис.3,4) определяют внутреннее (дифференциальное) сопротивление каждого элемента с учётом переходного сопротивления межэлементных контактов:

$$r_{i \text{ АК}} = \Delta U_i / \Delta I.$$

Далее вычисляют среднее арифметическое значение внутреннего сопротивления элемента:

$$r_{cp \text{ АК}} = (r_{1 \text{ АК}} + r_{2 \text{ АК}} \dots + r_{i \text{ АК}} \dots + r_{n \text{ АК}}) / n.$$

Для каждого элемента вычисляют отношение его внутреннего сопротивления к среднему значению в процентах:

$$r_{i \text{ АК отн.}} = (r_{i \text{ АК}} / r_{cp \text{ АК}}) \cdot 100\%.$$

По результатам измерений определяют неисправные элементы и межэлементные соединения с повышенными переходными сопротивлениями контактов.

6.5 Проверка работоспособности зарядных устройств.

При проверке состояния зарядных устройств (ЗУ) должны быть выполнены следующие виды работ:

- измерения значений тока и напряжения в выходных цепях ЗУ в нормальном режиме работы;

- проверка взаиморезервирования ЗУ: резервное ЗУ должно запуститься и принять на себя нагрузку при отказе (отключении) основного ЗУ (см. рис.5);

- измерение пульсаций тока в цепи АБ в режиме поддерживающего заряда: среднеквадратичное значение переменной составляющей тока не должно превышать 5А на 100 А·ч емкости АБ;

- измерение напряжения пульсаций на шинах ЩПТ при работе каждого ЗУ (рис.6, 7);
- проверка неустойчивости подзарядного напряжения: каждое ЗУ должно обеспечивать стабильность подзарядного напряжения на шинах АБ с отклонением не более $\pm 1\%$ от установленного значения выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 0,1 до 0,9 номинального тока ЗУ;
- проверка правильности установленного подзарядного напряжения: напряжение поддерживающего заряда $U_{ПЗ}$ указывается для каждого типа АБ при 20°C , для АБ типа СК $U_{ПЗ}$ составляет $2,20 \pm 0,05\text{В/эл}$;
- проверка пределов и плавности регулирования выходного напряжения в автономном режиме: выходное напряжение должно находиться в пределах, заявленных в паспорте, и плавно регулироваться.

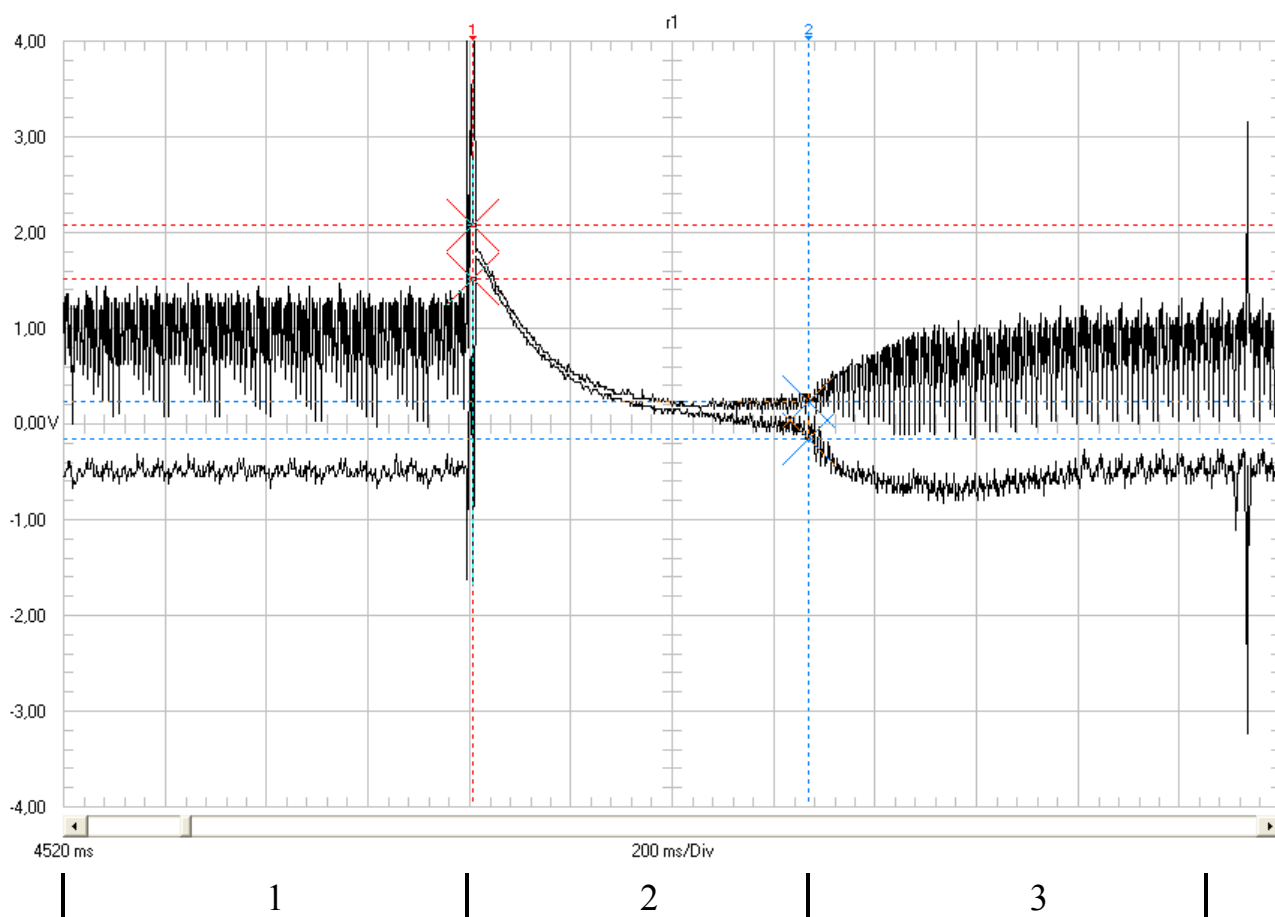


Рис.5 Типичная осциллограмма переменной составляющей напряжения на шинах ЩПТ (1- работа и отключение основного ЗУ, 2- питание от АБ, 3- запуск и работа резервного ЗУ).

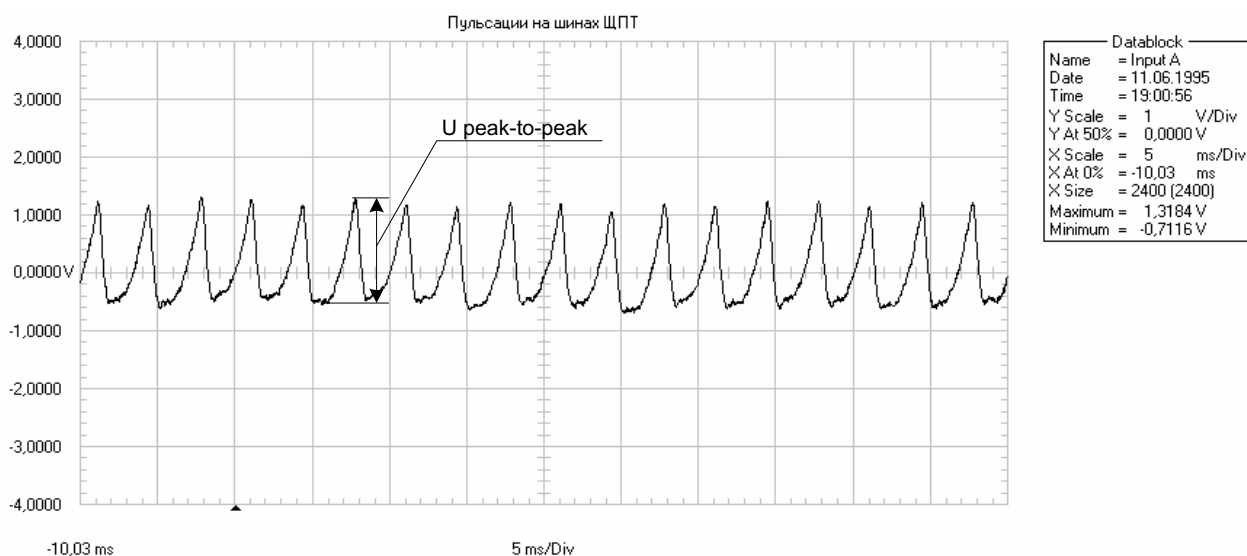


Рис.6 Типичная осциллограмма напряжения пульсаций на шинах ЩПТ при работе зарядного устройства типа ВАЗП.

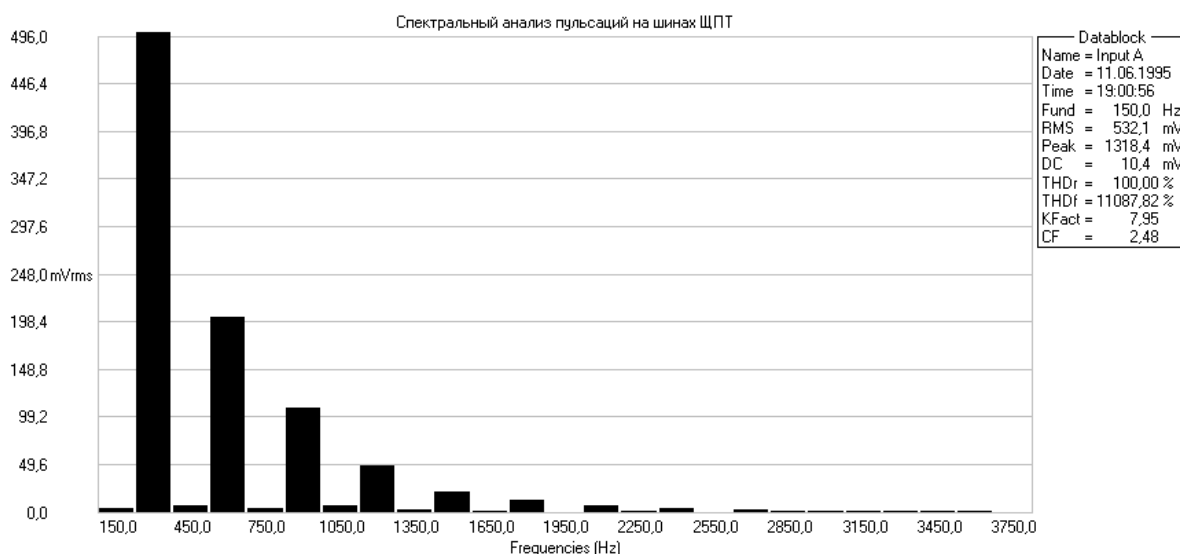


Рис.7 Спектральный анализ осциллограммы напряжения пульсаций на шинах ЩПТ.

6.6 Проверка работоспособности защитных коммутационных аппаратов.

6.6.1 При проверке работоспособности АВ должно быть определено значение тока срабатывания ЭМР АВ и время его срабатывания (проверку срабатывания ТР не производят).

6.6.2 Определение значения тока срабатывания ЭМР следует проводить с помощью специального устройства (см. Приложение Д) в соответствии с рекомендациями и методическими указаниями /3-6/.

6.6.3 Если испытания АВ выполняют на переменном токе, то измеренные значения тока срабатывания ЭМР следует умножить на поправочный коэффициент k_n . Для АВ типа АП50, в соответствии с паспортными характеристиками, рекомендуется применять коэффициент $k_n = 1,25$, для остальных типов АВ с ЭМР $k_n = 1,3 \div 1,5$. Поправочный коэффициент для выключателей с полупроводниковыми расцепителями может иметь большой разброс значений и должен определяться для каждого типа выключателей отдельно.

6.6.4 Критерием работоспособности АВ является соответствие значения тока и времени срабатывания ЭМР его паспортным время-токовым характеристикам на постоянном токе.

6.6.5 В сети СОПТ на ПС длительных токовых перегрузок нет: суммарный ток нагрузки в нормальном режиме работы, как правило, не превышает 30 А, а токи, протекающие по кабелям кольца соленоидов включения высоковольтных выключателей достигают $150 \div 750$ А кратковременно (при длительности $0,5 \div 1$ секунды). Защита от перегрузок не проверяется.

6.7 Проверка работоспособности устройств контроля изоляции и поиска «земли».

6.7.1 СОПТ должна быть снабжена устройством для постоянного контроля изоляции, действующим на сигнал при снижении сопротивления изоляции одного из полюсов.

6.7.2 Используемые в настоящее время устройства контроля изоляции можно классифицировать по выполняемым функциям, следующим образом:

- устройства, реагирующие на снижение сопротивления изоляции полюса до определённого критического значения или некоторого предупредительного значения;
- устройства, оценивающие сопротивление изоляции сети в широком диапазоне и реагирующие на его снижение до критического значения с функцией поиска места повреждения (фидера с пониженным сопротивлением изоляции).

6.7.3 К первой группе относятся устройства типа УКИ (УКИ-1 имеет одну аварийную уставку 20 кОм (СО 153-34.20.501-2003); УКИ-2 имеет две уставки: предупредительную – 100 кОм и аварийную – 20 кОм; УКИ-3, производит оценку сопротивления изоляции в 5-ти диапазонах (0-10, 10-20, 25-50, 50-100, 100-1000 кОм) с точностью до 20%).

Основные характеристики некоторых устройств второго типа приведены в Приложении 3.

При использовании на подстанции микропроцессорных защит с незащищенными от ложных срабатываний дискретными входами (промежуточное реле, шунтирующий резистор и пр.) порог срабатывания сигнализации может устанавливаться на уровне до 150 кОм.

6.7.4 Объем испытаний по проверке работоспособности устройства контроля изоляции и поиска «земли» зависит от типа устройства, применяемого на ПС.

Должны быть проверены характеристики, заявленные в техническом паспорте устройства:

- срабатывание сигнализации при снижении сопротивления изоляции каждого из полюсов и при симметричном снижении сопротивления изоляции двух полюсов до критического уровня;
- измерение сопротивления изоляции в заявленном диапазоне;
- определение места (фидера) с пониженным сопротивлением изоляции до значений, заявленных в технических характеристиках и времени измерения сопротивления изоляции в одном фидере (см. Приложение В, столбцы 4, 6).

Для проверки срабатывание сигнализации между каждым полюсом и «землей» поочередно подключают резистор, сопротивление которого подбирают таким образом, чтобы сопротивление полюса относительно «земли» с учётом текущего значения снижалось до критического уровня.

6.8 Проверка выполнения условий ЭМС.

6.8.1 Целью проверки выполнения условий ЭМС является расчетно-экспериментальное определение уровней электромагнитных помех в сети СОПТ.

В соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 (таблица 4) устройства, получающие питание от СОПТ подстанций, должны быть испытаны на устойчивость к следующим видам помех:

- провалам и прерываниям напряжения электропитания;
- пульсациям напряжения постоянного тока;
- кондуктивным помехам;
- микросекундным и наносекундным импульсным помехам;
- колебательным затухающим помехам.

Определенные расчетно-экспериментальным путем уровни помех, воздействующих на устройства по цепям СОПТ, необходимо сравнить с допустимыми значениями: уровнями помехоустойчивости по ГОСТ Р 51317.6.5-2006.

6.8.2 Источником пульсаций напряжения электропитания постоянного тока, как правило, являются зарядные устройства.

С помощью осциллографа определяют переменную составляющую напряжения (закрытый вход осциллографа) на шинах ЩПТ и определяют значение «peak-to-peak» напряжения пульсаций U_{p-p} (см. рис.6).

Мультиметром измеряют постоянную составляющую напряжения на шинах ЩПТ U_{DC} .

Коэффициент пульсации определяют по формуле:

$$K_{\text{пульс.}} = (U_{p-p} / U_{DC}) \times 100\% ,$$

где U_{p-p} - значение «peak-to-peak» напряжения пульсаций [В];

U_{DC} - значение постоянной составляющей выходного напряжения зарядного устройства [В].

В соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 устройства должны быть испытаны на устойчивость к пульсациям при значении коэффициента пульсаций $K_{\text{пульс}}$ не более 10% .

Дополнительно производят осциллографирование тока пульсаций. Среднеквадратичное значение переменной составляющей тока не должно превышать 5А на 100 А·ч емкости АБ.

6.8.3 Источником кондуктивных помех в сети СОПТ могут быть: зарядные устройства, вторичные источники питания (преобразователи), силовое оборудование, радиочастотные излучающие устройства.

Измерение уровней кондуктивных помех в сети СОПТ проводят с помощью осциллографа на ШУ панелей ГЩУ и РЩ между положительным и отрицательным полюсами питания в двух частотных диапазонах: в полосе частот от 0 до 150 кГц; в полосе частот от 150 кГц до 80 МГц.

Характерные осциллограммы переменной составляющей напряжения в сети СОПТ и их спектральный анализ представлены на рис. 8-11.

По осциллограммам определяют действующее значение напряжения помех U_{RMS} и преобладающие в спектре помех гармонические составляющие (частоты).

В соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 устройства должны быть устойчивы к воздействию кондуктивных помех значением до 10 В.

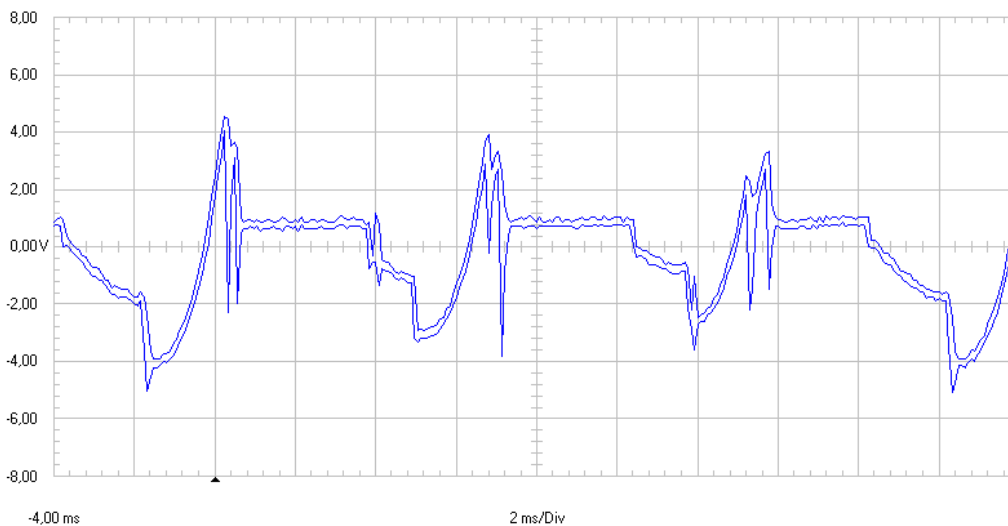


Рис.8 Типичная осциллограмма кондуктивных помех в сети СОПТ (основная частота 150 Гц)

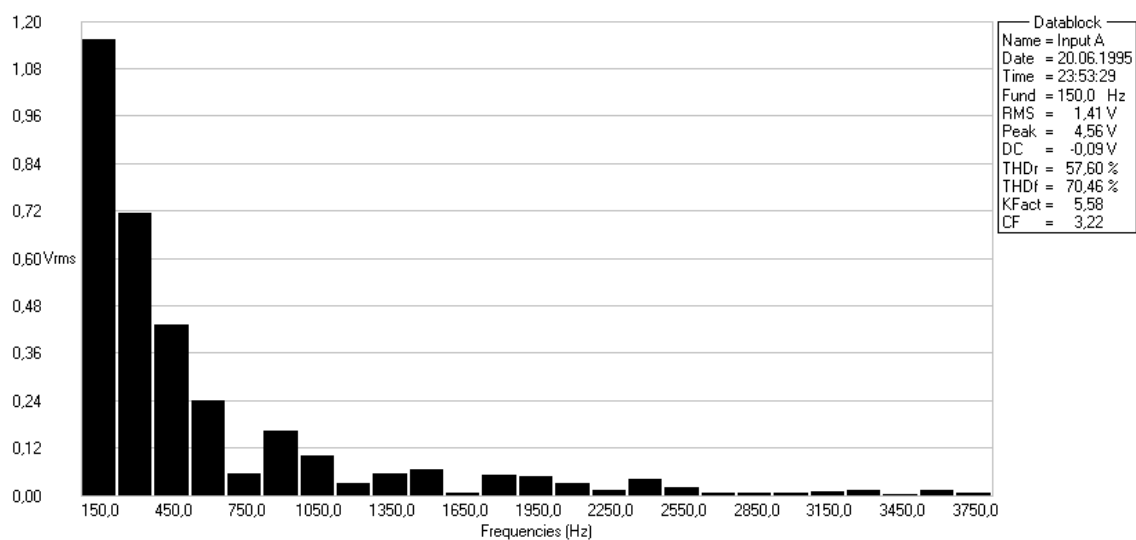


Рис.9 Спектральный анализ осциллограммы низкочастотных кондуктивных помех в сети СОПТ

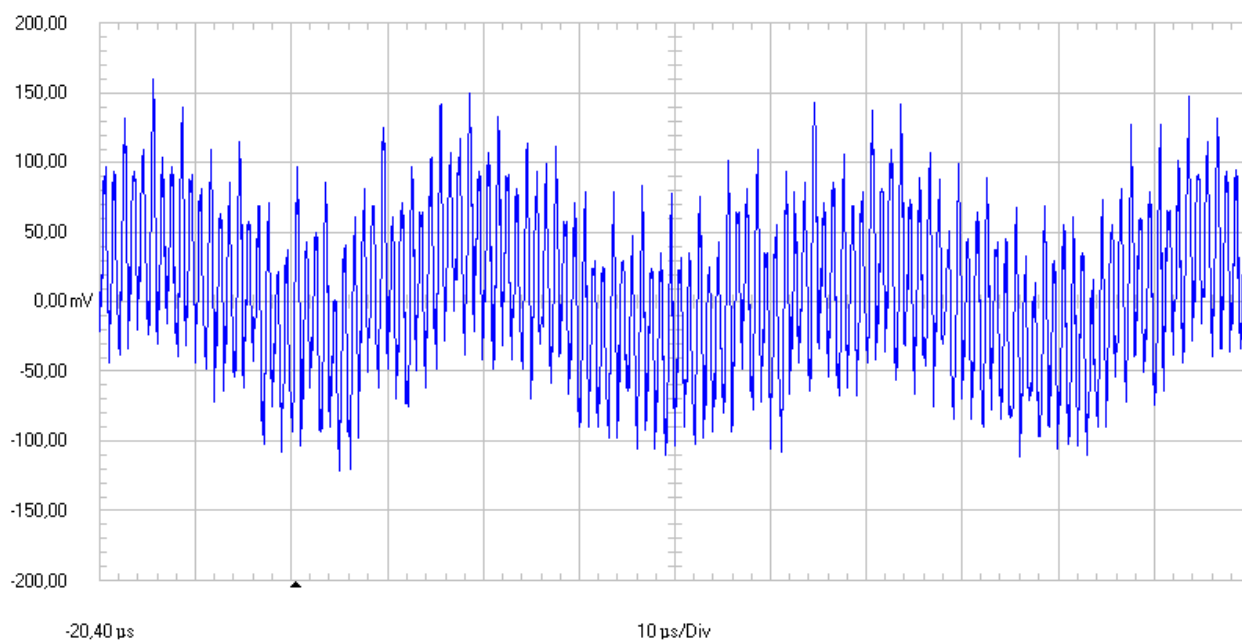


Рис. 10 Типичная осциллограмма кондуктивных помех в сети СОПТ (основная частота 1МГц)

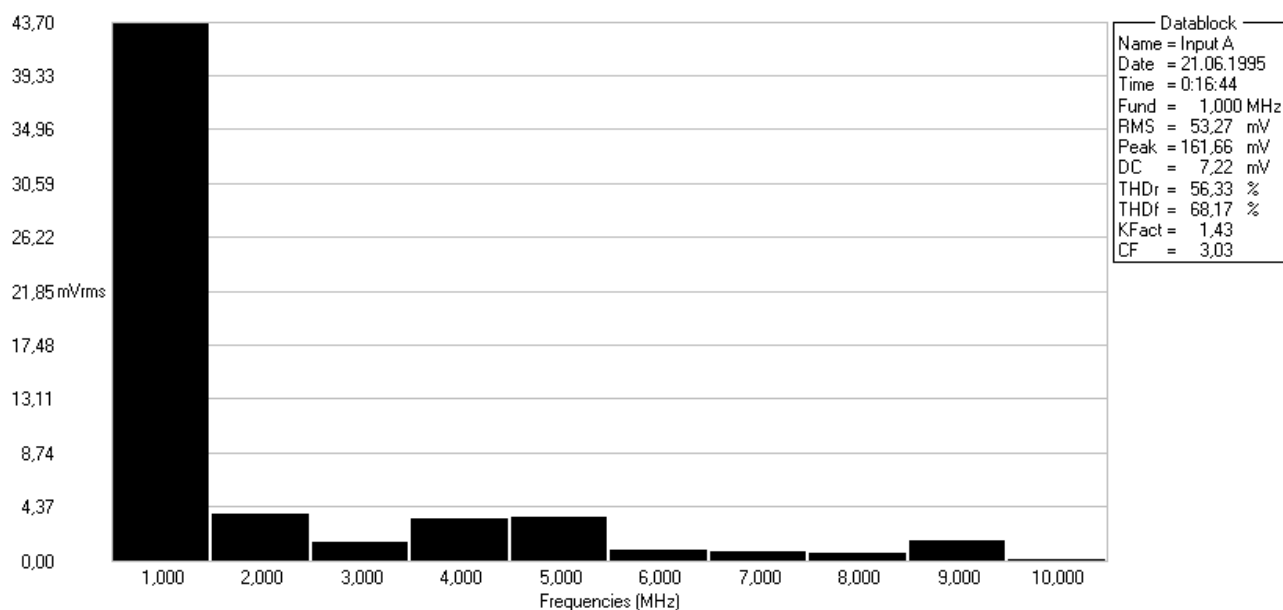


Рис. 11 Спектральный анализ осциллограммы кондуктивных помех в сети СОПТ.

6.8.4 Причинами возникновения провалов и прерывания напряжения являются:

- короткие замыкания в сети СОПТ;
- коммутации приводов высоковольтных выключателей;
- прекращение заряда батареи.

В соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 устройства должны быть устойчивы к провалам напряжения следующих значений:

$\Delta U \leq 30\%$, при длительности 1 с ;

$\Delta U \leq 60\%$, при длительности 0,1 с .

$\Delta U = 100\%$ при длительности 0,05 с.

Проверку выполнения условий ЭМС для данного типа помех проводят расчётным путём.

Пример

Расчёт провала напряжения в сети СОПТ при включении привода выключателя МКП-110 на ОРУ-110кВ.

Исходные данные:

- Сопротивление обмотки электромагнитов включения привода ШПЭ-33 - $R_O = 0,9 \text{ Ом}$.
- Установившееся значение тока включения - $I_{ym} = 244 \text{ А}$.
- Сопротивление петли «плюс-минус» на участке от АБ до шин ЩПТ - $R_{1П} = 0,014 \text{ Ом}$ (измеренное значение).
- Сопротивление петли «плюс-минус» на участке от АБ до привода выключателя - $R_{2П} = 0,415 \text{ Ом}$ (измеренное значение).
- Напряжение на 120-м элементе АБ (цепи ШП) в режиме подзаряда $U_{120} = 272 \text{ В}$.

- Напряжение на 108-м элементе АБ (цепи ШУ) в режиме подзаряда $U_{108} = 243\text{В}$.
- Внутреннее сопротивление АБ $r_{AB120} = 0,035\text{ Ом}$ (измеренное значение).
- Внутреннее сопротивление АБ $r_{AB108} = 0,031\text{ Ом}$ (измеренное значение).

Значение тока в цепи при включении привода составляет:

$$I = U_{120} / (R_{0.} + R_{2П} + r_{AB120}) = 272 / (0,9 + 0,415 + 0,035) = 201,5\text{А}$$

так как $r_{AB120} \ll r_{3У}$, то составляющей тока, протекающей в цепи зарядного устройства, пренебрегаем

Глубина провала напряжения в цепях ШУ на шинах ЩПТ (108-й элемент) составляет:

$$\Delta U = I (R_{1П} + r_{AB108}) = 201,5(0,014 + 0,031) = 9\text{В}$$

$$\Delta U(\%) = (\Delta U / U_{108}) \cdot 100\% = (9/243) \cdot 100\% = 3,7\%$$

Значение тока привода при сопротивлении петли цепи $R_{1П} = 0,415\text{ Ом}$ составляет 201,5А, что меньше значения тока, необходимого для его включения (244А), следовательно, привод не включится ($t_{ПР} = \infty$).

Вывод: при включении привода выключателя МКП-110 глубина провала напряжения в цепях ШУ на шинах ЩПТ составляет $\Delta U(\%) = 3,7\%$ при длительности $t_{ПР} = \infty$ и не превышает допустимое значения, установленное ГОСТ Р 51317.6.5-2006.

Прерывания напряжения в сети СОПТ возможны только при возникновении коротких замыканий, когда напряжение в точке КЗ или вблизи неё практически равно нулю. Длительность прерывания напряжения определяется временем срабатывания основной защиты, в зоне действия которой находится участок сети с точкой КЗ. Требование к длительности прерываний напряжения может быть выполнено для аппаратов защиты, время срабатывания которых при отключении токов КЗ не превышает 0,05 с.

Пример

Расчёт длительности прерывания напряжения в сети СОПТ при КЗ на выходных клеммах аппарата защиты распределительной линии ШП (ОРУ-110кВ).

Исходные данные:

- Аппарат защиты - плавкий предохранитель ПН-2, 400А.
- Внутреннее сопротивление АБ $r_{AB120} = 0,077\text{ Ом}$ (измеренное значение).
- Внутреннее сопротивление АБ $r_{AB108} = 0,069\text{ Ом}$ (измеренное значение).
- Напряжение на 120-м элементе АБ (цепи ШП) $U_{120} = 270,2\text{В}$.
- Напряжение на 108-м элементе АБ (цепи ШУ) $U_{108} = 242\text{В}$.

- Сопротивление петли «плюс-минус» на участке от АБ до клемм аппарата защиты - $R_{\text{ЛП}}=0,012\text{Ом}$ (измеренное значение).

Значение тока КЗ на выходных клеммах аппарата защиты составляет:

$$I_{\text{КЗ}} = U_{120}/(R_{\text{ЛП}}+r_{\text{АБ120}}) = 270,2/(0,012+0,077) = 3036\text{А}$$

Длительность прерывания напряжения равно времени срабатывания плавкого предохранителя ПН-2, 400А и определяется по верхней границе (наибольшее время срабатывания) его время-токовой характеристики. Время срабатывания плавкого предохранителя при токе КЗ 3036А составляет 3 секунды (Рис. 12).

Глубина провала напряжения на АБ (108-й элемент) составляет:

$$\Delta U = I_{\text{КЗ}} \cdot r_{\text{АБ108}} = 3036 \cdot 0,069 = 209\text{В}$$

Вывод: длительность прерывания напряжение на шинах ЩПТ при КЗ в распределительной линии ШП составляет $t_{\text{ПР}}=3\text{с}$ и превышает допустимое значения, установленное ГОСТ Р 51317.6.5-2006.

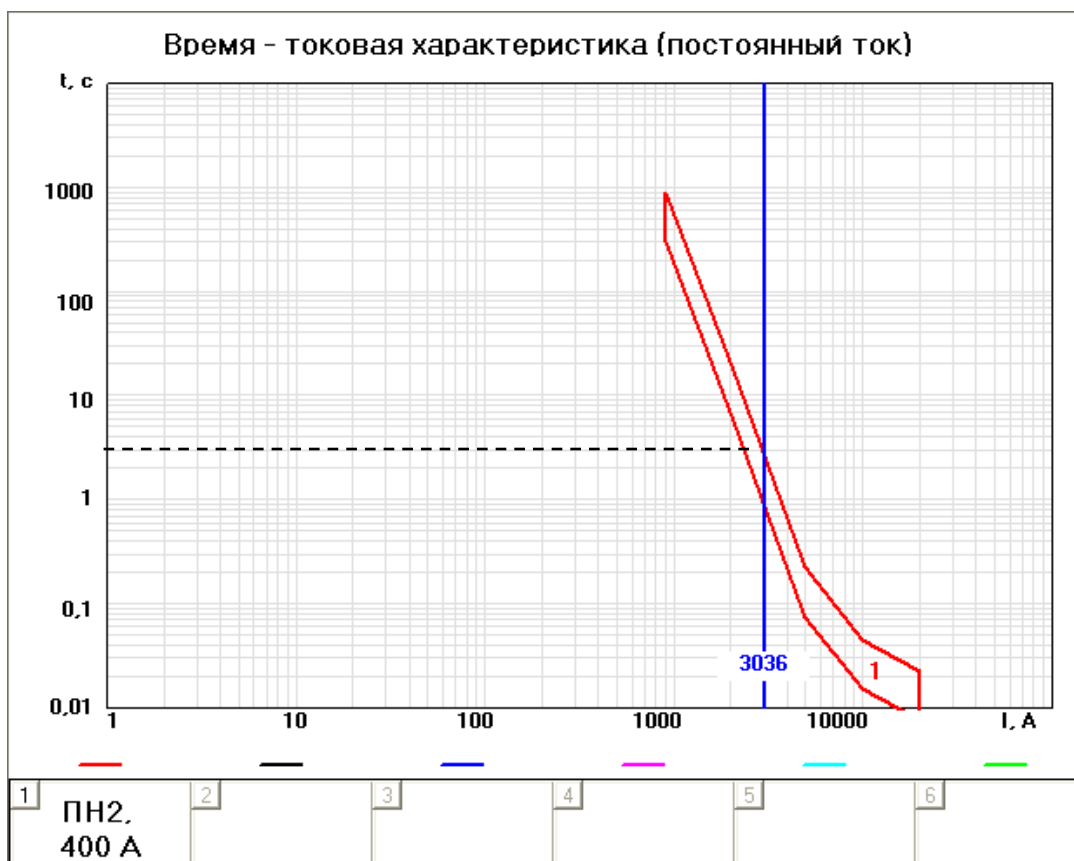


Рис. 12 Время-токовая характеристика плавкого предохранителя ПН-2, 400А с графическим изображением тока металлического КЗ.

6.8.5 Источниками импульсных помех в сети СОПТ являются:

- коммутации силового оборудования и КЗ в первичных цепях (повторяющиеся колебательные затухающие помехи);
- помехи от молнии (при прямом воздействии – микросекундные импульсные помехи, при непрямом воздействии – одиночные колебательные затухающие помехи);
- коммутации в сети СОПТ (коммутации при выпрямлении переменного тока, дребезг контактов реле и контакторов приводов выключателей) (наносекундные импульсные помехи).

6.8.5.1 Определение уровней импульсных помех при воздействии токов КЗ и коммутаций силового оборудования проводят посредством имитационных измерений. Для этих целей используют генератор высокочастотных импульсов, имитирующий источник затухающих колебательных помех частотой $0,5 \div 2$ МГц. Генератор подключают между одним из полюсов сети СОПТ и «землём» на распределительном устройстве.

В соответствии с СО 34.35.311-2004 выбирают наиболее дальнее и наиболее близкое от ЩПТ оборудование, а также 1-2 единицы оборудования между ними. При этом получают осциллограмму выходного импульса напряжения (рис. 13) и регистрируют его амплитудное значение U_{A1} . Аналогичные измерения между одним из полюсов СОПТ и «землём» проводят на панелях ГЩУ или РЩ в цепях ШУ. По осциллограмме напряжения (рис.14) определяют. Далее для каждой пары измерений рассчитывают коэффициент затухания при прохождении импульса из цепей питания оборудования РУ в цепи питания РЩ:

$$K_3 = U_{A1} / U_{A2}.$$

Амплитуду ожидаемого импульса напряжения в цепях ШУ РЩ при воздействии реального источника помех определяют из соотношения:

$$U_{A2 P} = U_{A1 P} / K_3,$$

где $U_{A1 P}$ - амплитудное значение напряжения помех в цепях питания РУ при воздействии реального источника помех.

$$U_{A1 P} = (I_{BЧ КЗ} \times R_{ИМП}) / K_{ПЕР},$$

где $I_{BЧ КЗ}$ - амплитудное значение высокочастотной составляющей тока КЗ (для 10кВ принимается $I_{BЧ КЗ} = 0,1$ кА, для 35кВ - 0,3кА, для 110кВ - 1 кА, для 220кВ - 2 кА, для 330 кВ - 2,5 кА, для 500 кВ - 3,5 кА, для 750 кВ - 4,5 кА),

$R_{ИМП}$ - импульсное сопротивление заземлителя (измеряется с помощью генератора высокочастотных импульсов на частоте $0,5 \div 2$ МГц по методу амперметра-вольтметра в соответствии с СО 34.35.311-2004),

$K_{\text{ПЕР}}$ - коэффициент передачи импульса напряжения из цепей заземления оборудования в цепи питания СОПТ (на полюс) через паразитные ёмкости (см. таблицу 2).

Таблица 2

Значения $K_{\text{ПЕР}}$ для сигнальных цепей высоковольтных выключателей

Класс напряжения	Экран (броня)	Заземление экрана	$K_{\text{ПЕР}}$	
			синфазная помеха	противофазная помеха
110-220кВ	н/э	-	2,4	6,4
	э	с 2-х сторон	8,6	13,5
330 и выше	н/э	-	17	50
	э	с 2-х сторон	18	20
	э	с одной стороны	4,7	10

Максимальное из измеренных значений $U_{\text{maxA2 P}}$, сравнивают с допустимой амплитудой импульсных помех, установленной ГОСТ Р 51317.6.5-2006 и ГОСТ Р 51317.4.12 - 99. Требования ЭМС выполняются, если выполняется условие:

$$U_{\text{maxA2 P}} \leq U_{\text{A2 доп.}}$$

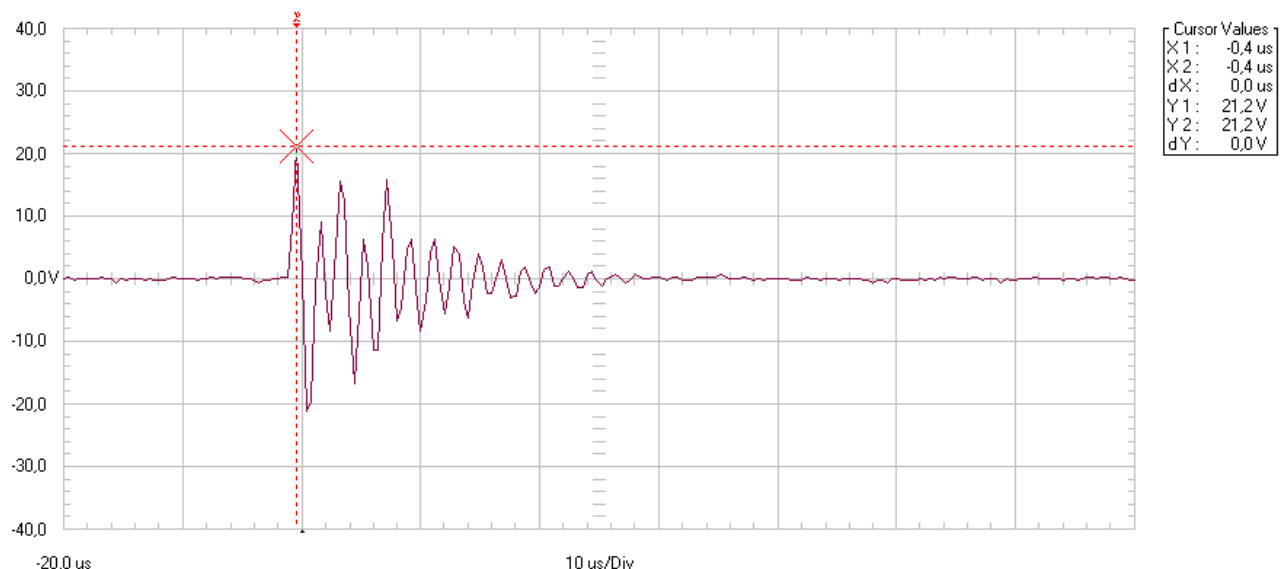


Рис. 13 Типичная осциллограмма импульса напряжения в цепях ШП на ОРУ-110кВ при имитации воздействия источника импульсных помех.

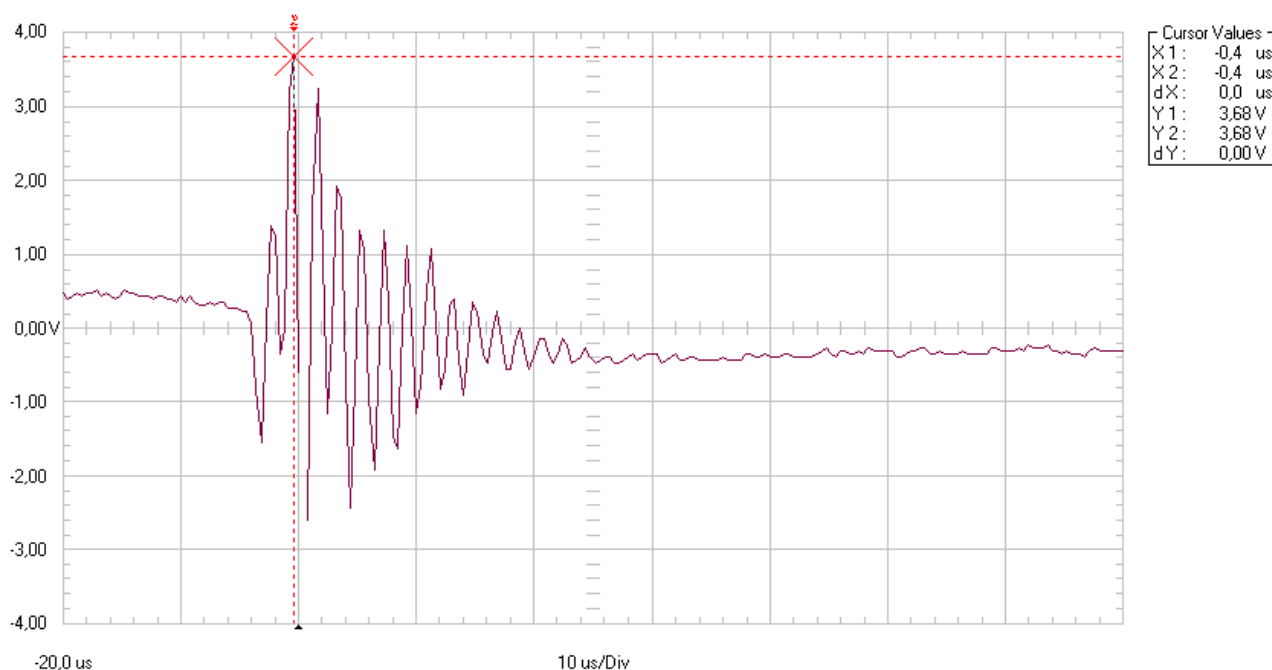


Рис. 14 Типичная осциллограмма импульсных помех в цепях питания РЗА на релейном щите.

Пример

Проверка выполнения условий ЭМС при воздействии токов КЗ на цепи РЗА.

Исходные данные:

- Подстанция класса напряжения 110кВ.
- Импульсное сопротивление заземлителя $R_{\text{ИМП}}=300\text{Ом}$ (измеренное значение).
- Коэффициент передачи импульса напряжения $K_{\text{ПЕР}}=2,4$ (синфазная помеха), $K_{\text{ПЕР}} = 6,4$ (противофазная помеха).
- Осциллограммы импульсов напряжения для одной точки подключения представлены на рис. 14, 15.
- В соответствии с ГОСТ Р 51317.4.12-99 (3-я степень жёсткости для колебательных затухающих помех) предельно допустимые амплитуды импульсов напряжения составляют: 2,5кВ для синфазных помех и 1,0кВ для противофазных помех

Определяется коэффициент затухания:

$$K_3 = U_{A1} / U_{A2} = 21,2\text{В} / 3,68\text{В} = 5,76$$

Амплитуды импульсов напряжения при воздействии высокочастотной составляющей тока КЗ на цепи СОПТ ОРУ составляют:

$$U_{A1P}(\text{синфазная помеха}) = (I_{\text{ВЧ КЗ}} \cdot R_{\text{ИМП}}) / K_{\text{ПЕР}} = (1000\text{А} \cdot 300\text{Ом}) / 2,4 = 12,5\text{кВ}$$

$$U_{A1P}(\text{противофазная помеха}) = (I_{\text{ВЧ КЗ}} \cdot R_{\text{ИМП}}) / K_{\text{ПЕР}} = (1000\text{А} \cdot 300\text{Ом}) / 6,4 = 4,7\text{кВ}$$

Амплитуды ожидаемых импульсов напряжения в цепях питания РЩ равны:

$$U_{A2P}(\text{синфазная помеха}) = 12,5\text{кВ} / 5,76 = 2,17\text{кВ}$$

$$U_{A2P} (\text{противофазная помеха}) = 4,7 \text{ кВ} / 5,76 = 0,82 \text{ кВ}$$

Выводы: на ПС выполняются условия ЭМС при воздействии токов КЗ на цепи РЗА.

6.8.5.2 Проверку выполнения условий ЭМС при воздействии молнии проводят посредством имитационных измерений. Для этих целей используют генератор апериодических импульсов, имитирующий источник тока молнии.

Если здание не входит в зону защиты отдельно стоящих молниеотводов или грозозащитных тросов, то имитируют удар молнии в молниезащитную сетку здания или (при ее отсутствии) в металлоконструкции крыши здания (доступ к металлоконструкции может быть и внутри здания).

Для измерения напряжения на молниеотводе потенциальный электрод располагают в противоположной от токового электрода стороне на расстоянии не менее 50м от молниеотвода или здания. С помощью осциллографа снимают осциллограмму импульса напряжения на молниеотводе в месте подключения генератора относительно потенциального электрода и регистрируют его амплитудное значение U_{A1} . Аналогичные измерения между одним из полюсов и «землём» проводят в здании релейного щита в цепях ШУ. По осциллограмме определяют амплитудное значение импульса напряжения помех U_{A2} и рассчитывают коэффициент затухания при проникновении импульса из цепей системы молниезащиты в цепи питания РЦ:

$$K_{3 \text{ мол}} = U_{A1} / U_{A2}.$$

Далее определяют амплитуду ожидаемого импульса напряжения в цепях ШУ РЦ при воздействии реального тока молнии из соотношения:

$$U_{A2P} = U_{A1P \text{ мол}} / K_{3 \text{ мол}},$$

где $U_{A1P \text{ мол}}$ - амплитудное значение напряжения на молниеотводе при протекании по нему тока молнии.

$$U_{A1P \text{ мол}} = I_{\text{мол}} \times R_{\text{имп}},$$

где $I_{\text{мол}}$ - амплитудное значение тока молнии (принимается равным 100кА), $R_{\text{имп}}$ – импульсное сопротивление молниеотвода.

Полученное значение U_{A2P} сравнивают с допустимой амплитудой импульсных помех, установленной ГОСТ Р 51317.6.5-2006 (4 степени жесткости – 4кВ относительно «земли»). Требования ЭМС выполняется при соблюдении условия:

$$U_{A2P} \leq U_{A2 \text{ доп.}}$$

6.8.5.3 Проверку выполнения условий ЭМС при воздействии наведенных перенапряжений от молнии проводят расчётным способом с помощью компьютерной программы *INTERFERENCES*. Для проведения расчётов используют следующие данные:

- схему расположение молниеотводов на ОРУ подстанции с привязкой к зданию РЩ с указанием геометрических размеров;
- схему трасс прокладки кабелей вторичной коммутации на ОРУ с указанием геометрических размеров;
- способ прокладки кабелей вторичной коммутации (в земле или на поверхности земли на лотке) с указанием глубины прокладки, материала канала (лотка), количества кабелей в пучке, использования экрана (данные необходимы для определения коэффициента экранирования).

Наличие заземляющего устройства учитывается в коэффициенте экранирования. Значения коэффициентов экранирования для наиболее типичных случаев прокладки кабелей представлены в таблице 3. При наличии нескольких экранов их коэффициенты экранирования следует перемножить.

Таблица 3

Коэффициенты экранирования для наиболее мощных источников наводок.

Источники наводок	Молния 0,25/100 мкс, коммутации и КЗ на ОРУ
Кабельный экран	10
Стальная труба	10
Металлический короб	3-5
Соседние кабели (если их >10)	2
Кабельный канал	5
Кабельный тоннель	50

Расчёты наведённых напряжений в кабелях проводятся для импульса тока молнии с параметрами 0,25/100 мкс, амплитудой 25кА.

Полученные расчётные значения $U_{A \text{ расч}}$ сравнивают с допустимой амплитудой импульсных помех, установленной ГОСТ Р 51317.6.5-2006 (4 степени жесткости – 4кВ относительно земли). Требования ЭМС выполняются при соблюдении условия:

$$U_{A \text{ расч}} \leq U_{A \text{ доп}}.$$

6.8.5.4 Проверку выполнения условий ЭМС при коммутациях в сети СОПТ (наносекундные импульсные помехи) осуществляют в следующем порядке:

- определяют наличие (отсутствие) одновременного функционирования на подстанции электромеханических (ЭМ) и микропроцессорных (МП) устройств релейной защиты и автоматики (РЗА);
- определяют схему электропитания ЭМ и МП устройств РЗА (радиальная, кольцевая).

Наличие на ЩПТ УЗИП не имеет значения, так как наносекундные помехи до УЗИП не доходят из-за сильного затухания.

Условия ЭМС в части наносекундных импульсных помех обеспечиваются при выполнении одного из условий:

- на ПС одновременно не используются ЭМ и МП устройства РЗА;
- на ПС одновременно используются ЭМ и МП устройства РЗА, но они получают электропитание по раздельным цепям (используется радиальная схема).

5.9 Измерение ёмкости сети на «землю».

Измерение ёмкости на «землю» осуществляют посредством подключения резистора сопротивлением в несколько Ом между отрицательным или положительным полюсом и «землёй» (рис. 15).

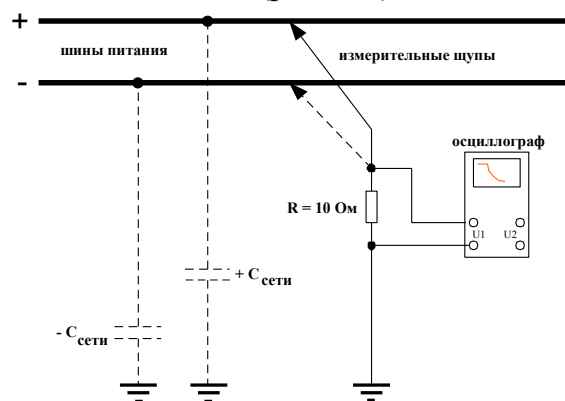


Рис. 15 Измерительная схема для определения ёмкости сети на «землю»

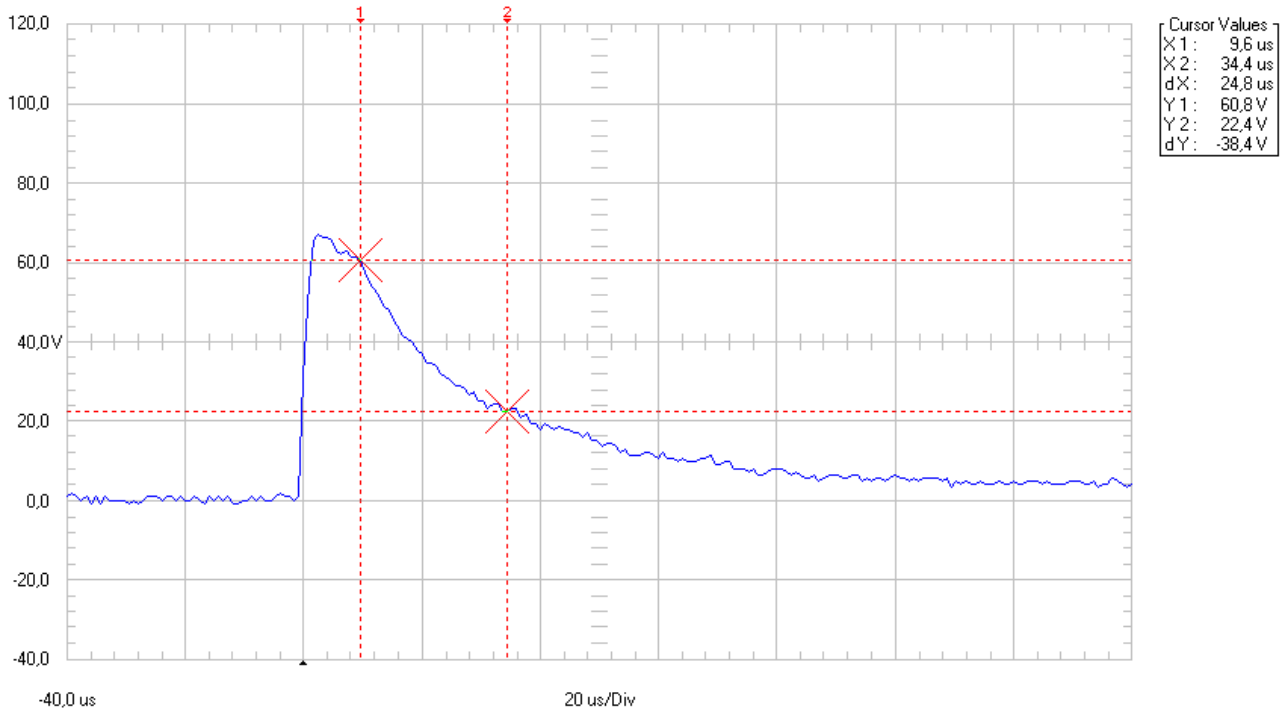


Рис. 16 Типичная осциллограмма разряда ёмкости сети на «землю» через резистор сопротивлением 10 Ом.

По осциллограмме напряжения на резисторе (рис.16) определяют постоянную времени разряда сети СОПТ на «землю» τ и рассчитывают её ёмкость:

$$C_{\text{сети}} = \tau / R.$$

7 Методика проведения расчетов для определения состояния системы оперативного постоянного тока

7.1 Расчёт токов короткого замыкания.

7.1.1 Расчёт токов КЗ следует проводить с помощью специальной компьютерной программы, например, *GUDCSETS* «Расчет коротких замыканий в электроустановках постоянного оперативного тока напряжением 24 - 220В» (см. Приложение Г).

7.1.2 Схема замещения СОПТ для проведения расчётов токов КЗ должна быть составлена на основе исполнительной схемы.

При подготовке исходных данных для проведения расчетов токов КЗ необходимо определить:

- расчетную схему (нормальный, ремонтный режим работы оборудования);
- место КЗ (шины ЩПТ, начало или конец кабельных линий);
- вид КЗ (металлическое, дуговое);
- продолжительность КЗ (определяется по времени срабатывания основной или резервной защит);
- предшествующий режим (начальная температура кабелей в зависимости от условий эксплуатации).

7.1.3 Для проверки отключающей способности защитного аппарата должен быть рассчитан ток металлического КЗ на его зажимах со стороны источника питания. Для защитных аппаратов, установленных в ЩПТ, расчётным является ток металлического КЗ на шинах ЩПТ.

Для проверки чувствительности защитного аппарата должен рассматриваться режим минимальных токов, т. е. рассчитывается ток дугового КЗ в конце защищаемой им кабельной линии или на зажимах конечного электроприёмника для ремонтного режима работы оборудования в режиме предельно допустимого разряда АБ. Для расчета минимальных токов следует ориентироваться на предшествующий режим, соответствующий максимальной начальной температуре жил (+70°C для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией).

Для проверки термической стойкости кабельной линии должен рассматриваться режим максимальных токов, т. е. рассчитываются токи металлического КЗ в конце линии и дугового тока КЗ в начале линии. Проверка термической стойкости кабельной линии осуществляется для наибольшего значения тока, выбранного из двух расчётных значений. Для расчета термической стойкости следует ориентироваться на максимальную начальную температуру жил (+70°C).

Для проверки невозгораемости кабельной линии при отказе основной защиты и работе резервной должен рассматриваться режим максимальных токов, т. е. рассчитывается ток металлического КЗ в конце кабельной линии и ток дугового КЗ в начале линии, за резервируемым защитным аппаратом. Проверка невозгораемости кабельной линии следует осуществлять для наибольшего значения тока, выбранного из двух расчётных значений. Расчетная продолжительность КЗ, при проверке невозгораемости кабелей, должна задаваться исходя из полного времени отключения КЗ аппаратом резервной защиты. Для расчета невозгораемости следует ориентироваться на максимальную начальную температуру жил (+70°C).

7.1.4 Сравнением расчётных значений металлических токов КЗ с измеренными токами КЗ в одних и тех же точках сети СОПТ оценивают состояние их контактных соединений. Если эти значения существенно различаются (более чем на 20%), то следует выполнить измерения по определению контактных соединений с повышенным сопротивлением, и указать их в ведомости дефектов.

Характерными точками являются:

- шины ЩПТ;
- выходные клеммы защитных аппаратов (или рубильников) цепей питания шинок управления (ШУ), установленных во вводных панелях РЩ или ГЩУ;
- выходные клеммы защитных аппаратов цепей питания защит, установленных в панелях РЩ;
- выходные клеммы защитных аппаратов цепей питания ШУ во вводных шкафах секций КРУ-6, 10кВ;
- выходные клеммы защитных аппаратов цепей питания шин приводов (ШП) во вводных шкафах секций КРУ-6, 10кВ;
- входные и выходные клеммы секционных выключателей цепей питания ШУ и ШП в секционных шкафах КРУ-6, 10кВ;
- выходные клеммы защитных аппаратов цепей питания ШП во вводных и распределительных шкафах ОРУ-110, 220кВ.

7.2. Расчеты по проверке селективности защитных аппаратов.

7.2.1 Расчёты по проверке селективности защитных аппаратов осуществляют с помощью компьютерной программы *DCSELECTIV* (см. Приложение Г).

7.2.2 Перед построением карт селективности строят графы, соответствующие цепочкам последовательно соединённых аппаратов разных ступеней защиты (рис. 17 а, б). Для построения графов используют исполнительную схему СОПТ подстанции.

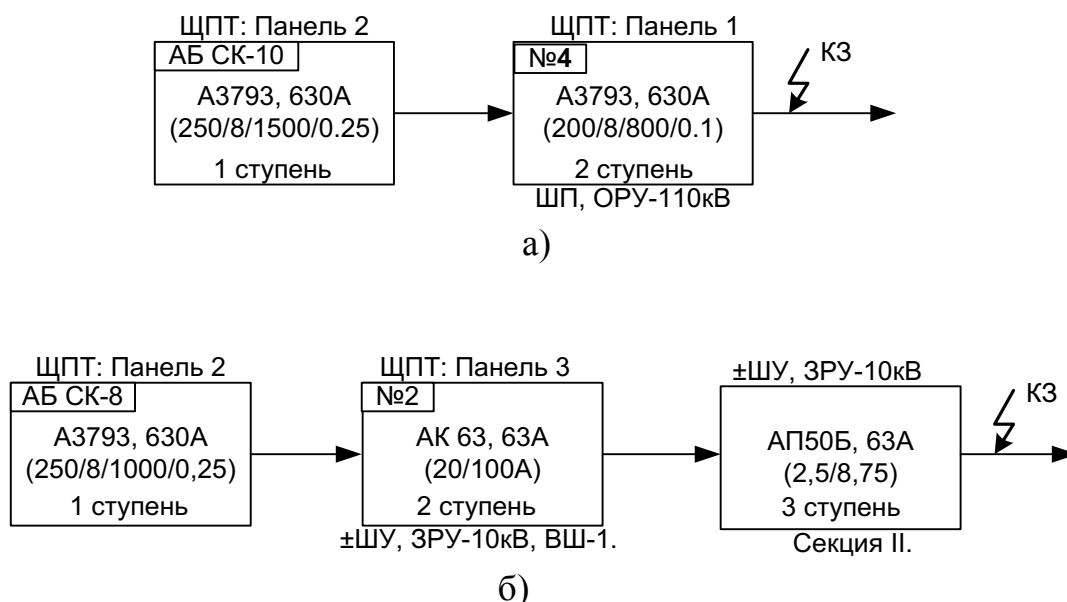


Рис.17 Графы, соответствующие цепочкам последовательно соединённых аппаратов двух (а) и трёх (б) ступеней защиты.

7.2.3 В соответствии с графами на картах селективности строят время-токовые характеристики аппаратов разных ступеней защиты.

На каждой карте указывают расчётные значения токов КЗ: металлического в начале линии и дугового в конце линии, а также дугового КЗ в конце линии в ремонтном режиме работы оборудования в режиме предельно допустимого разряда АБ, т. е. указывают полный диапазон возможных значений токов КЗ в линии (рис.18).

На карте селективности наносят также значения измеренных токов КЗ в начале и конце линии.

По точкам пересечения минимальных и максимальных расчётных значений токов с верхней и нижней границами время-токовых характеристик определяют диапазон времени и очередность срабатывания каждого аппарата защиты.

Проверяют селективность аппаратов защиты:

- вводного (батарейного) защитного аппарата (1-ая ступень защиты) и каждого установленного в ЩПТ аппарата защиты распределительной линий (2-ая ступень защиты) при КЗ в распределительной линии в зоне действия аппарата 2-ой ступени защиты;
- вводного (батарейного) защитного аппарата (1-ая ступень защиты), аппарата защиты распределительной линий (2-ая ступень защиты) и аппарата защиты групповой линии (3-я ступень защиты) при КЗ в групповой линии в зоне действия аппарата 3-ей ступени защиты.

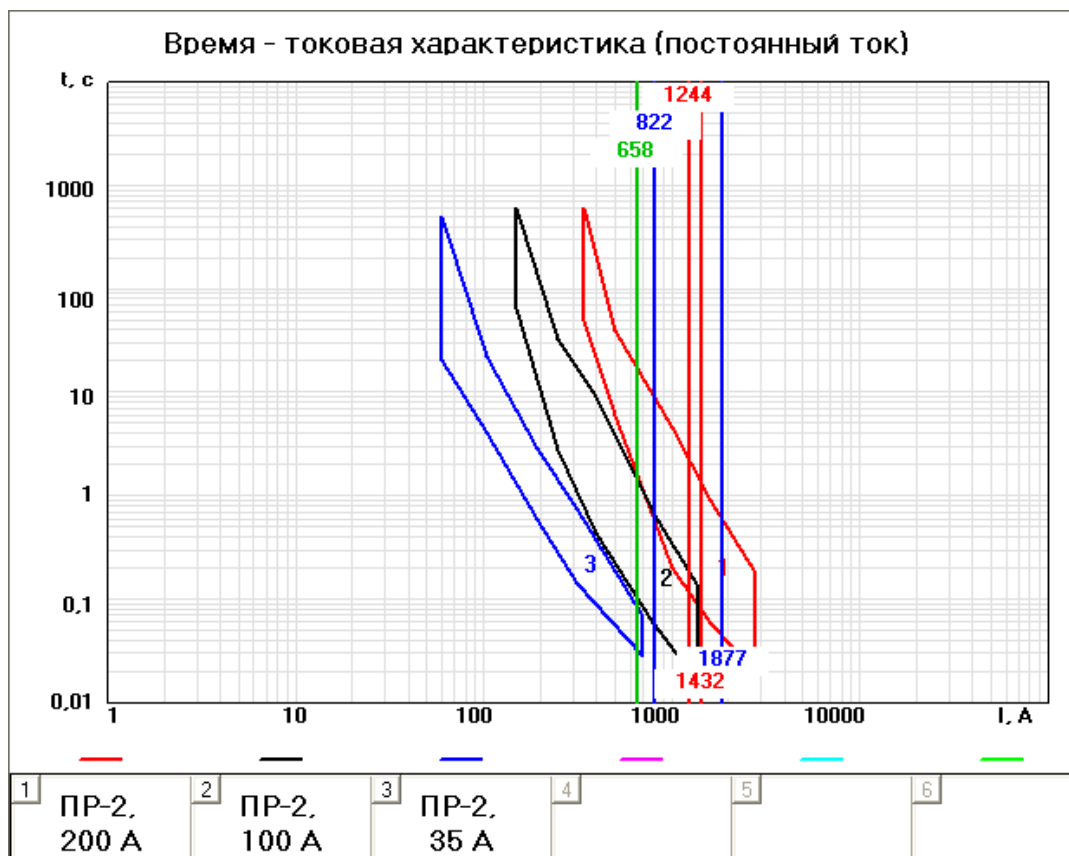
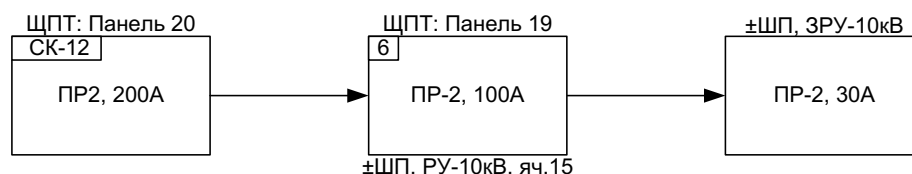


Рис. 18 Типичная карта селективности защитных аппаратов: вводного №1 (ПР-2, 200А), аппарата №2 распределительной линии (ПР-2, 100А) и аппарата №3 групповой линии ПР-2, 30А). Токи КЗ в групповой линии: расчётные значения металлического и дугового токов КЗ в нормальном режиме работы оборудования (синие линии), ток дугового КЗ в конце линии в ремонтном режиме работы оборудования (зелёная линия) и измеренные значения токов КЗ в начале и конце линии (красные линии).

8. Анализ результатов измерений и расчетов.

8.1. Анализ исполнительной схемы СОПТ.

8.1.1 Анализ исполнительной схемы СОПТ должен проводиться на соответствие требованиям нормативных документов.

8.1.2 При анализе исполнительной схемы СОПТ следует обращать внимание на:

- правильность подключения секций ЩПТ к АБ;
- наличие и положение (Откл., Вкл.) секционных рубильников или выключателей в цепях ШУ и ШП (ГЩУ, РЩ, ОРУ, КРУ) (наличие за-

мкнутых колец питания недопустимо, питание потребителей от одной из секций ЩПТ возможно только в ремонтном режиме работы);

- соответствие переключателя в цепи 100-ого элемента АБ току короткого замыкания на шинах ЩПТ;
- наличие секционирования и резервирования питания цепей ШУ и ШП (ГЩУ, РЩ, КРУ, ОРУ);
- наличие защитных аппаратов во всех отходящих от ЩПТ распределительных линиях;
- соответствие уставок аппаратов защиты сечениям защищаемых ими проводников.
- наличие на каждом ЩПТ 2-х зарядных устройств (основного и резервного или двух основных включенных на параллельную работу);
- наличие отдельного канала ЗУ для предотвращения перезаряда концевых элементов или регулируемого разрядного сопротивления концевых элементов АБ;
- наличие устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).

8.1.3 При проведении анализа исполнительной схемы следует рассматривать:

- возможность автономного электропитания секций ЩПТ от АБ;
- возможность секционирования и резервирования питания шинок управления (ШУ) и шин приводов (ШП) (на РЩ, ГЩУ, КРУ и ОРУ).

Пример.

Исполнительная схема СОПТ подстанции имеет следующие недостатки:

- питание 1-ой секции шин ЩПТ осуществляется через секционный рубильник со 2-ой секции шин;
- цепи ШУ, ШП РУ-10кВ имеют резервирование, но не имеют секционирования (отсутствует секционный рубильник);
- цепи ШУ, ШП РУ-6кВ имеют резервирование, но не имеют секционирования (отсутствует секционный рубильник);
- цепи ШУ РУ-10 кВ работают с замкнутым кольцом питания, что недопустимо;
- цепи ШУ РУ-6 кВ работают с замкнутым кольцом питания, что недопустимо.

8.2 Анализ отключающей способности защитных аппаратов.

8.2.1 При проведении анализа отключающей способности низковольтных автоматических выключателей и плавких предохранителей значение предельно допустимого тока КЗ для конкретного защитного аппарата $I_{\text{пред. доп. КЗ}}$ сравнивают с расчётным значением тока металлического КЗ $I_{\text{макс. КЗ}}$ на зажимах защитного аппарата обращённых в сторону источника питания

(в данном случае в сторону АБ) или со стороны наиболее мощного источника питания. Например, при проверке отключающей способности защитного аппарата ЗУ рассчитывают ток КЗ на шинах ЦПТ.

Недопустимо выбирать расчетную точку КЗ за коммутационным аппаратом (со стороны нагрузки), т. к. это не будет соответствовать условиям проведения испытаний коммутационных аппаратов, предусмотримых ГОСТ Р 50030.1-2000.

Отключающая способность обеспечивается при выполнении следующего условия:

$$I_{\text{пред. доп. КЗ}} \geq I_{\text{макс. КЗ}}$$

8.2.2 Предельно допустимый ток КЗ защитного аппарата определяют из технического паспорта завода-изготовителя. Значения предельно допустимых токов КЗ при напряжении постоянного тока 220-240В для наиболее распространенных аппаратов защиты, устанавливаемых в сети СОПТ, представлены в таблицах 5, 6.

Таблица 5

Значения предельно допустимых токов при напряжении постоянного тока 220-240В для автоматических выключателей типа АВМ-4, АВМ-10, АК-63, АЗ700

Тип автоматического выключателя	Предельно допустимый ток КЗ, кА
АК63-1М, АК63-1МГ	3
АК63-2М, АК63-2МГ	5
АВМ-4, АВМ-10	40
АЗ733С	30
АЗ743С	35
АЗ713Б, АЗ723Б, АЗ733Б, АЗ743Б	110
АЗ793СУЗ, АЗ793СХЛЗ, АЗ793СТЗ, АЗ793БУЗ, АЗ793БХЛЗ, АЗ793БТЗ	111,1

Таблица 6

Значения предельно допустимых токов при напряжении постоянного тока 220-240В для автоматических выключателей типа АЗ700, АП 50Б

Тип автоматического выключателя	Номинальный ток макс. расцепителя, А	Предельный допустимый ток КЗ, кА
АЗ715Б	16	5
	20	6
	25	8
	32	16
	40	26
	50	35
	63	40
	80	60
	100	80
	125 160	100
АЗ725Б	160	80
	200	100
	250	
АЗ735Б	250	80
	320	100
	400	
АЗ745Б	400	100
	500	
	630	
АП 50Б	1,6	0,5
	2,5	0,7
	4	1,0
	6,3	1,4
	10; 16; 25; 40; 50; 63	2,5

8.3 Анализ чувствительности защитных аппаратов.

8.3.1 Анализ чувствительности автоматических выключателей осуществляют сравнением минимального расчётного значения тока дугового КЗ в защищаемой ими кабельной линии (режим минимальных токов) с уставкой электромагнитного расцепителя (ЭМР). Чувствительность обеспечивается при выполнении условия:

$$I_{\text{мин. КЗ}} / I_{\text{уст. ЭМР}} \geq K_{\text{зап.}},$$

где $K_{\text{зап.}}$ - коэффициент запаса, который обычно находится в диапазоне 1,13÷1,43. Коэффициенты запаса для автоматических выключателей

различных типов представлены в паспортах заводов-изготовителей. При отсутствии достоверных данных о разбросе параметров срабатывания проверяемого автоматического выключателя, минимальный коэффициент чувствительности принимается равным 1,5.

8.3.2 Проверку чувствительности плавких предохранителей (ПП) осуществляют сравнением минимального расчётного значения тока дугового КЗ в защищаемой ими кабельной линии (режим минимальных токов) с номинальным током предохранителя. Чувствительность обеспечивается при срабатывании плавких предохранителей (ПП) за время не превышающее 0,4 с в соответствии с требованиями ПУЭ (7-е издание, п.1.7.161).

8.4 Анализ состояния защитных аппаратов.

Анализ состояния защитных аппаратов проводят по результатам визуального осмотра (с установлением года выпуска и времени эксплуатации) и проверки работоспособности.

Аппарат считают не прошедшим проверку в следующих случаях:

- аппарат механически не исправен;
- не сработал ЭМР при испытаниях;
- ЭМР сработал, но время и ток срабатывания ЭМР не соответствуют его паспортной время-токовой характеристике на постоянном токе.

В случае несоответствия времени и тока срабатывания ЭМР паспортной характеристике допускается временное использование аппарата защиты в случае, если аппарат выполняет свои защитные функции при реальных токах КЗ и не нарушается селективность при его работе с аппаратами других ступеней защиты.

8.5 Анализа термической стойкости и невозгораемости проводников и кабелей.

8.5.1 Оценку термической стойкости проводников и кабельных линий проводят по максимальному нагреву жил в следующем порядке:

1). Рассчитывают ток металлического КЗ в конце линии и ток КЗ дугового КЗ в начале линии (значение тока дугового КЗ в начале линии может превышать значение тока металлического КЗ). Термическую стойкость проверяют для большего из двух значений токов КЗ.

2). Рассчитывают температуру кабельной линии (с учётом её начальной температуры) с момента возникновения тока КЗ до момента срабатывания основной защиты и полного отключения тока КЗ. Длительность короткого замыкания $t_{кз}$ определяют следующим образом:

а) если чувствительность АВ обеспечивается - $t_{кз}$ задается исходя из полного времени отключения КЗ ЭМР аппарата основной защиты, которое, для АВ, не имеющих задержки срабатывания, принимается равным 0,1с.

б) если чувствительность АВ для максимального расчётного тока КЗ

не обеспечивается - $t_{кз}$ задается исходя из полного времени отключения КЗ ТР аппарата основной защиты, которое определяют по верхней границе его время-токовой характеристики;

в) для ПП, независимо от того, обеспечивается его чувствительность или нет $t_{кз}$ задают исходя из полного времени отключения КЗ, которое определяют по верхней границе его время-токовой характеристики.

Температура кабельной линии θ_K при адиабатическом нагреве рассчитывают из формулы:

$$I^2_{кз} t_{кз} = K^2 S^2 \ln [(\theta_K + \beta)/(\theta_H + \beta)] ,$$

где $I_{кз}$ – среднеквадратичное значение тока короткого замыкания, определенное с учетом «теплого спада» [А],

$t_{кз}$ - длительность короткого замыкания [с];

S - площадь сечения токопроводящих жил провода или кабеля [мм²];

K - постоянная, зависящая от материала токопроводящих жил провода или кабеля [А·с^{1/2} /мм²],

θ_K - конечная температура провода или кабеля [°С];

θ_H - исходная температура провода или кабеля [°С];

β - величина, обратная температурному коэффициенту сопротивления материала токопроводящих жил провода или кабеля при 0°С [К].

Значения коэффициентов K и β для различных материалов токопроводящих жил представлены в таблице 7.

Таблица 7

Значения коэффициентов K и β для различных материалов токопроводящих жил

Материал токопроводящей жилы	$K, \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$	$\beta, \text{ К}$
Медь	226	234,5
Алюминий	148	228

3). Расчётное значение температуры θ_{K1} сравнивается с предельно допустимой температурой нагрева кабеля или провода $\theta_{\text{пред. доп. терм.}}$. Проводник удовлетворяет требованию термической стойкости, если выполняется условие:

$$\theta_{K1} \leq \theta_{\text{пред. доп. терм.}}$$

Значения предельно допустимой температуры нагрева различных проводников при коротких замыканиях представлены в таблице 8.

Таблица 8

Значения предельно допустимой температуры нагрева различных проводников при коротких замыканиях

Вид проводника	$\theta_{\text{пред. доп. терм., } ^\circ\text{C}}$
Шины алюминиевые	200
Шины медные	300
Кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами с изоляцией из:	
поливинилхлорида (ПВХ)	160
резины	160
сшитого полиэтилена (СПЭ)	250

8.5.2 Оценку невозгораемости проводников и кабельных линий проводят по максимальному нагреву жил в следующем порядке:

1). Рассчитывают ток металлического КЗ в конце линии и ток дугового КЗ в начале линии (значение тока дугового КЗ в начале линии может превышать значение тока металлического КЗ). Термическую стойкость проверяют для большего из двух значений токов КЗ.

2). Рассчитывают температуру кабельной линии (с учётом её начальной температуры) с момента возникновения тока КЗ до момента срабатывания аппарата резервной защиты и полного отключения тока КЗ. Если аппаратом резервной защиты является автоматический выключатель - длительность короткого замыкания $t_{\text{кз}}$ задают исходя из полного времени отключения тока КЗ его ТР и определяют по верхней границе время-токовой характеристики. Если аппаратом резервной защиты является ПП - длительность короткого замыкания $t_{\text{кз}}$ определяют по верхней границе его время-токовой характеристики. Температура кабельного изделия рассчитывают по формуле 2.4.

3). Расчётное значение температуры $\theta_{\text{к2}}$ сравнивают с предельно допустимой температурой невозгораемости кабеля или провода $\theta_{\text{пред. доп. невозг.}}$. Проводник удовлетворяет требованию невозгораемости, если выполняется условие:

$$\theta_{\text{к2}} \leq \theta_{\text{пред. доп. невозг.}}$$

Предельно допустимая температура невозгораемости кабеля или провода с пластмассовой (поливинилхлоридный пластификат) и резиновой изоляцией принимается равной 350°C в соответствии с Циркуляром №Ц-02-98(Э).

8.6 Анализ состояния контактных соединений.

При проведении анализа состояния контактных соединений рассчитывают процент расхождения между расчётными и измеренными значениями токов КЗ в различных точках СОПТ по формуле:

$$K_{\text{расх.}}(\%) = [(I_{\text{КЗ расч.}} - I_{\text{КЗ измер.}}) / I_{\text{КЗ расч.}}] \times 100\% .$$

Расхождение между расчётными и измеренными значениями токов КЗ ($I_{\text{КЗ расч.}} \geq I_{\text{КЗ измер.}}$) обусловлено наличием повышенных переходных сопротивлений контактов в элементах цепи СОПТ по сравнению с нормированными значениями, используемыми в расчётной модели. Наличие повышенных переходных сопротивлений контактов в цепи между источником питания и нагрузкой приводит к снижению тока нагрузки и, при определённых условиях, к отказу работы оборудования. Наиболее критичным к увеличению переходного сопротивления контактов является включение электромагнитных приводов высоковольтных выключателей в КРУ или на ОРУ.

Предельно допустимый процент расхождения между расчётными и измеренными значениями токов КЗ определяется для различных типов оборудования расчётным путём с использованием данных, полученных при измерениях.

Ток, протекающий в цепи привода, рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{ПР}} = U_{\text{АБ}} / (R_{\text{О}} + R_{\text{П}} + r_{\text{АБ}}),$$

где $R_{\text{О}}$ - сопротивление обмотки электромагнита включения привода (паспортное значение);

$R_{\text{П}}$ - сопротивление петли «плюс-минус» на участке от АБ до клемм привода с учётом реального переходного сопротивления контактов (измеренное значение);

$U_{\text{АБ}}$ - напряжение на АБ в режиме подзаряда (цепи ШП, измеренное значение);

$r_{\text{АБ}}$ - внутреннее сопротивление АБ (цепи ШП, измеренное значение).

так как $r_{\text{АБ120}} \ll r_{\text{ЗУ}}$, то составляющей тока, протекающей в цепи зарядного устройства, пренебрегаем.

Расчётное значение тока включения привода $I_{\text{ПР}}$ сравнивают с паспортным значением установившегося тока включения $I_{\text{УСТ}}$. При выполнении условия $I_{\text{ПР}} \approx I_{\text{УСТ}}$ будет обеспечено включение привода, если $I_{\text{ПР}} < I_{\text{УСТ}}$ - привод не включится. Для определения предельно допустимого процента расхождения рассчитывается сопротивление петли $R_{\text{П1}}$, при котором обеспечивается включение привода:

$$R_{\text{П1}} = [E_{\text{АБ}} - (R_{\text{О}} + r_{\text{АБ}}) \times I_{\text{УСТ}}] / I_{\text{УСТ}}$$

и соответствующий $R_{\text{П1}}$ ток КЗ:

$$I_{\text{КЗ1}} = E_{\text{АБ}} / (R_{\text{П1}} + r_{\text{АБ}})$$

Предельно допустимый процент расхождения определяется из соотношения:

$$K_{\text{пред. доп. расх.}}(\%) = [(I_{\text{КЗ расч.}} - I_{\text{КЗ1}}) / I_{\text{КЗ расч.}}] \times 100\%$$

Результаты измерений и расчётов оформляются в виде протокола, который представлен в Приложении Ж.

8.7 Анализ селективности защитных аппаратов.

Анализ селективности защитных коммутационных аппаратов проводят в полном диапазоне возможных значений токов КЗ в линии: от металлического в начале линии (максимальное значение) до дугового в конце линии в ремонтном режиме работы при предельно допустимом разряде АБ (минимальное значение). Значения измеренных токов КЗ располагаются между металлическим и дуговым значениями токов КЗ.

Селективность считают выполненной в диапазоне токов КЗ, если:

- при КЗ в распределительной линии сработает аппарат 2-ой ступени защиты без срабатывания аппарата 1-ой ступени защиты (рис.19);
- при КЗ в групповой линии сработает аппарат 3-ей ступени защиты без срабатывания аппаратов 1-ой и 2-ой ступеней защиты (см. рис.18).

Селективность не выполняется в диапазоне токов КЗ в следующих случаях:

- аппарат защиты 1-ой ступени защиты может сработать раньше аппарата защиты 2-ой ступени или аппараты защиты 1-ой и 2-ой ступеней защиты могут сработать одновременно (рис.20);
- аппараты защиты 1-ой или 2-ой ступеней защиты могут сработать раньше аппарата защиты 3-ей ступени или аппараты защиты 1-ой, 2-ой и 3-ей ступеней защиты могут сработать одновременно (рис.21).

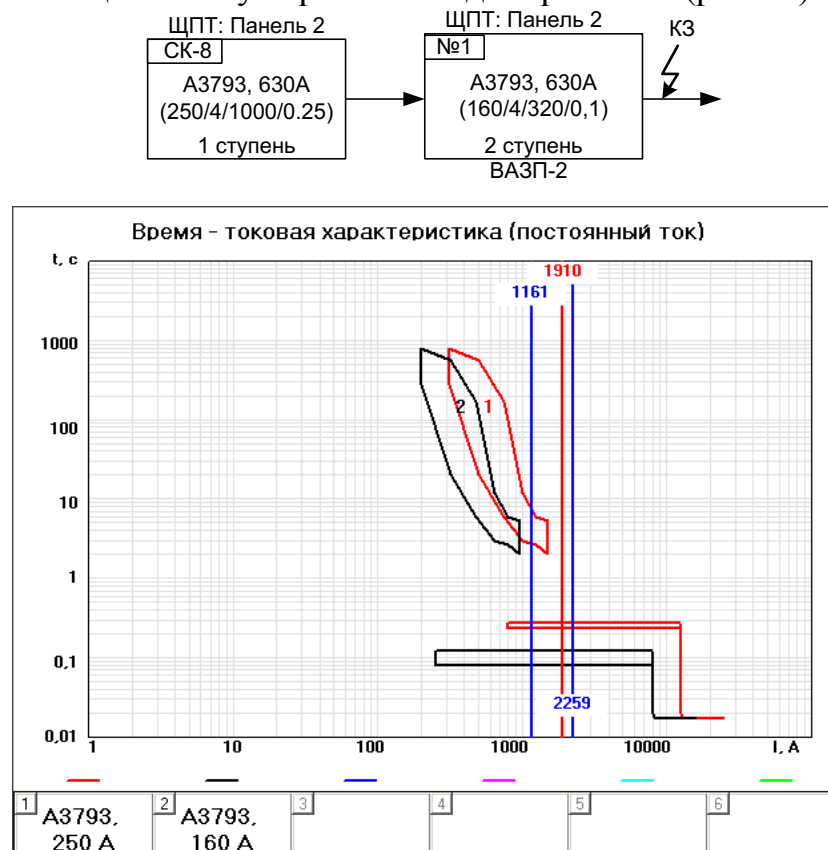


Рис. 19. Карта селективности защитных аппаратов: вводного №1 (А3793, 630А (250/4с/1000/0.25с)) и аппарата №2 распределительной линии (А3793, 630А (160/4с/320/0,1с)). Селективность аппаратов 1-ой и 2-ой ступеней защиты выполняется в диапазоне токов КЗ.

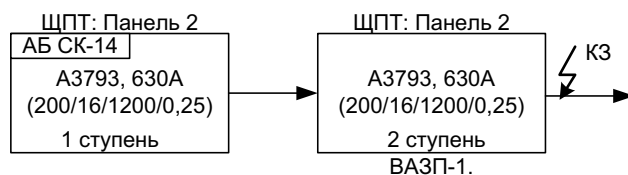


Рис. 20. Карта селективности защитных аппаратов: вводного №1 (А3793, 630А (200/16с/1200/0,25с)) и аппарата №2 распределительной линии (А3793, 630А (200/16с/1200/0,25с)). Селективность аппаратов защиты 1-ой и 2-ой ступеней не выполняется из-за полного перекрытия их времятоковых характеристик (аппараты сработают одновременно).

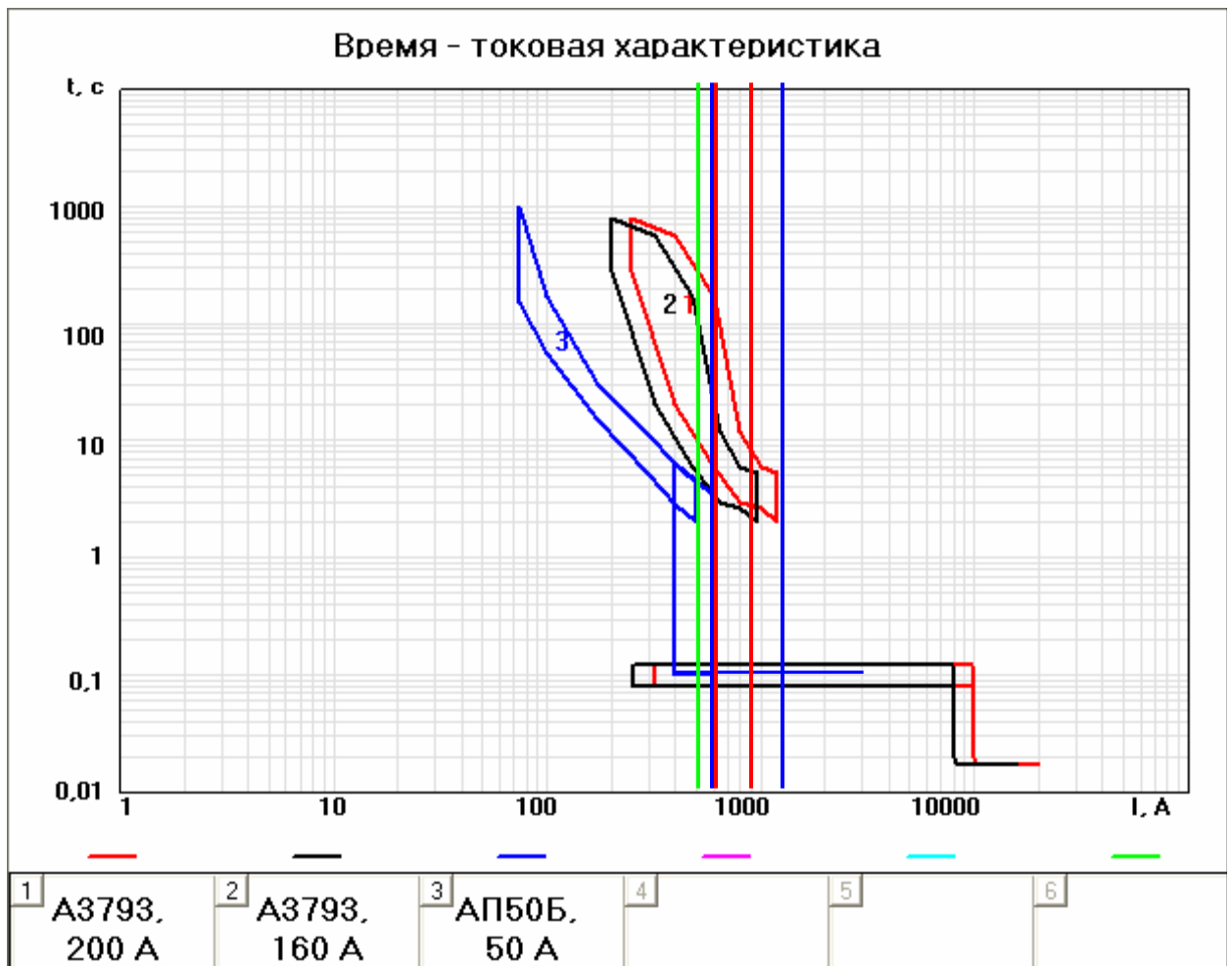


Рис. 21. Карта селективности защитных аппаратов: вводного №1 (АЗ793, 630А (200/4с/400/0,1с)), аппарата №2 распределительной линии (АЗ793, 630А (160А/4с/320А/0,1с)) и аппарата №3 групповой линии (АП50Б, 63А (50/500)).

9 Форма представления результатов

9.1 По результатам измерений и расчётов должен быть составлен Технический отчёт, в котором представляют: исполнительную схему СОПТ;

- результаты измерений и расчётов;
- протоколы измерений;
- заключение о состоянии СОПТ,
- ведомости дефектов;

- рекомендации по устранению дефектов;
- проект и смета ремонтных работ.

8.2 Технический отчёт и исполнительная схема СОПТ предоставляется заказчику в печатном виде в 2-х экземплярах и в электронном виде на CD-диске.

9 Меры безопасности при проведении работ

Работы проводят в действующих электроустановках и выполняют в соответствии с:

- межотраслевыми правилами по охране труда, (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТРМ-016-2001 РД 153-34.0-03,150-00;
- правилами устройства электроустановок (ПУЭ);
- правилами технической эксплуатации электротехнических станций и сетей Российской Федерации ;
- правилами пожарной безопасности для энергетических предприятий РД 153*34.0*03301-00 (ВППБ 01-02-95*).

Работы оформляются нарядом-допуском и проводятся в соответствии с утверждёнными Программами измерений (Приложение Д).

10 Периодичность проведения работ по диагностике системы оперативного постоянного тока

Комплексная проверка СОПТ должна проводиться не реже 1 раза в 5 лет.

Проверка автоматических выключателей в неотапливаемых помещениях (КРУ-6, 10кВ) и вне помещений (ОРУ-110, 220кВ) должна выполняться не реже 1 раза в 3 года.

Фактическая ёмкость АБ должна проверяться не реже 1 раза в 2 года в соответствии с СО 153-34.20.501-2003.

Приложение А

«Утверждаю»
Главный инженер
эл. сетей
ОАО «МОЭСК»

_____ 20__ г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на проведение работ по комплексному обследованию и диагностике системы оперативного постоянного тока подстанций _____ филиала _____ ОАО "Московской объединённой электросетевой компании" в 20__ году.

1. Описание основных объемов работ и представляемых результатов.

Проведение работ по комплексному обследованию и диагностике системы оперативного постоянного тока (СОПТ) подстанций _____, включающих в себя следующие этапы:

1.1. Корректировка/составление однолинейной исполнительной схемы СОПТ.

1.2. Проведение расчетов с помощью специальных компьютерных программ.

1.2.1. Проверка правильности выбора чувствительности основной и резервной защит от КЗ путем расчет токов КЗ в точках: на шинах ЩПТ, в распределительных линиях, в цепях ШУ на панелях РЩ и ГЩУ, в цепях ШУ и ШП в ячейках КРУ и шкафах ОРУ.

Заключение о правильности выбора чувствительности основной и резервной защит от КЗ.

1.2.2. Проверка селективность работы защитных аппаратов в диапазоне расчётных и измеренных токов КЗ путём построения карт селективности.

Заклучение о селективности работы защитных аппаратов.

1.2.3. Проверка термической стойкости и невозгораемости кабелей при КЗ путём проведения расчётов.

Заклучение от термической стойкости кабелей.

1.3. Проверка состояния АБ:

- осмотр токовыводов и сосудов;
- измерение ёмкости АБ двухимпульсным методом по внутреннему сопротивлению без вывода АБ из работы;
- выявление отстающих элементов.

Заклучение о состоянии АБ.

1.4. Измерение токов КЗ (без отключения оборудования) на шинах ЩПТ, в распределительных линиях, в цепях ШУ на панелях РЩ и ГЩУ, в цепях ШУ и ШП в ячейках КРУ и шкафах ОРУ.

Проверка состояние контактных соединений:

- визуальный осмотр;
- определение точек сети с повышенными переходными сопротивлениями контактов на основании сравнения измеренных и расчётных значений токов КЗ.

Заклучение о состоянии контактных соединений.

1.5. Проверка работоспособности устройства контроля изоляции и поиска земли. Заклучение о состоянии устройства контроля изоляции и поиска земли.

1.6. Проверка работоспособности зарядных устройств.

Протокол измерений.

1.7. Измерение ёмкости сети на землю.

Протокол измерений емкости сети.

1.8. Измерение тока и напряжения в сети СОПТ при имитации включения высоковольтного выключателя.

Протокол измерений.

1.9. Проверка работоспособности устройств защиты от импульсных перенапряжений путём подачи импульса напряжения.

Заключение об исправности устройства.

1.10. Проверка работоспособности и соответствия заводским техническим характеристикам автоматических выключателей путем прогрузки без вывода из работы оборудования.

Протокол измерений.

1.11. Проверка выполнения условий ЭМС путём имитации импульсных помех и расчёта уровней импульсных перенапряжений в цепях питания постоянным током устройств ПС.

Протокол измерений.

2. Основные технические требования к выполняемой работе и подрядчику работ.

2.1. Работы выполняются в соответствии с «Методическими указаниями по диагностике СОПТ» и действующей нормативно-технической документацией, а именно:

- Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00;
- правилами устройства электроустановок;
- правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации;
- правилами пожарной безопасности для энергетических предприятий РД 153-34.0-03.301-00 (ВППБ 01-02-95*).

2.2. Подрядчик обязан представить свидетельство о регистрации электролаборатории Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору с указанием перечня разрешенных видов испытаний и измерений.

Подрядчик должен иметь опыт работы по диагностике СОПТ на филиалах «МОЭСК» и представить:

- перечень объектов, для которых проводились аналогичные работы;
- отзывы от организаций, для которых проводились работы;
- образцовые документы по результатам работ: Технический отчет, Протоколы измерений.

2.3. Подрядчик должен иметь комплект оборудования и компьютерных программ для проведения работ по п.п.1.1-1.10 в полном объеме и с надлежащим качеством.

Требования к метрологическому обеспечению приборов:

- наличие сертификата о внесении в Государственный реестр средств измерений;
- наличие свидетельства о поверке прибора.

Требование к компьютерным программам:

- наличие свидетельства о регистрации в Роспатенте;
- соответствие методик расчётов токов КЗ, термической стойкости и невозгораемости кабелей ГОСТ 28895-91 (МЭК 949-88) «Расчёт термически допустимых токов короткого замыкания с учётом неадиабатического нагрева», ГОСТ 29176-91 «Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчёта в электроустановках постоянного тока»;
- соответствие методики расчёта селективности ГОСТ Р 50030.1-2000 (МЭК 60947-1-99) «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие требования и методы испытаний», ГОСТ Р 50030.2—99 (МЭК 60947-2) «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели», ГОСТ Р 50339.0-92 (МЭК 269-1-86) «Низковольтные плавкие предохранители. Часть 1. Общие требования», ГОСТ Р 50339.1-92 (МЭК 269-2-86) «Низковольтные плавкие предохранители. Часть 2. Дополнительные требования к плавким предохранителям промышленного назначения».

2.4. Подрядчик обязан выполнять требования по охране труда и технике безопасности, изложенные в действующих нормативных документах.

В соответствии с приказом ОАО «МОЭСК» от 23.01.07 г. № 409-28 «О дальнейшем совершенствовании работы по охране труда и снижению травматизма в ОАО «МОЭСК», при заключении договора подрядная организация должна в обязательном порядке представить:

- документ, подтверждающий наличие в организации службы охраны труда, либо договор с организацией, оказывающий услуги в области охраны труда;
- документ, подтверждающий прохождение руководителями и специалистами подрядной организации обучения и проверки знаний в специализированной организации, имеющей лицензию на право обучения по охране труда.

2.5. Подрядчик обязан иметь квалифицированный персонал, способный выполнить требуемый объем работ в указанный срок и предоставляет список сотрудников, выполняющих работы, с указанием:

- образование;
- специальность;
- стаж работы в электроэнергетике;
- квалификационная группа по ТБ.

3. Контроль и приемка выполненных работ

Подрядчик, участвующий в обследовании, совместно с представителями Заказчика осуществляют входной контроль качества применяемых материалов, проводят контроль обследования, проверяют соблюдение технологической дисциплины.

Приемка работ по комплексному обследованию СОПТ на подстанциях осуществляется в соответствии с пунктами 6.8.4, 6.8.7. СО 34.04.181-2003.

Подрядчик предоставляет Заказчику Технический отчет, в котором указаны выявленные дефекты СОПТ, Протоколы измерений, и сметную документацию на проведение ремонтных работ.

4. Гарантийные обязательства

Исполнитель работ должен гарантировать качество выполненной работы требованиям нормативно-технической документации (НТД).

5. Сроки выполнения работ

Начало работ – _____ 20__ г.

Окончание работ – _____ 20__ года

**Типовая Исполнительная схема сети системы оперативного
постоянного тока подстанции**

Приложение В

Основные характеристики устройств контроля изоляции и поиска «земли»

№ п.п.	Название устройства или фирмы	Диапазон измеряемых сопротивлений изоляции сети, кОм	Максимально определяемое сопротивление изоляции одного фидера, кОм	Максимальное количество датчиков	Время измерения сопр. изоляции одного фидера, сек
1	2	3	4	5	6
1	<i>Bender</i> (Германия)	1÷10 000	50	12÷360	25
2	<i>Schneider Electric</i> (Франция)	0,1÷ 999	100	12	20
3	«САПФИР» (Белоруссия)	1÷100	20	63	2
4	НТЦ «Энергоавтоматика» (Россия)	2÷2000	30	6÷12	данные отсутствуют
5	НТЦ «ГОСАН» (Россия)	данные отсутствуют	50	32	5

Компьютерные программы расчёта характеристик системы оперативного постоянного тока

П.4.1 Программа расчёта селективности защитных аппаратов

При проведении расчётов селективности защитных аппаратов используют специальную компьютерную программу *DCSELECTIV* (ООО «НПФ ЭЛНАП», г. Москва).

Программа расчёта селективности защитных аппаратов:

- имеет полную базу данных по применяемым в сети СОПТ защитным аппаратам с возможностью её пополнения;
- учитывает случайный разброс параметров защитных аппаратов и их зависимость от температуры и других внешних факторов;
- по выбранным из базы данных типам и характеристикам аппаратов защиты (номинальному току, уставкам ТР и ЭМР) строит времятоковые характеристики 6-ти ступеней защиты на одной карте селективности;
- наносит на карты не менее 5-ти значений токов КЗ (расчётных значений в нормальном и ремонтном режимах работы (3), измеренных значений (2)) в диапазоне $1 \div 10000 \text{ А}$;
- обеспечивает чёткий просмотр графической информации на картах (зон пересечения времятоковых характеристик защитных аппаратов и точек их пересечения с нанесёнными значениями токов КЗ) для определения селективности защитных аппаратов.

П.4.2 Программа расчётов токов КЗ в электроустановках оперативного постоянного тока

Расчёт токов КЗ проводят с помощью специальной компьютерной программы *GUDCSETS* «Расчет коротких замыканий в электроустановках постоянного оперативного тока напряжением 24 - 220В» (кафедра "Электрические станции", ГОУВПО МЭИ (ТУ), г. Москва).

Программа расчётов токов КЗ в электроустановках оперативного постоянного тока:

- имеет удобный графический интерфейс ввода расчетных схем;
- имеет базу данных с возможностью пополнения;
- автоматически формирует схему замещения элементов сети;
- учитывает активные сопротивления всех элементов, по которым протекает ток КЗ;
- учитывает переходные сопротивления контактов элементов сети;
- учитывает сопротивление электрической дуги, тепловой спад тока, теплообмен между жилами кабелей и изоляцией;

- учитывает нелинейность вольтамперных характеристик источников питания (аккумуляторных батарей и зарядных устройств);
- учитывает изменение параметров аккумуляторов, обусловленное их текущим состоянием заряженности и температурой окружающей среды;
- учитывает влияние температуры окружающей среды на сопротивление кабелей.

П.4.3 Программа расчёта для проверки выполнения условий ЭМС

Расчёт наводок в кабельных линиях СОПТ проводят по специальной компьютерной программе *INTERFERENCES* «Наводки в кабельных линиях при ударах молнии и коммутациях» (ООО «НПФ ЭЛНАП», г. Москва).

Программа *INTERFERENCES* предназначена для моделирования импульсных наводок и перенапряжений в разветвленных кабельных линиях, возникающих:

- а) при ударе молнии;
- б) при коммутациях и коротких замыканиях в линиях и близлежащих сетях;

Модель учитывает:

- электростатическую и электромагнитную составляющие излучения молнии,
- волновые процессы в кабельных линиях,
- скин-эффект, отражение и поглощение в грунте,
- наличие присоединенных к линиям сосредоточенных элементов и типовых электрических аппаратов.

Технические средства для диагностики системы оперативного постоянного тока

П.5.1 Пульсации и кондуктивные помехи, ёмкость сети на «землю»

Для измерений напряжения пульсаций, кондуктивных помех и ёмкости сети на «землю» применяют цифровой запоминающий осциллограф с полосой пропускания не менее 10 МГц. При проведении анализа осциллограмм напряжения используют компьютерную программу спектрального анализа осциллограмм, например, *FlukeView Scopemeter* (version 3.0 и 4.0).

П.5.2 Измерение токов КЗ

Для измерений токов КЗ в сети СОПТ используют нагрузочное устройство (НУ) с электронным ключом, позволяющим на короткое время (до нескольких миллисекунд) подключать нагрузочный резистор R_n к контрольной точке сети. Номинальное значение сопротивления и мощность нагрузочного резистора выбирают исходя из следующих соображений:

- $R_n \ll R_{об}, R_{об} \gg R_{л} + r_{аб}$

где $r_{аб}$ - внутреннее сопротивление АБ [Ом], $R_{л}$ - сопротивление линии (проводников) между АБ и оборудованием [Ом], $R_{об}$ - сопротивление нагрузки оборудования [Ом];

- мощность, рассеиваемая резистором, должна быть достаточной для того, чтобы не вызывать изменения сопротивления резистора или его повреждения в результате нагрева;
- ток, протекающий в сети, не должен вызывать срабатывания защитного аппарата, в зоне действия которого производятся измерения;

Просадку напряжения в точке сети ΔU измеряют цифровым запоминающим осциллографом, напряжение в точке сети U и сопротивление нагрузочного резистора R_n - 4-х разрядным мультиметром.

П.5.3 Измерение параметров аккумуляторной батареи

При измерении внутреннего сопротивления АБ используют коммутационное устройство (электронный ключ на базе транзисторов или тиристоров) и цепочка, формирующая двухступенчатый импульс тока, временно проходящий (длительностью до 20-40 мс) через аккумуляторную батарею.

Амплитуду и длительность импульсов тока регулируют подбором сопротивлений резисторов и номинальных токов плавких вставок, входящих в формирующую цепочку. Для измерений используют двухканальный цифровой запоминающий осциллограф типа Fluke 199C в режиме «Recorder». Для регистрации импульсов тока используют токоизмерительные клещи АТА-2502 фирмы «АКТАКОМ».

При измерениях напряжений на элементах АБ используют 4-х разрядный мультиметр, например Fluke-111.

Для измерений плотности электролита используют ареометр типа АЭ-3.

П.5.4 Проверка выполнения условий ЭМС

Имитацию воздействия импульсных помех на цепи СОПТ производят с помощью генераторов высокочастотных (ГВЧИ) или апериодических импульсов (ГАИ). Генератор должен обеспечить импульсы тока при напряжении на выходе порядка нескольких десятков вольт (при работе на нагрузку). Регистрация импульсов напряжения производят осциллографом с полосой пропускания не менее 50МГц. Для проведения имитаций могут быть рекомендованы измерительные комплексы ИК-1 или ИКП-1 (ООО «НПФ ЭЛНАП», г. Москва). Осциллографирование помех производят с помощью цифрового запоминающего осциллографа типа с полосой пропускания не менее 50МГц.

П.5.5 Проверка работоспособности зарядных устройств

Измерение тока в выходных цепях зарядных устройств производят токоизмерительными клещами с датчиком Холла, например KEW SNAP MODEL 2004, измерение напряжения - 4-х разрядным мультиметром типа Fluke-111.

Осциллографирование процесса запуска резервного подзарядного устройства при отключении основного проводят цифровым запоминающим осциллографом типа Fluke 199C в режиме «Recorder» на развёртке 500мс/дел.

П.5.6 Проверка работоспособности защитных коммутационных аппаратов

Проверку работоспособности защитных коммутационных аппаратов (автоматических выключателей) можно проводить на переменном токе с помощью комплектного испытательного устройства и нагрузочного трансформатора. Нагрузочный трансформатор должен обеспечивать проверку срабатывания ЭМР автоматических выключателей в диапазоне токов $10 \div 2500\text{А}$. Рекомендуется использовать несколько нагрузочных трансформаторов.

Типовые Рабочие программы по измерениям в сети системы
оперативного постоянного тока

_____ *Электрические Сети*
ОАО «_____»

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер

«__» _____ 200__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по измерению внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи, токов короткого замыкания, ёмкости сети СОПТ на «землю», проверки зарядных устройств, устройства контроля изоляции и проверка выполнения условий ЭМС на ПС № ____ «_____» по договору: «Диагностика системы оперативного постоянного тока на подстанциях

_____»

для _____

в соответствии с протоколом заседания конкурсной комиссии _____ от _____ 20__ г.»

г. _____

20__ г.

1. Цель работы

Целью измерений является определение внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи и оценка её реальной ёмкости, определение токов короткого замыкания в сети СОПТ для проверки правильности выбора уставок защитной коммутационной аппаратуры (автоматических выключателей) и селективности её работы, определение ёмкости сети СОПТ на «землю», проверка работоспособности зарядных устройств и устройства контроля изоляции, проверка выполнения условий ЭМС.

2. Основание для работы

Основанием для работы является договор подряда № _____ от _____ 200__ г.

3. Методика проведения работ

Измерения проводятся в соответствии с указаниями п. 5.5.5. «ПТЭ электрических станций и сетей Российской Федерации» по методике ОРГРЭС, изложенной в п.п. 9.2 сборника методических пособий по контролю состояния электрооборудования.

4. Порядок проведения работ

№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Ответственное лицо
1. Измерение внутреннего сопротивления АБ, напряжений на элементах АБ, напряжения и тока пульсаций, тока КЗ на шинах ЩПТ			
1.1	До проведения измерений в помещении аккумуляторной включить вентиляцию. Подготовить к измерениям устройство «Импульс» по схеме представленной на рис. 1: 1) к выводам «+Нагр», «-Нагр» подключить цепь из двух параллельно подключенных резисторов сопротивлением 0,6 Ом с предохранителями двух номиналов 10А и 20А; 2) к выводам «+Бат.» и «+Нагр» подключить автомат защиты АП50Б 63А (63/630); 3) к клеммам «+Бат» и «-Бат» присоединить провода для подключения к болтам «+» и «-» проходной доски у входа в помещение аккумуляторной; 4) к одному из проводов, отходящих от батареи, подключить цифровой осциллограф «Fluke 199С» с токоизмерительными клещами «Актаком» для регистрации импульсов тока (вход U1); 5) к выводам АБ подключить осциллограф «Fluke 199С» для регистрации импульсов напряжения на батарее (вход U2); 6) подключить устройство «Импульс» к сети питания ~220В.	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
1.2	К болту «+» проходной доски с помощью специальных трубочин присоединить провод от клеммы «+Бат» устройства «Импульс», к болту «-» проходной доски присоединить провод от клеммы «-Бат».		

№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Ответственное лицо
1.3	Последовательно отключить ЗУ-1 и ЗУ-2. Через 20 минут после отключения ЗУ нажать кнопку «Пуск» на панели устройства «Импульс» и подать ток на измерительную цепь. Произвести регистрацию осциллограмм импульсов тока, проходящих через АБ и напряжения на АБ. По осциллограммам рассчитать внутреннее сопротивление АБ		
1.4	Последовательно включить ЗУ-1 и ЗУ-2, В момент включения по показаниям амперметра на лицевой панели ЩПТ определить максимальный ток заряда АБ.		
1.5	По показаниям амперметра на основном ЗУ определить время окончания заряда АБ. В помещении аккумуляторной с помощью мультиметра «Fluke-111» произвести измерения напряжения с точностью до 3-го знака (например, 2, 218В) на каждом элементе АБ. Занести результаты измерений в протокол. Рассчитать разброс напряжений и определить отстающие элементы.		
1.6	Подготовить к измерениям устройство «Импульс» по схеме представленной на рис. 2: 1) к выводам «+Нагр», «-Нагр» подключить цепь из резистора сопротивлением 0,6 Ом и предохранителя 10А; 2) к выводам «+Бат.» и «+Нагр» подключить автомат защиты АП50Б 63А (63/630). 3) к клеммам «+Бат» и «-Бат» присоединить провода к шинам питания «+» и «-» ЩПТ; 4) к одному из проводов подключить цифровой осциллограф «Fluke 199C» с токоизмерительными клещами «Актаком» для регистрации импульса тока; 5) подключить устройство «Импульс» от сети питания ~220В		
1.7	Произвести запуск осциллографа в режиме работы «Recorder». Нажать кнопку «Пуск» на панели устройства «Импульс» и подать ток КЗ на измерительную цепь. Зафиксировать по показаниям устройства «Импульс» значение тока КЗ на шинах ЩПТ и сравнить его с показаниями осциллографа		
1.8	От шины питания «+» ЩПТ отсоединить провод «+Бат» устройства «Импульс», от шины «-» ЩПТ отсоединить провод «-Бат»		
1.9	К шинам ЩПТ подключить осциллограф и снять осциллограмму переменной составляю-		

№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Ответственное лицо
	щей напряжения (закрытый вход). По осциллограмме определить частоту пульсаций и значение «peak-to-peak» напряжения пульсаций выходного напряжения ЗУ. Снять осциллограмму тока пульсаций и определить его действующее значение. Провести измерения напряжения и тока пульсаций на шинах ЩПТ при работе каждого ЗУ.		
1.10	Запустить осциллограф в режиме «Recorder». Отключить основное ЗУ. Остановить осциллограф и записать осциллограмму напряжения при отключении основного ЗУ и запуске резервного ЗУ. Отключить резервное ЗУ. Проверить работу звуковой и световой сигнализации сигнализатора потери питания (СПП), которая должна сработать при отключении двух ЗУ.		
2. Измерение сопротивления петли «+» - «-» ШП, ШУ в КРУ-10кВ			
2.1	Во вводном шкафу №1 колец питания ШП и ШУ КРУ-10кВ I секции на вводном АВ ШП, находящимся под напряжением, определить клеммы «+» и «-»	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
2.2	1) К найденным клеммам присоединить путем касания щупы нагрузочного устройства НУ согласно Рис.3а. 2) Нажать на устройстве НУ кнопку «Пуск». Электронный ключ подключит на 6 миллисекунд сопротивление 11 Ом к клеммам АВ 3) По показаниям осциллографа зафиксировать падение напряжения на клеммах в момент прохождения импульса тока. 4) Отключить щупы НУ от клемм; 5) Измерить напряжение на клеммах мультиметром. Рассчитать по показаниям приборов ток КЗ и сопротивление петли «+» - «-» в точке измерений.		
2.3	Во вводном шкафу №1 колец питания ШП и ШУ КРУ-10кВ III секции на вводном АВ ШП, находящимся под напряжением, определить клеммы «+» и «-»		
2.4	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.5	Во вводном шкафу №3 колец питания ШП и ШУ КРУ-10кВ II секции на вводном АВ ШП, находящимся под напряжением, определить клеммы «+» и «-»		
2.6	Повторить измерения по пункту 2.2.		

№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Ответственное лицо
2.7	Во вводном шкафу №3 колец питания ШП и ШУ КРУ-10кВ IV секции на вводном АВ ШП, находящимся под напряжением, определить клеммы «+» и «-»		
2.8	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.9	Во вводном шкафу №1 колец питания ШП и ШУ КРУ-10кВ I секции на вводном АВ ШУ, находящимся под напряжением, определить клеммы «+» и «-»		
2.10	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.11	Во вводном шкафу №1 колец питания ШП и ШУ КРУ-10кВ III секции на вводном АВ ШУ, находящимся под напряжением, определить клеммы «+» и «-»		
2.12	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.13	Во вводном шкафу №3 колец питания ШП и ШУ КРУ-10кВ II секции на вводном АВ ШУ, находящимся под напряжением, определить клеммы «+» и «-»		
2.14	Повторить измерения по пункту 2.2.		
2.15	Во вводном шкафу №3 колец питания ШП и ШУ КРУ-10кВ IV секции на вводном АВ ШУ, находящимся под напряжением, определить клеммы «+» и «-»		
2.16	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.17	В шкафу №4 с секционными рубильниками ШП и ШУ на разомкнутом секционном автомате ШП, находящимся под напряжением, определить зажимы питания «+» и «-» (со стороны ячейки №201)		
2.18	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.19	В шкафу №4 с секционными рубильниками ШП и ШУ на разомкнутом секционном автомате ШП, находящимся под напряжением, определить зажимы питания «+» и «-» (со стороны ячейки №101)		
2.20	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.21	В шкафу №4 с секционными рубильниками ШП и ШУ на разомкнутом секционном автомате ШУ, находящимся под напряжением, определить зажимы питания «+» и «-» (со стороны		

№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Ответственное лицо
	ячейки №201)		
2.22	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.23	В шкафу №4 с секционными рубильниками ШП и ШУ на разомкнутом секционном автомате ШУ, находящимся под напряжением, определить зажимы питания «+» и «-» (со стороны ячейки №101)		
2.24	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.25	В шкафу №2 с секционными рубильниками ШП и ШУ на разомкнутом секционном автомате ШП, находящимся под напряжением, определить зажимы питания «+» и «-» (со стороны ячейки №303)		
2.26	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.27	В шкафу №2 с секционными рубильниками ШП и ШУ на разомкнутом секционном автомате ШП, находящимся под напряжением, определить зажимы питания «+» и «-» (со стороны ячейки №305)		
2.28	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.29	В шкафу №2 с секционными рубильниками ШП и ШУ на разомкнутом секционном автомате ШУ, находящимся под напряжением, определить зажимы питания «+» и «-» (со стороны ячейки №303)		
2.30	Повторить измерения по пункту 2.2		
2.31	В шкафу №2 с секционными рубильниками ШП и ШУ на разомкнутом секционном автомате ШУ, находящимся под напряжением, определить зажимы питания «+» и «-» (со стороны ячейки №305)		
2.32	Повторить измерения по пункту 2.2		
3. Измерение сопротивления петли «+» - «-» ШУ в цепях питания защит на панелях ГЩУ и РЩ			
3.1	Определить в панели №17 РЩ на замкнутом рубильнике ШУ1 клеммы питания «+» и «-» ШУ	Персонал группы подстанций,	Нач. группы подстанций
3.2	1) К найденным клеммам, находящимися под напряжением, присоединить, путем касания, щупы нагрузочного устройства НУ, согласно Рис.3а. 2) Нажать кнопку «Пуск» устройства НУ и зафиксировать показания осциллографа.	бригада ООО «_____»	Зам. директора ООО «_____»

№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Ответственное лицо
	3) Отключить щупы НУ от клемм панели; 4)Рассчитать по показаниям приборов НУ сопротивление петли «+» - «-» в цепи		
3.3	Определить в панели №17 РЩ на замкнутом рубильнике ШУ2 клеммы питания «+» и «-» ШУ		
3.4	Повторить измерения по пункту 3.2		
3.5	Определить в панели №20 РЩ на замкнутом секционном рубильнике клеммы питания «+» и «-» ШУ (со стороны панели №20)		
3.6	Повторить измерения по пункту 3.2		
3.7	Определить в панели №20 РЩ на замкнутом секционном рубильнике клеммы питания «+» и «-» ШУ (со стороны панели №19)		
3.8	Повторить измерения по пункту 3.2		
4. Измерение ёмкости сети СОПТ на «землю»			
4.1	Собрать измерительную схему, представленную на Рис.4. Сопротивление резистора R _{разряда} должно быть порядка нескольких единиц Ом для того, чтобы постоянная времени разряда ёмкости сети на землю была намного меньше времени заряда сети от АБ. Один из выводов резистора подключить к «земле»	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
4.2	Убедиться в отсутствии «земли» в сети СОПТ (по отсутствию звуковой сигнализации устройства контроля изоляции и поиска «земли»). Переключить осциллограф в режим «Trigger» и присоединить второй вывод резистора R _и к проводнику «+ШУ» («+ШП») на РЩ или в КРУ-10 кВ сети СОПТ.		
4.3	После автоматического запуска осциллографа зафиксировать осциллограмму разрядной кривой тока через резистор. Из осциллограммы определить постоянную времени разряда $\tau = R_{\text{разряда}}C_{\text{сети}}$ и рассчитать ёмкость положительного полюса сети ОПТ на «землю» C _{сети}		
4.4	Для определения ёмкости полюса «-» сети СОПТ на «землю» повторить п.п. 4.2 – 4.3.		
5. Проверка работоспособности устройства контроля изоляции и поиска «земли»			
5.1	Для проверки срабатывания устройства контроля изоляции между каждым полюсом и «землёй» поочередно подключают резистор, сопротивление которого подбирают таким обра-	Персонал группы подстанций, бригада	Нач. группы подстанций Зам. директора

№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Ответственное лицо
	зом, чтобы сопротивление полюса относительно «земли» с учётом текущего значения снижалось до критического уровня (20кОм при напряжении питания 220В, 10кОм при напряжении питания 110В). При этом на ЩПТ должна сработать звуковая и световая сигнализация устройства контроля изоляции.	ООО «_____»	ООО «_____»
6. Проверка выполнения условий электромагнитной совместимости			
6.1	Подготовить к измерениям генератор ГВЧИ 1) к выводу «U» генератора подсоединить провод, противоположный конец которого посредством трубки подключить через конденсатор ёмкостью 1мкф к шине «+» или «-» цепей ШП на распределительном устройстве (ОРУ); 2) к выводу «0» генератора подсоединить второй провод, противоположный конец которого подключить к заземлённым металлоконструкциям ОРУ.	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
6.2	Включить генератор и подать импульсы, имитирующие высокочастотные помехи, в цепи СОПТ. К шине «+» (или «-») цепей ШП на распределительном устройстве (ОРУ) подключить осциллограф «Fluke 199С» и снять осциллограмму выходного импульса напряжения. По осциллограмме определить амплитудное значение импульса U_{A1} .		
6.3	Не выключая генератора, на панели №17 РЩ подключить цифровой осциллограф «Fluke 199С» между клеммой «+» (или «-») ШУ и «землёй». Снять осциллограмму импульсных помех, по которой определить наибольшее амплитудное значение импульса напряжения U_{A2} .		
6.4	Повторить аналогичные измерения, подключая генератор к наиболее удалённому и наиболее близкому к ЩПТ оборудованию ОРУ и к 1-2 точкам между ними.		
6.5	Для каждой пары измерений рассчитать коэффициент затухания при прохождении импульса из цепей питания оборудования ОРУ в цепи питания РЩ.		
6.6	Подготовить к измерениям генератор ГАИ: 1) к выводу «U» генератора подсоединить провод, противоположный конец которого посредством трубки подключить к молниеприёмнику на распределительном устройстве (ОРУ) или молниеприёмной сетке здания РЩ; 2) к выводу «0» генератора подсоединить второй провод, противоположный конец которого подключить к заземлённым металлоконструк-		

№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Ответственное лицо
	циям ОРУ на расстоянии не менее 50м от молниеприёмника (молниеприёмной сетки).		
6.7	Включить генератор и подать апериодические импульсы, имитирующие ток молнии, в цепи молниезащиты. К выводам генератора подключить осциллограф «Fluke 199C» и снять осциллограмму выходного импульса напряжения. По осциллограмме определить амплитудное значение импульса U_{A1} .		
6.8	Не выключая генератора, на панели №17 РЩ подключить цифровой осциллограф «Fluke 199C» между клеммой «+» (или «-») ШУ и «землёй». Снять осциллограмму импульсных помех, по которой определить наибольшее амплитудное значение импульса напряжения U_{A2} .		
6.9	Рассчитать коэффициент затухания при проникновении импульса из цепей системы молниезащиты в цепи питания ШУ РЩ		
6.10	На панели (например, №17) РЩ подключить цифровой осциллограф «Fluke 199C» между клеммами «+» и «-») ШУ и снять осциллограммы кондуктивных помех в диапазоне частот от 0-150кГц и от 150 кГц до 80МГц..		
6.11	Провести аналогичные измерения на других панелях РЩ.		

От Исполнителя:
Зам. ген. директора
ООО «_____»

От Заказчика:
Зам. главного инженера
«_____»

Нач. службы подстанций

Нач. службы РЗА

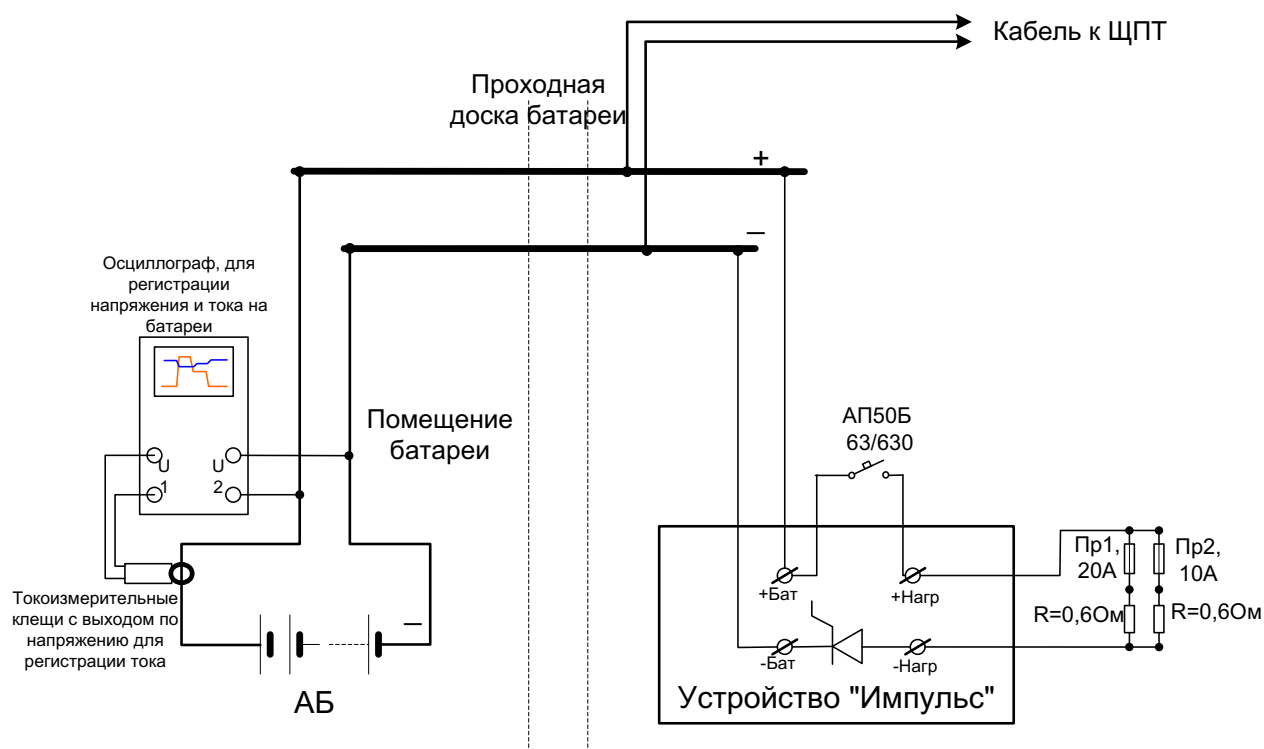


Рис. 1 Измерительная схема для определения внутреннего сопротивления АБ с помощью устройства "Импульс"

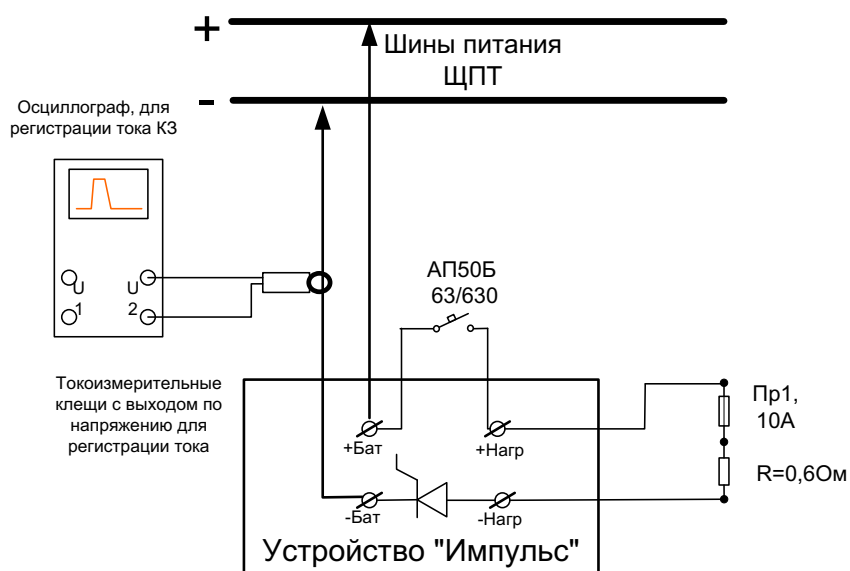
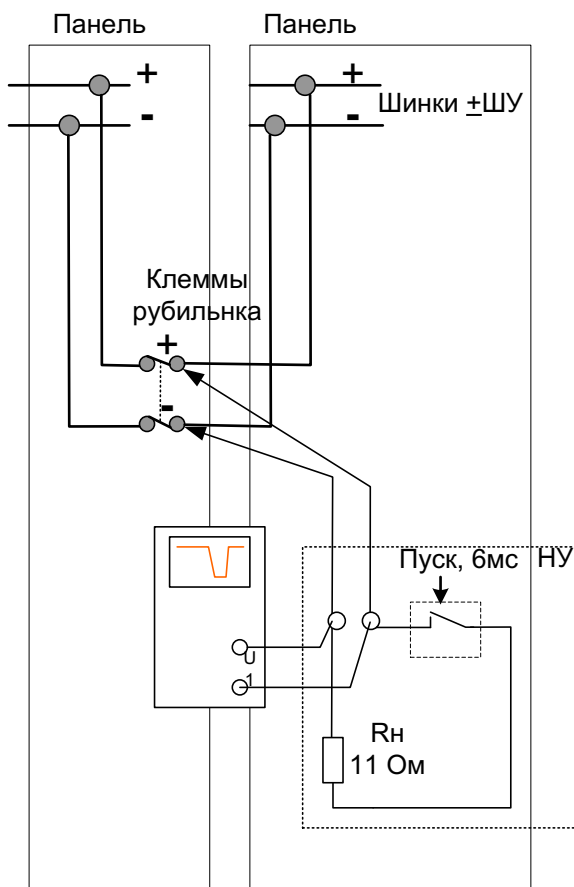


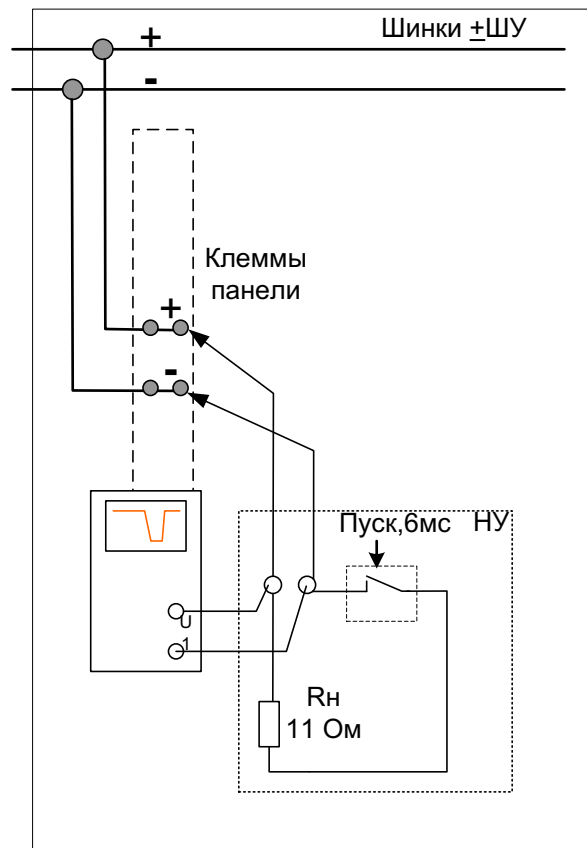
Рис. 2 Схема измерений тока КЗ с помощью устройства "Импульс"

Панели ГЩУ, РЩ, шкаф в ЗРУ,
ОРУ с установленным между
ними рубильником



а)

Панель РЩ, ГЩУ с
клеммами



б)

Рис. 3 Схема измерений сопротивления петли "+" - "-" для определения тока КЗ в групповой линии с помощью нагрузочного устройства НУ

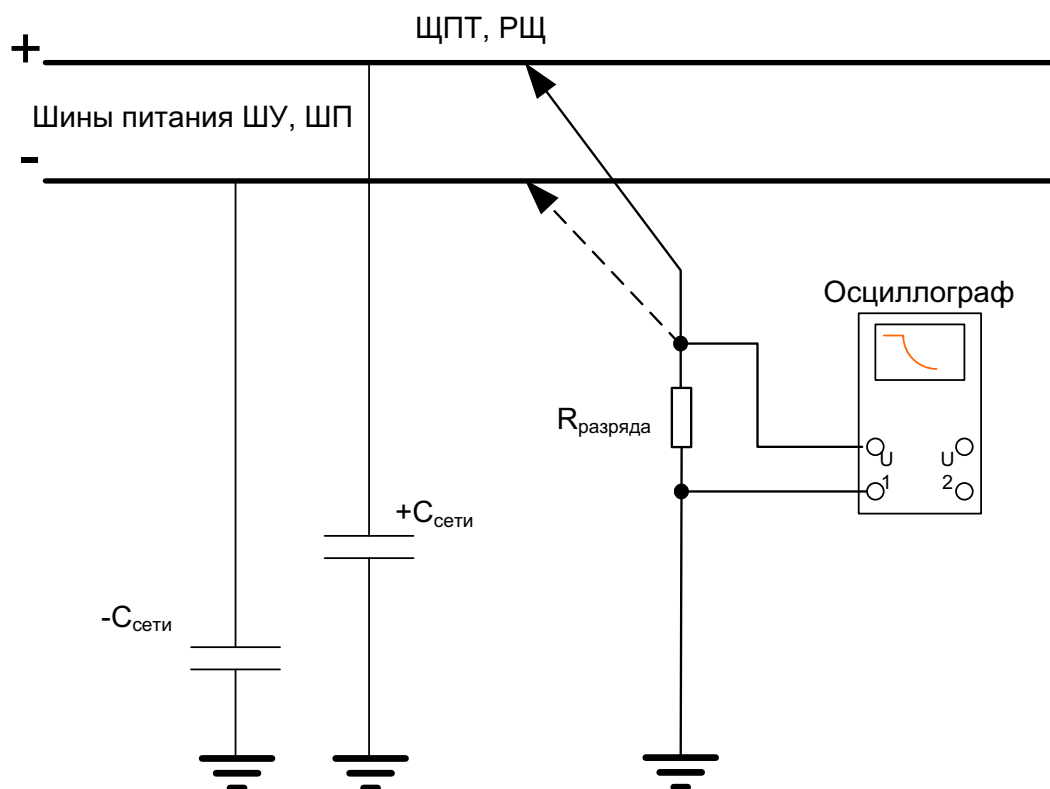


Рис. 4 Схема измерения ёмкости на "землю" сети СОПТ

ОАО «_____ *Электрические Сети* _____»

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер

«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по проверке автоматических выключателей в сети СОПТ ПС № _____
по договору: «Диагностика системы оперативного постоянного тока на подстанциях
_____»

для _____

в соответствии с протоколом заседания конкурсной комиссии _____ от _____ 20__ г.»

Г. _____

20__ г

1. Цель работы

Целью работы является определения работоспособности защитных коммутационных аппаратов (автоматических выключателей), установленных в сети СОПТ.

2. Основание для работы

Основанием для работы является договор _____ от _____ 20__ г.

3. Методика проведения работ

Работы по проверке автоматических выключателей проводятся по методике ОР-ГРЭС, изложенной в «Рекомендациях по методам технического обслуживания автоматических выключателей присоединения 0,4кВ и средств защиты присоединения 6-35кВ с использованием комплексного испытательного устройства «САТУРН», «Методических указаниях по эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АП50», «Методических указаниях по наладке и техническому обслуживанию автоматических выключателей серии АЗ700», «Методических указаниях по техническому обслуживанию автоматических выключателей серии АЕ20, АЗ100».

Проверка АВ, установленных в ЩПТ, и АВ цепей ШУ осуществляется при их шунтирования резервными АВ с характеристиками аналогичными проверяемым. Для этого шунтирующая цепочка, состоящая из предварительно проверенного резервного АВ и присоединённых к его входным и выходным клеммам проводников (аналогичных по характеристикам проводникам проверяемого АВ), подключается к точкам цепи СОПТ (клеммам или шинам) находящимся до и после проверяемого АВ. При проверке АВ после его срабатывании нагрузка остаётся под напряжением посредством АВ шунтирующей цепочки.

Проверка АВ цепей ШП в КРУ или на ОРУ, а также проверка АВ ЗУ проводится без использования шунтирующих цепочек по предварительно поданным заявкам на отключение.

4. Порядок проведения работ

№ п/п	Наименование работ	Исполнитель(и)	Ответственное лицо
1. Проверка срабатывания электромагнитного расцепителя (ЭМР) батарейного автоматического выключателя			
1.1.	Предварительно изготовить шунтирующую цепочку, состоящую: а) из резервного, предварительно проверенного и исправного АВ, установленного на диэлектрической подставке с характеристиками аналогичными проверяемому батарейному АВМ-40 (400А); в) из 6-ти кабелей сечением не менее 90мм ² по меди с опрессованными наконечниками и изоляцией красного и синего цвета, попарно подключенных к входным и выходным клеммам резервного АВ; с) из 6-ти струбцин, надёжно присоединяемых к наконечникам кабелей;	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»

	д) изоляционных насадок (трубок), надеваемых во время подготовительных работ на наконечники кабелей, для предотвращения их несанкционированного контакта с человеком и проводниками СОПТ.		
1.2.	Проверить положение органа управления резервного АВ, который должен быть в положении «откл.». К шинной конструкции аккумуляторной батареи (АБ) с помощью струбцин подключить кабели от входных клемм резервного АВ в соответствии с расцветкой изоляции: к «+» - кабель с красной изоляцией, к «-105 элемент» - кабель с синей изоляцией, «-120 элемент» - с зелёной изоляцией. Свободные концы (наконечники) кабелей должны быть надёжно заизолированы посредством насадок. Во время подключения работать в диэлектрических перчатках и защитных очках!		
1.3.	После прокладки кабеля до вводной панели ЩПТ снять изоляционную насадку с наконечника кабеля с изоляцией зелёного цвета и надёжно закрепить на нём струбцину. Струбцину вместе с подключенным к ней кабелем присоединить к шине «-120» ЩПТ. Снять изоляционную насадку с наконечника кабеля с изоляцией синего цвета и надёжно закрепить на нём струбцину. Струбцину вместе с подключенным к ней кабелем присоединить к шине «-105» ЩПТ кабеля с изоляцией красного цвета и надёжно закрепить на нём струбцину. Струбцину вместе с подключенным к ней кабелем присоединить к шине «+» ЩПТ. Во время подключения работать в диэлектрических перчатках!		
1.4.	Включить резервный АВ и подать напряжение от аккумуляторной батареи через шунтирующую цепочку на шины ЩПТ. Таким образом, питание от АБ будет подано на шины ЩПТ по двум параллельным цепочкам: через батарейный (проверяемый АВ) и АВ шунтирующей цепочки.		
1.5.	Последовательно отсоединить от входных (нижних) клемм проверяемого АВ проводники и заизолировать их.		
1.6.	К клеммам проверяемого батарейного АВ подключить провода устройства для проверки автоматических выключателей.		

1.7.	Произвести подачу прогрузочного тока от проверочного устройства на АВ. После срабатывания ЭМР проверяемого АВ и регистрации результатов измерений отсоединить провода устройства для проверки АВ.		
1.8.	Последовательно присоединить к входным (нижним) клеммам проверенного АВ вводные провода.		
1.9.	Включить проверенный АВ посредством органа управления, подав напряжение через главную цепь его контактов на шины ЩПТ.		
1.10.	Отключить резервный АВ с помощью органа управления.		
1.11.	От шины «+» ЩПТ отсоединить струбцину вместе с подключенным к ней кабелем. От наконечника кабеля отсоединить струбцину и надеть на него изоляционную насадку. Во время отключения работать в диэлектрических перчатках и защитных очках!		
1.12.	От шины «-120» ЩПТ отсоединить струбцину вместе с подключенным к ней кабелем. От наконечника кабеля отсоединить струбцину и надеть на него изоляционную насадку.		
1.13.	От шины «-105» ЩПТ отсоединить струбцину вместе с подключенным к ней кабелем. От наконечника кабеля отсоединить струбцину и надеть на него изоляционную насадку.		
1.14.	От шинной конструкции АВ «+», «-105 элемент » и «-120 элемент» отсоединить струбцины вместе с кабелями шунтирующей цепочки. От кабелей отсоединить струбцины. На концы (наконечники) кабелей надеть изоляционные насадки.		
2. Проверка срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭМР) автоматических выключателей ЗУ, установленных в I и II секции щита постоянного тока (ЩПТ)			
2.1	Отключить АВ питания ВА3П №1 (АЕ2056, 100А (100/1200) пан.1 ЩПТ). При этом должен запуститься ВА3П №2, находившийся в режиме горячего резерва. По показанием токовых клещей убедиться в работоспособности ВА3П №2.	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
2.2	Включить ВА3П №1. К клеммам АВ АЕ2056 («ВА3П №1») на пан1. ЩПТ подключить устройство для проверки АВ и		

	выполнить проверку срабатывания ЭМР.		
2.3	После срабатывания ЭМР следует убедиться в размыкании главной цепи контактов АВ посредством мультиметра.		
2.4	От клемм автомата АЕ2056 («ВАЗП №1») на пан1. ЩПТ отключить устройство для проверки автоматов		
2.5	Включить ВАЗП №1 посредством автомата АЕ2056 («ВАЗП №1») на пан1. ЩПТ. Убедиться в его работоспособности. При этом должен отключиться ВАЗП №2.		
2.6	К клеммам АВ АЕ2056 («ВАЗП №2») на пан3. ЩПТ подключить устройство для проверки автоматов и выполнить проверку срабатывания ЭМР.		
2.7	После срабатывания ЭМР следует убедиться в размыкании главной цепи контактов АВ посредством мультиметра.		
2.8	От клемм автомата АЕ2056 («ВАЗП №2») на пан3. ЩПТ отключить устройство для проверки АВ		
3. Проверка срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭМР) автоматических выключателей, установленных на панелях релейного щита (РЩ).			
3.1.	Для проверки работы электромагнитных расцепителей (ЭМР) автоматических выключателей (АП50, АП50Б), установленных в панелях релейного щита (РЩ) или главного щита управления (ГЩУ), смонтировать шунтирующую цепочку.	Персонал группы подстанций,	Нач. группы подстанций
3.2	В клеммнике панели РЩ (ГЩУ) найти клеммы к которым присоединены входные и выходные провода проверяемого АВ, идентифицировать клеммы «+ШУ» и «-ШУ».	бригада ООО «_____»	Зам. директора ООО «_____»
3.3	К найденным клеммам, в соответствии с рис.1, подсоединить резервный, предварительно проверенный и исправный АВ с аналогичными характеристиками срабатывания ЭМР и ТР. Включить резервный АВ и с помощью мультиметра убедиться в наличии напряжения на его входных и выходных клеммах.		
3.4	Отключить проверяемый АВ с помощью органа управления. Вывернуть винты и снять шунтирующую перемычку («мостик»), отключив тем самым, клеммы проверяемого АВ от сети СОПТ (см. рис.1). При этом питание нагрузки и ее защита будет осуществляться посредством резервного АВ.		

3.5	Проверить уставку ТР АВ. Для этого снять крышку с проверяемого АВ и убедиться в соответствии уставки ТР, указанной на шильдике автомата с уставкой ТР, указанной на его крышке.		
3.6	К клеммам проверяемого АВ подключить проверочное устройство и установить крышку на АВ.		
3.7	Включить проверяемый АВ посредством органа управления. Подать от проверочного устройства прогрузочный ток на АВ и выполнить проверку срабатывания его ЭМР.		
3.8	После срабатывания ЭМР следует убедиться в размыкании главной цепи контактов АВ посредством мультиметра.		
3.9	Снять с проверенного АВ крышку и отсоединить провода проверочного устройства, после этого надеть крышку на АВ.		
3.10	После окончания проверки АВ подключить проверенный АВ к сети СОПТ посредством установки шунтирующей перемычки («мостика») на клеммник.		
3.11	Включить проверенный АВ посредством органа управления и убедиться с помощью мультиметра в наличии на его входных и выходных клеммах напряжения.		
3.12	Отключить резервный АВ посредством органа управления и отсоединить его от клеммника.		
3.13	Для проверки аналогичных АВ, установленных на РЩ, повторить п.п. 3.2-3.12.		
4. Проверка срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭМР) автоматических выключателей, установленных в цепях ШП I и II секций ЗРУ-6кВ.			
4.1	Подать заявку на отключение напряжения на шинах «±ШП» в I секции ЗРУ-6кВ.	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
4.2	Получить разрешение на отключение с указанием времени производства работ.		
4.3	Перед проверкой АВ (АП50) в ячейке №1 снять крышку с проверяемого АВ и убедиться в соответствии уставки ТР, указанной на шильдике автомата с уставкой ТР, указанной на его крышке.		
4.4	К клеммам проверяемого АВ подключить проверочное устройство и установить крышку на АВ.		

4.5	Включить проверяемый АВ посредством органа управления. Подать от проверочного устройства прогрузочный ток на АВ и выполнить проверку срабатывания его ЭМР.		
4.6	После срабатывания ЭМР следует убедиться в размыкании главной цепи контактов АВ посредством мультиметра.		
4.8	Снять с проверенного АВ крышку и отсоединить провода проверочного устройства, после этого надеть крышку на АВ.		
4.9	Проверку АВ ШП в остальных ячейках I секции ЗРУ-6кВ осуществить аналогично п.п. 4.3-4.8.		
4.10	Подать заявку на отключение напряжения на шинках «±ШП» во II секции ЗРУ-6кВ. Получить разрешение на отключение с указанием времени производства работ.		
4.11	Перед проверкой АВ (АП50Б) в ячейке №15 снять крышку с проверяемого АВ и убедиться в соответствии уставки ТР, указанной на шильдике автомата с уставкой ТР, указанной на его крышке.		
4.12	К клеммам проверяемого АВ подключить проверочное устройство и установить крышку на АВ.		
4.13	Включить проверяемый АВ посредством органа управления. Подать от проверочного устройства прогрузочный ток на АВ и выполнить проверку срабатывания его ЭМР.		
4.14	После срабатывания ЭМР следует убедиться в размыкании главной цепи контактов АВ посредством мультиметра.		
4.15	Проверку АВ ШП в остальных ячейках II секции ЗРУ-6кВ осуществить аналогично п.п. 4.11-4.14.		
5. Проверка срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭМР) автоматических выключателей, установленных в цепях ШУ I и II секций ЗРУ-6кВ.			
5.1	Для проверки работы электромагнитного расцепителя (ЭМР) автоматического выключателя (АВ), установленного в I и II секциях ЗРУ-6кВ необходимо произвести монтаж шунтирующей цепочки, состоящей из: а) из резервного, предварительно проверенного и исправного АВ, установленного на диэлектрической подставке с характеристиками аналогичными проверяемому АВ (АП 50Б, 63А 2,5/250); в) из 4-х кабелей сечением 6мм² по	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»

	меди с опрессованными наконечниками и изоляцией красного и синего цвета, попарно подключенных к входным и выходным клеммам резервного АВ; с) из 2-х зажимов для подключения кабелей к клеммам в шкафах; д) из изоляционных насадок (трубок), надеваемых во время подготовительных работ на наконечники кабелей, для предотвращения их несанкционированного контакта с человеком и проводниками СОПТ.		
5.3	Проверить положение органа управления резервного АВ, который должен быть в положении «откл.».		
5.4	С помощью мультиметра идентифицировать клеммы «+» и «-» на секционном рубильнике ЗРУ-6кВ.		
5.5	К клеммам секционного рубильника ЗРУ-6кВ с помощью винтов подключить от входных клемм резервного АВ кабеля шунтирующей цепочки в соответствии с расцветкой изоляции: к «+» - кабель с красной изоляцией, к «-» - кабель с синей изоляцией. Свободные концы (наконечники) кабелей должны быть надёжно заизолированы. <i>Во время подключения работать в диэлектрических перчатках и защитных очках!</i>		
5.6	В шкафу ячейки №1 в клеммнике найти клеммы «±ШУ» к которым присоединены выходные проводники проверяемого АВ и определить полярность клемм.		
5.7	После прокладки кабеля до ячейки №1 снять изоляционную насадку с наконечника кабеля с изоляцией синего цвета и подключить его с помощью зажима к клемме «- ШУ» в клеммнике (со стороны нагрузки).		
5.8	Снять изоляционную насадку с наконечника кабеля с изоляцией красного цвета и подключить его к клемме «+ШУ» в клеммнике (со стороны нагрузки).		
5.9	Включить резервный АВ и подать напряжение от клемм секционного рубильника через шунтирующую цепочку на нагрузку проверяемого автомата.		
5.10	Снять крышку с проверяемого АВ, подключить к его клеммам провода устройства для проверки автоматических выключателей и надеть крышку.		

5.11	После срабатывания ЭМР проверяемого АВ и регистрации результатов измерений снять крышку с АВ, отсоединить провода проверочного устройства, одеть крышку и включить проверенный АВ посредством органа управления.		
5.12	Отключить резервный АВ и отсоединить его от клеммника.		
5.13	Проверку АВ ШУ в остальных ячейках I и II секций ЗРУ-6кВ осуществить аналогично п.п. 5.6-5.12.		
5.14	По окончании измерений демонтировать шунтирующую цепочку: вначале отключить её проводники в клеммнике от клемм «±ШУ», далее произвести отключение проводов от клеммам секционного рубильника шинок ШУ ЗРУ-6кВ		
6. Проверка срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭМР) автоматических выключателей, установленных в цепях ШП ЗРУ-10кВ (в настоящее время шинки секции I и II ЗРУ-10кВ объединены посредством секционного автомата «±ШП секц.» и получают питание от I секции шин ЦПТ).			
6.1	Подать заявку на отключение напряжения на шинках «±ШП» в I и II секциях ЗРУ-10кВ.	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
6.2	Получить разрешение на отключение с указанием времени производства работ.		
6.3	Перед проверкой АВ (АП50Б, 63А, 25/250) в ячейке №1 снять крышку с проверяемого АВ и убедиться в соответствии уставки ТР, указанной на шильдике автомата с уставкой ТР, указанной на его крышке.		
6.4	К клеммам проверяемого АВ подключить проверочное устройство и установить крышку на АВ.		
6.5	Включить проверяемый АВ посредством органа управления. Подать от проверочного устройства прогрузочный ток на АВ и выполнить проверку срабатывания его ЭМР.		
6.6	После срабатывания ЭМР проверяемого АВ и регистрации результатов измерений снять крышку с АВ, отсоединить провода проверочного устройства, одеть крышку и включить проверенный АВ посредством органа управления.		
6.7	Проверку АВ ШП в остальных ячейках I и II секции ЗРУ-10кВ осуществить аналогично п.п. 6.3-6.6.		
7. Проверка срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭМР) автоматических выключателей, установленных в цепях ШУ I и II секций ЗРУ-10кВ (в настоящее время шинки ШУ I			

и II секций ЗРУ-10кВ объединены и получают питание от I секции ЩПТ).			
7.1	К клеммам пакетного выключателя ПВ3-25, 25А в вводном шкафу ЗРУ-10кВ II секции с помощью винтов подключить от входных клемм резервного АВ кабеля шунтирующей цепочки в соответствии с расцветкой изоляции: к «+» - кабель с красной изоляцией, к «-» - кабель с синей изоляцией. Свободные концы (наконечники) кабелей должны быть надёжно заизолированы. Во время подключения работать в диэлектрических перчатках и защитных очках!	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
7.2	В шкафу ячейки №1 в клеммнике найти клеммы «±ШУ» к которым присоединены выходные проводники проверяемого АВ и определить полярность клемм.		
7.3	После прокладки кабеля до ячейки №1 снять изоляционную насадку с наконечника кабеля с изоляцией синего цвета и подключить его с помощью зажима к клемме «-ШУ» в клеммнике (со стороны нагрузки).		
7.4	Снять изоляционную насадку с наконечника кабеля с изоляцией красного цвета и подключить его к клемме «+ШУ» в клеммнике (со стороны нагрузки).		
7.5	Включить резервный АВ и подать напряжение от клемм секционного рубильника через шунтирующую цепочку на нагрузку проверяемого автомата.		
7.6	Снять крышку с проверяемого АВ, подключить к его клеммам провода устройства для проверки автоматических выключателей и надеть крышку.		
7.7	После срабатывания ЭМР проверяемого АВ и регистрации результатов измерений снять крышку с АВ, отсоединить провода проверочного устройства, одеть крышку и включить проверенный АВ посредством органа управления.		
7.8	Отключить резервный АВ и отсоединить его от клеммника.		
7.9	Для проверки аналогичных АВ, установленных в ячейках I и II секций ЗРУ-10кВ, повторить п.п. 7.2-7.8.		
7.10	По окончании измерений демонтировать шунтирующую цепочку: вначале отключить её проводники в клеммнике от клемм «±ШУ», далее произвести отключение проводов от клемм пакетного выключателя ПВ3-25, 25А во вводном шкафу II сек-		

	ции ЗРУ-10кВ.		
8. Проверка срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭМР) автоматических выключателей, установленных в цепях ШП ОРУ-110кВ.			
8.1	Подать заявку на отключение напряжения на шинах «±ШП» в шкафу №1.	Персонал группы подстанций, бригада ООО «_____»	Нач. группы подстанций Зам. директора ООО «_____»
8.2	Получить разрешение на отключение с указанием времени производства работ. Убедиться, что питание на цепи ШП ОРУ-110кВ подаётся от I и II секций ЩПТ. Включить секционный рубильник в шкафу №5 ОРУ-110кВ, замкнув кольцо ШП.		
8.3	Последовательно отключить входной и выходной рубильники в шкафу №1 ОРУ-110кВ, разорвав кольцо ШП. Питание на шины ШП шкафов №2-№10 будет подано от II секции ЩПТ.		
8.4	Убедиться в отсутствии напряжения на клеммах «±ШП» АВ в шкафу №1. К клеммам АВ А3716, 160А (72/432) в шкафу №1 питания соленоидов подключить устройство для проверки автоматов.		
8.5	Подать от проверочного устройства прогрузочный ток на АВ и выполнить проверку срабатывания его ЭМР.		
8.6	После срабатывания ЭМР следует убедиться в размыкании главной цепи контактов АВ посредством мультиметра.		
8.7	От клемм АВ отключить устройство для проверки автоматов.		
8.8	Последовательно включить входной и выходной рубильники в шкафу №1 ОРУ-110кВ, замкнув кольцо ШП. Питание на шины ШП шкафов №1-№10 будет подано от I и II секций ЩПТ.		
8.9	Отключить секционный рубильник в шкафу №5 ОРУ-110кВ, разомкнув кольцо ШП. Убедиться, что питание на цепи ШП ОРУ-110кВ подаётся от I и II секций ЩПТ.		
8.10	Подать заявку на отключение напряжения на шинах «±ШП» в шкафу №2.		
8.11	Получить разрешение на отключение с указанием времени производства работ. Последовательно отключить входной и выходной рубильники в шкафу №2 ОРУ-110кВ, разорвав кольцо ШП. Питание на шины ШП шкафа №1 будет подано от I секции ЩПТ, питание на шкафы №3-№10 – от II секции ЩПТ.		
8.12	Убедиться в отсутствии напряжения на клеммах «±ШП» АВ в шкафу №12. К клеммам АВ А3716, 160А (72/432) в шка-		

	фу №2 питания соленоидов подключить устройство для проверки автоматов.		
8.13	Подать от проверочного устройства прогрузочный ток на АВ и выполнить проверку срабатывания его ЭМР.		
8.14	После срабатывания ЭМР следует убедиться в размыкании главной цепи контактов АВ посредством мультиметра.		
8.15	От клемм АВ отключить устройство для проверки автоматов.		
8.16	Последовательно включить входной и выходной рубильники в шкафу №2 ОРУ-110кВ, замкнув кольцо ШП. Питание на шины ШП шкафов №1-№10 будет подано от I и II секций ЦПТ.		
8.17	Проверку АВ ШП в остальных шкафах ОРУ-110кВ осуществить аналогично п.п. 8.1-8.16		
8.18	Убедиться, что питание на цепи ШП ОРУ-110кВ подаётся от I и II секций ЦПТ. После проведения испытаний отключить секционный рубильник в шкафу №5 ОРУ-110кВ, разомкнув кольцо ШП.		

От Исполнителя:
Зам. ген. директора
ООО «_____»

От Заказчика:
Зам. главного инженера
«_____»

Нач. службы подстанций

Нач. службы РЗА

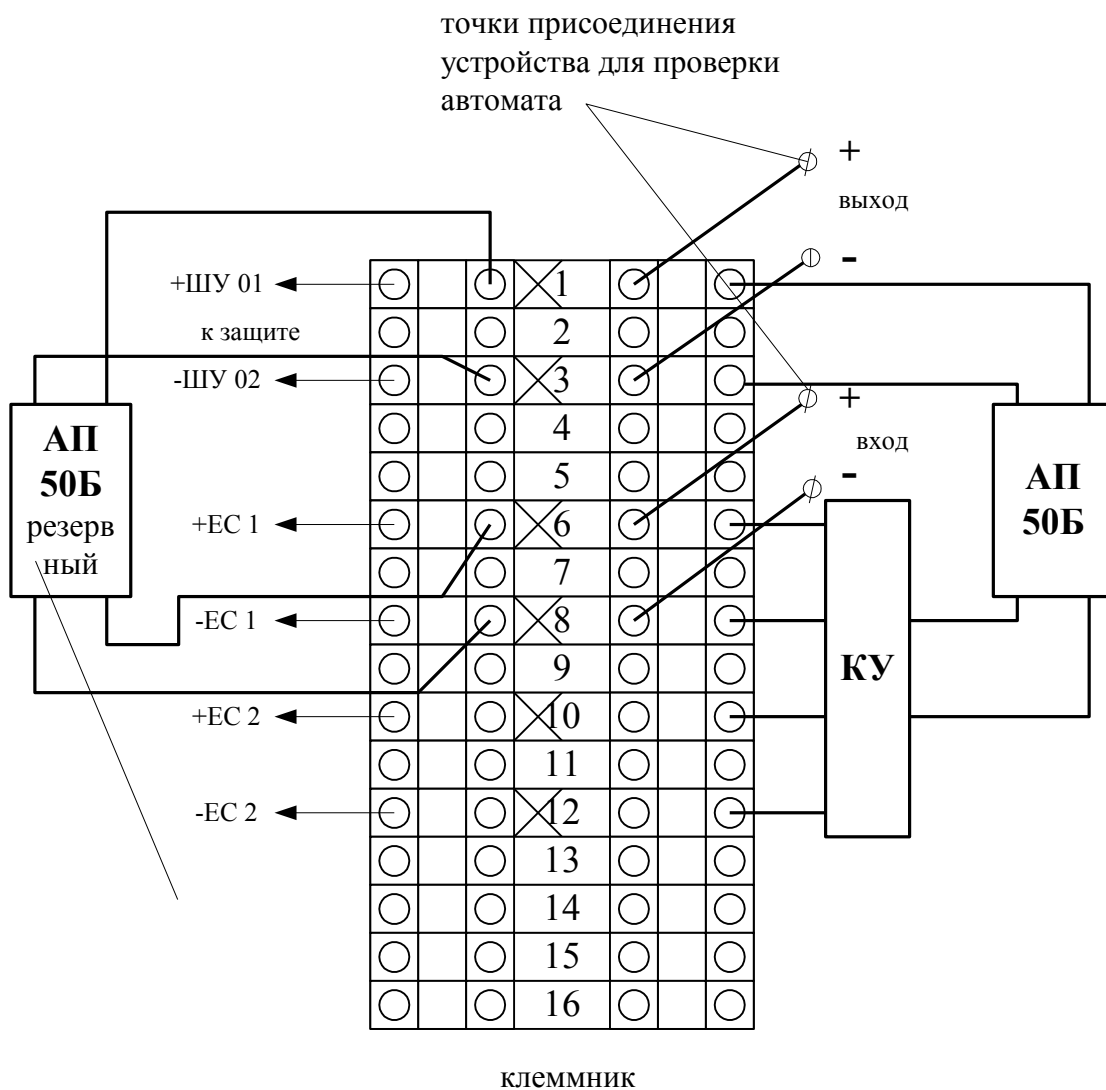


Рис. 1 Схема подключения шунтирующей цепочки на панели релейного щита с точками присоединения прибора для проверки автоматического выключателя АП50Б.

Протоколы измерений

Исполнитель: _____
 (наименование организации, предприятия)
 Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____
 Действительно до: _____
 Лицензия ФСПТН _____
 Действительна до: _____

Заказчик: _____
 Объект: _____
 Адрес: _____
 Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 1
визуального осмотра системы оперативного постоянного тока

1. Анализ проектной документации
2. Проверка соответствия электроустановок нормативной и проектной документации

Наименование составных элементов электроустановки зданий	Нормативная документация и перечень пунктов, устанавливающих требования и значения проверяемых характеристик	Результат осмотра
1	2	3
1. Щитовые помещения	ПУЭ 1.1.33, 1.1.36, 4.1.21, 4.1.22, 4.1.23	
2. Распределительные устройства постоянного тока до 1,5 кВ (ЩПТ)	ПУЭ 2.2.19, 2.2.21, 2.2.22, 3.4.4, 4.1.3, 4.1.5 (1.1.30, 1.1.31(п.3)), 4.1.6, 4.1.8, 4.1.9, 4.1.10, 4.1.11, 4.1.12, 4.1.14, 4.1.18, 4.1.20 ПТЭЭП 2.10.16, 2.10.19 ГОСТ 10434-82	
3. Аккумуляторные установки	ПУЭ 4.4.20, 4.4.24, 4.4.34, 4.4.35, 4.4.45, 4.4.46 ПТЭЭП 2.10.5, 2.10.6, 2.10.7, 2.10.9, 2.10.10, 2.10.12, 2.10.26 (Приложение 3 п.5.6)	
4. Аппараты защиты электрических сетей напряжением до 1кВ	ПУЭ 3.1.7, 3.1.14, 3.1.15, 3.1.16, 3.1.19	
5. Вторичные цепи, щитовые устройства постоянного тока	ПУЭ 3.4.4, 3.4.7, 3.4.12, 3.4.19, 3.4.20, 3.4.21, 3.4.22, 3.4.30 ПТЭЭП 2.6.6	
6. Кабельные линии	ПУЭ 2.3.78, 2.3.82, 2.3.134, 2.3.135 ПТЭЭС и С 5.8.9, 5.8.23	

Замечание: _____

Заключение: _____

Испытания провели: _____

Протокол проверил: _____
 (должность) (подпись) (ф.и.о.)

Заказчик: _____
 Объект: _____
 Адрес: _____
 Дата проведения измерений: _____

Климатические условия при проведении измерений

Паспортные данные аккумуляторной батареи

Цель измерений (испытаний)

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

1. Результаты измерений

[illegible]

85

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Завод- ской номер	Метрологические ха- рактеристики		Дата поверки		№ атте- стата (св-ва)	Орган гос. метрологиче- ской службы, проводивший поверку
			Диапазон измерения	Класс точности	по- следняя	оче- редная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Выводы: отстающие элементы №№ _____, процент отстающих эле-
ментов __%, перезаряженные элементы №№ _____, фактическая ёмкость
_____А·ч, разброс напряжений на элементах _____%

Заключение:

Испытания провели:

Протокол проверил:

(должность)
(подпись)
(ф.и.о.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 3
проверки работоспособности зарядных устройств

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°C

Относительная влажность воздуха ____%

Атмосферное давление _____ мм.рт.ст.

Паспортные данные зарядных устройств

Тип ЗУ-1 _____ зав. № _____ год выпуска _____

Тип ЗУ-2 _____ зав. № _____ год выпуска _____

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания): в соответствии с ПУЭ, ПТЭЭСиС, ТУ

1. Результаты измерений

№ п/п	Номер ЗУ	Коэффициент пульсаций выходного напряжения	Ток пульсаций	Стабилизация выходного напряжения	Проверка пределов и плавности регулирова- ния выходного напряжения (для ЗУ типа ВА3П)		Проверка правильности установки подзарядного напряжения	Проверка взаиморезервирования
					Норма В	Фактически В		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской но- мер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетель- ства)	Орган государственной метро- логической службы, прово- дивший поверку
			Диапазон измере- ния	Класс точности	Последняя	Очередная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Выводы:

Заключение:

Испытания провели:

Протокол проверил:

(должность)

(подпись)

(ф.и.о.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Заказчик: _____

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Объект: _____

Действительно до: _____

Адрес: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Дата проведения измерений: _____

Действительна до: _____

ПРОТОКОЛ № 4
проверки автоматических выключателей напряжением до 1000 В.

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°С Отн. влажность воздуха ____% Атмосферное давление ____мм. рт. ст.

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания): в соответствии с ГОСТ Р 50345-92 (МЭК 898-87), ГОСТ Р 50030-99

1. Результаты измерений

№ п/п	Обозначение по схеме, место уста- новки	Типовое обозначение (маркиров- ка)	Типы рас- цепителей		Заданная выдержка времени (для категор. В), (с)	Номинальный ток (А)	Уставка расце- пителей		Проверка расцепителя					
			перегрузки	короткого замыкания			перегрузки, (А)	короткого замыка- ния, (А)	перегрузки			короткого замыкания		
									испытательный ток, (А)	Время срабаты- вания, (с)		Длительность прило- жения испытательно- го тока (с)	Ток срабатывания расцепителя, (А)	Время срабатывания, (с)
										Допусти- мое	Изме- рен- ное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской но- мер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетель- ства)	Орган государственной метро- логической службы, прово- дивший поверку
			Диапазон измере- ния	Класс точности	Последняя	Очередная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Типы расцепителей:

ОВВ – максимальный расцепитель тока с обратно-зависимой выдержкой времени. **МД** – максимальный расцепитель тока мгновенного действия.

НВВ – максимальный расцепитель тока с независимой выдержкой времени.

Заключение:

Испытания провели:

(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

Протокол проверил:

М.П.

(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 5

проверки отключающей способности и чувствительности аппаратов защиты напряжением до 1000 В

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°С Отн. влажность воздуха ____% Атмосферное давление ____мм. рт. ст.

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания): в соответствии с ГОСТ Р 50345-92 (МЭК 898-87), ГОСТ Р 50030-99, ТУ

1. Результаты измерений

№ п/п	Обозначение по схеме, место установки	Типовое обозначение (маркировка)	Номинальный ток аппарата защиты	Уставка ЭМР автоматиче- ского выключателя	Значение тока металлического КЗ со стороны источника питания	Предельная отключающая способность аппарата защиты	Значение тока дугового КЗ в конце защищаемой аппаратом защиты линии	Заключение об отключа- ющей способности	Заключение о чувстви- тельности
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской но- мер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетель- ства)	Орган государственной метро- логической службы, прово- дивший поверку
			Диапазон измере- ния	Класс точности	Последняя	Очередная		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

Заключение:

Испытания провели:

(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)
(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

Протокол проверил:
М.П.

(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 6
проверки селективности аппаратов защиты напряжением до 1000 В

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°С Отн. влажность воздуха ____% Атмосферное давление ____мм. рт. ст.

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания): в соответствии с ГОСТ Р 50030.2—99 (МЭК 60947-2), ГОСТ Р 50339.0-92 (МЭК 269-1-86), ГОСТ Р 50339.1-92 (МЭК 269-2-86), РД 34.20.501-95, ТУ.

1. Результаты измерений

№ п/п	Место установки, типовое обозначение и параметры аппаратов защиты (номинальный ток, уставки ТР и ЭМР, временные задержки)						Диапазон то- ков КЗ в за- щищаемой линии А	Заключение
	1 ступень защиты	2 ступень защиты	3 ступень защиты	4 ступень защиты	5 ступень защиты	6 ступень защиты		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Вводной аппарат ЦПТ	Аппарат распре- делительной ли- нии	-	-	-	-	$I_{кзmin} \div I_{кзmax}$	Обеспечивается/ не обеспечивается
	Тип, номиналь- ный ток, уставки	Тип, номиналь- ный ток, уставки	-	-	-	-		
2.	Вводной автомат ЦПТ	Аппарат распре- делительной ли- нии	Аппарат группо- вой линии	-	-	-	$I_{кзmin} \div I_{кзmax}$	Обеспечивается/ не обеспечивается
	Тип, номиналь- ный ток, уставки	Тип, номиналь- ный ток, уставки	Тип, номиналь- ный ток, уставки	-	-	-		

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской номер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетельства)	Орган государственной метрологической службы, проводивший поверку
			Диапазон измерения	Класс точности	Последняя	Очередная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Заключение:

Испытания провели:

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Протокол проверил:

М.П.

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 7
проверки устройств контроля изоляции и поиска земли

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°С Отн. влажность воздуха ____% Атмосферное давление ____ мм. рт. ст.

Паспортные данные устройства контроля изоляции и поиска земли

Тип _____ зав. № _____ год выпуска _____

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания):
в соответствии с ПТЭЭС и С, ТУ

1. Результаты измерений

№ п/п	Тип устройства	Проверка срабатывания сигнализации при снижении сопротивления изоляции		Проверка правильности определения диапазона сопротивления изоляции					Проверка правильности определения линии с пониженным сопротивлением изоляции		Заключение
		до 10кОм (110В) 20кОм (220В)	до 100кОм	1 диапазон (0-10кОм)	2 диапазон (10-20кОм)	3 диапазон (25-50кОм)	4 диапазон (50-100кОм)	5 диапазон (100-1000кОм)	максимально определяемое сопротивление изоляции одной линии МОм	время измерения по паспорту/фактически с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Типы устройств контроля изоляции и поиска земли:

УКИ-1 - имеет одну аварийную уставку 20 кОм; **УКИ-2** - имеет две уставки: предупредительную – 100 кОм и аварийную – 20 кОм;

УКИ-3 - производит оценку сопротивления изоляции в 5-ти диапазонах (0-10, 10-20, 25-50, 50-100, 100-1000 кОм);.

Bender, **Schneider Electric**, **«САПФИР»**, **НТЦ «Энергоавтоматика»**, **НТЦ «ГОСАН»** - определяют распределительную линию с пониженным сопротивлением изоляции до значений, заявленных в технических характеристиках.

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской номер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетельства)	Орган государственной метрологической службы, проводивший поверку
			Диапазон измерения	Класс точности	Последняя	Очередная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Заключение:

Испытания провели:

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Протокол проверил:

М.П.

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 8
проверки контактных соединений

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°C Отн. влажность воздуха ____% Атмосферное давление _____ мм. рт. ст.

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания): в соответствии с ГОСТ 10434-82

1. Результаты измерений

№ п/п	Точки измерений тока КЗ	Режим ра- боты	Расчётный ток металлического КЗ А	Измеренный ток КЗ до ремонта А	Процент расхождения до ремонта %	Измеренный ток КЗ после рем. А	Процент расхождения после рем. %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской номер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетель- ства)	Орган государственной метрологической служ- бы, проводивший по- верку
			Диапазон измере- ния	Класс точности	Последняя	очередная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Заключение:

Испытания провели:

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Протокол проверил:

М.П.

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 9

проверки устройств защиты от импульсных перенапряжений

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°C Отн. влажность воздуха ____% Атмосферное давление ____мм. рт. ст.

Паспортные данные устройства защиты от импульсных перенапряжений

Тип _____ зав. № _____ год выпуска _____

Тип _____ зав. № _____ год выпуска _____

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания): в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.5-99, ГОСТ Р 51317.4.12- 99

1. Результаты измерений

№ п/п	Виды измерений и электромагнитных воздействий	Степень жесткости испытаний	Испытательное напряжение	Нормированное значение параметра		Заключение
				Ток, мкА	Остающееся напряжение, В	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Измерение тока утечки	-	по ТУ		-	
2.	Микросекундные импульсные помехи	4	4 кВ (провод – земля)	-		
3.	Колебательные затухающие помехи	4 (для однокр.) 3 (для повтор.)	4 кВ (провод – земля), 2,5 кВ (провод – земля)	-		

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской номер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетель- ства)	Орган государственной метрологической службы, проводивший поверку
			Диапазон измере- ния	Класс точности	Последняя	очередная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Заключение: _____

Испытания провели:

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Протокол проверил:

М.П.

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 10

проверки сопротивления изоляции сети оперативного постоянного тока

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°С Отн. влажность воздуха ____% Атмосферное давление _____ мм. рт. ст.

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания): в соответствии с ПУЭ, ПТЭЭС и С

1. Результаты измерений

№ п/ п	№ щита постоянного то- ка	Напряжение полюса источника питания относительно «земли» В	Допустимое сопротивление изо- ляции сети СОПТ кОм	Сопротивление изоляции кОм	
				«+» - «земля»	«-» - «земля»
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской номер	Метрологические ха- рактеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетельства)	Орган государственной. мет- рологической службы, прово- дивший поверку
			Диапазон измерения	Класс точности	последняя	очередная		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

Выводы:

Заключение: _____

Испытания провели

Протокол проверил _____ (должность) _____ (подпись) _____ (ф.и.о.)

Исполнитель: _____
(наименование организации, предприятия)
Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____
Действительно до: _____
Лицензия ФСПТН _____
Действительна до: _____

Заказчик: _____
Объект: _____
Адрес: _____
Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 11
измерения ёмкости сети на землю

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°C Относительная влажность воздуха ____%
Атмосферное давление _____ мм.рт.ст.

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

1. Результаты измерений

№ п/п	Ёмкость сети на землю, мкФ	Заключение
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Завод- ской номер	Метрологические ха- рактеристики		Дата поверки		№ атте- стата (св-ва)	Орган гос. метрологиче- ской службы, проводивший поверку
			Диапазон измерения	Класс точности	по- следняя	оче- редная		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

Заключение:

Испытания провели:

Протокол проверил:

(должность)

(подпись)

(ф.и.о.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 12

проверки проводов и кабелей на термическую стойкость и невозгораемость при коротких замыканиях

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°С. Влажность воздуха ____%. Атмосферное давление _____ мм.рт.ст.

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания):

в соответствии с ПУЭ, ПТЭЭП, ГОСТ 28895-91

1. Результаты проверки

№ п/п	Место измерения тока КЗ	Величина тока металлич. КЗ	Тип и сечение кабеля, провода	Основной аппарат защиты					Температура кабеля при протекания макс. тока КЗ за время срабатывания аппарата за- щиты	Заключение
				Резервный аппарат защиты						
				Тип, номинальный ток,	Уставка ТР	Уставка ЭМР	Время сраб. ТР	Время сраб. ЭМР		
		А		А	А	А	с	с	°С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.										Термическая стойкость
2.										Термическая стойкость

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской номер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетель- ства)	Орган государственной. Метро- логической службы, проводив- ший поверку
			Диапа- зон из- мерения	Класс точно- сти	послед- няя	очеред- ная		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>

Выводы:

Испытания провели

Протокол проверил

(должность)

(подпись)

(ф.и.о.)

Исполнитель: _____

(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации эл. лаб. № _____

Действительно до: _____

Лицензия ФСПТН № _____

Действительна до: _____

Заказчик: _____

Объект: _____

Адрес: _____

Дата проведения измерений: _____

ПРОТОКОЛ № 13
проверки выполнения условий ЭМС

Климатические условия при проведении измерений

Температура воздуха ____°C. Влажность воздуха ____%. Атмосферное давление ____ мм.рт.ст.

Цель измерений (испытаний)

Эксплуатационные

(приёмо-сдаточные, сличительные, контрольные испытания, эксплуатационные, для целей сертификации)

Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания): в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5.-2006, МЭК 61000-4-29, ГОСТ Р 51317.4.17-2000, ГОСТ Р 51317.4.16 – 2000, ГОСТ Р 51317.4.5-99, ГОСТ Р 51317.4-4-99, ГОСТ Р 51317.4.6-99, ГОСТ Р 51317.4.12-99

1. Результаты проверки

№ п/п	Вид электромагнитных воздействий и испытаний на помехоустойчивость	Степень жесткости испытаний	Параметр	Расчётное (измеренное) значение параметра	Заключение
1	2	3	4	5	6
1.	Провалы напряжения	-	30% (1с) 60% (0,1с)		
2.	Прерывания напряжения	-	100% (0,05с)		
3.	Пульсации напряжения постоянного тока.	Не ниже 3	Не выше 10%		
4.	Кондуктивные помехи в полосе частот от 0 до 150 кГц.	Не ниже 3	10В (длительно) 100В (1с)		
5.	Кондуктивные помехи в полосе частот от 150 кГц до 80 МГц.	3	10 В		
6.	Микросекундные импульсные помехи	Провод – земля 4 Провод – провод 3	4 кВ 2 кВ		
7.	Наносекундные импульсные помехи	4	4 кВ		
8.	Колебательные затухающие помехи	4 (для однократных) 3 (для повторяющихся)	4 кВ (провод – земля), 2 кВ (провод – провод) 2,5 кВ (провод – земля), 1 кВ (провод – провод)		

2. Измерения проведены приборами:

№ п/п	Тип	Заводской номер	Метрологические характеристики		Дата поверки		№ аттестата (свидетель- ства)	Орган государственной. Метро- логической службы, проводив- ший поверку
			Диапа- зон из- мерения	Класс точно- сти	послед- няя	очеред- ная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Выводы:

Испытания провели

Протокол проверил

(должность)

(подпись)

(ф.и.о.)

Библиография

1. Оценка технического состояния аккумуляторных батарей электростанций и подстанций в процессе эксплуатации. Гусев Ю. П., Дороватовский Н. М., Поляков А. М. Электро, 2002, № 5. с. 34 – 38.
2. Гусев Ю. П., Поляков А. М. Электрофизические процессы в аккумуляторах электростанций при коротких замыканиях. - Известия РАН. Энергетика, 2001, № 4, с. 99–105.
3. Рекомендации по методам технического обслуживания автоматических выключателей присоединений 0,4 кВ и средств релейной защиты, присоединений 6-35 кВ с использованием комплектных испытательных устройств серии САТУРН. М., ОРГРЭС, 1994 год.
4. Методические указания по эксплуатации автоматических выключателей серии АП50.
5. Методических указаниях по наладке и техническому обслуживанию автоматических выключателей серии АЗ700.
6. Методические указания по техническому обслуживанию автоматических выключателей серий АЕ20, АЗ100. М., ОРГРЭС, 1991 год.

