



ООО «Альфа ЭМС»  
620142, г. Екатеринбург,  
ул. Белинского, дом 108, офис 145  
тел.: +7 (343) 344-87-79  
www.alfa-ems.ru



Бондарчук Е.А.

## ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ

### Обследование электромагнитной обстановки ПС 110 кВ Даниловка

Ответственный исполнитель:  
Ведущий инженер

Ершов А.Ю.

Екатеринбург  
2017 г.

## Содержание

Обозначения и сокращения .....	3
Введение .....	4
1 Удельное электрическое сопротивление грунта .....	5
2 Анализ компоновки подстанции .....	6
3 Фактическая схема заземляющего устройства .....	6
4 Сопротивление заземляющего устройства .....	7
5 Сечения и коррозионный износ заземляющих проводников и заземлителей .....	8
5.1 Расчёт термической стойкости заземляющих проводников и заземлителей .....	8
6 Сопротивление металlosвязи оборудования с ЗУ .....	9
7 Напряжение прикосновения .....	10
8 Помехи промышленной частоты при КЗ на оборудовании и шинах .....	11
9 Импульсные помехи при КЗ на оборудовании и шинах .....	12
10 Импульсные помехи при ударах молнии .....	13
11 Магнитные поля .....	14
11.1 Расчёт магнитных полей в максимальном рабочем режиме, при КЗ, при ударах молнии .....	14
11.2 Измерение магнитного поля промышленной частоты .....	15
12 Поля радиочастотного диапазона .....	15
13 Электростатические разряды .....	16
14 Питание микропроцессорной аппаратуры .....	16
14.1 Мониторинг качества питания постоянным током .....	16
14.2 Мониторинг качества питания переменным током .....	16
15 Требования ЭМС к вторичной аппаратуре, размещённой на подстанции .....	17
15.1 Периодичность проведения работ по определению ЭМО .....	18
16 Расчёт зон молниезащиты .....	19
17 Выводы и предложения .....	21
18 Ссылочные нормативные документы .....	23
Приложение А (обязательное) Свидетельство о регистрации электролаборатории .....	25
Приложение Б (обязательное) Протоколы измерений и расчётов .....	27
Протокол № 1 Удельное электрическое сопротивление грунта .....	27
Протокол № 2 Термическая стойкость заземляющих проводников и заземлителей .....	28
Протокол № 3 Сопротивление заземляющего устройства и напряжение на ЗУ .....	29
Протокол № 4 Сопротивление металlosвязи оборудования с заземляющим устройством .....	30
Протокол № 5 Напряжение прикосновения .....	33
Протокол № 6 Разности потенциалов и нагрев экранов кабелей при коротких замыканиях .....	35
Протокол № 7 Импульсные помехи, вызванные высокочастотной составляющей тока КЗ .....	37
Протокол № 8 Импульсные потенциалы на заземлителях при ударах молнии .....	38
Протокол № 9 Магнитные поля в максимальном рабочем режиме, при КЗ, при ударе молнии .....	39
Протокол № 10 Магнитные поля в номинальном режиме .....	40
Протокол № 11 Помехи радиочастотного диапазона .....	41
Протокол № 12 Электростатические потенциалы .....	42
Протокол № 13 Мониторинг качества питания постоянным током .....	43
Протокол № 14 Мониторинг качества питания переменным током .....	44
Приложение В (обязательное) Расчётная схема заземляющего устройства подстанции .....	45
Приложение Г (обязательное) Фактическая схема заземляющего устройства и молниезащиты	
ПС Даниловка .....	46
Приложение Д (обязательное) Фактическая схема заземляющего устройства ПС Даниловка с рекомендуемыми заземлителями .....	47

## Обозначения и сокращения

В настоящем отчёте применяются следующие обозначения и сокращения:

АРМ – автоматизированное рабочее место  
АСКУЭ – автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии  
АСУ – автоматическая система управления  
ВЛ – воздушная линия  
ВЧ – высокочастотный  
ВЭЗ – вертикальное электрическое зондирование  
КЗ – короткое замыкание  
МПА – микропроцессорная аппаратура  
МЭК – международная электротехническая комиссия  
ОПН – ограничитель перенапряжений  
ОПУ – общеподстанционный пункт управления  
ОРУ – открытое распределительное устройство  
ПА – противоаварийная автоматика  
ПС – подстанция  
ПУЭ – правила устройства электроустановок  
РЗА – релейная защита и автоматика  
ТН – трансформатор напряжения  
ТСН – трансформатор собственных нужд  
ТТ – трансформатор тока  
УЗИП – устройство защиты от импульсных перенапряжений  
ШУП – шина уравнивания потенциалов  
ЩПТ – щит постоянного тока  
ЩСН – щит собственных нужд  
ЭМО – электромагнитная обстановка  
ЭМС – электромагнитная совместимость

## Введение

### **Целью данной работы является:**

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) микропроцессорной аппаратуры (МПА), установленной на ПС 16 кВ Даниловка.

Для обеспечения ЭМС выполнено экспериментально-расчётное определение электромагнитной обстановки (ЭМО) подстанции: проведено обследование заземляющего устройства (ЗУ) и составлена фактическая схема ЗУ, рассчитано влияние на МПА помех при коротких замыканиях (КЗ), помех при ударах молнии, проведены замеры магнитных полей, электростатических разрядов, полей радиочастотного диапазона, а также выполнен расчёт магнитных полей и мониторинг питания вторичной аппаратуры постоянным и переменным током. На основании полученных результатов даны рекомендации по улучшению схемы заземляющего устройства и обеспечению электромагнитной совместимости.

Работа выполнена по договору № 09/02-71 от 07.07.2017 г. с филиалом АО «Тюменьэнерго» – Урайские электрические сети.

**Время проведения обследования:** август 2017 г.

### **Краткая характеристика подстанции:**

Принадлежность: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские электрические сети.

Местоположение: вахтовый посёлок Даниловка Советского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры Тюменской области.

Класс напряжения: 110/35/6 кВ.

Максимальная (расчётная) величина тока КЗ на шинах 110 кВ составляет 2,78 кА, трёхфазного КЗ на шинах 35 кВ – 2,45 кА, на шинах 6 кВ – 9,85 кА. Величина тока двухфазного

КЗ на шинах рассчитана по формуле  $I_K^{(2)} \approx \frac{\sqrt{3}}{2} I_K^{(3)}$  и составляет для шин 35 кВ – 2,12 кА, для шин 6 кВ – 8,53 кА.

Время отключения КЗ с учётом времени отключения выключателя основной защитой принято 0,1 с, резервной защитой – 1 с.

### **Применяемые приборы и оборудование:**

Прибор диагностики контуров заземления КДЗ-2.

Прибор измерения импульсного сопротивления контуров заземления ИК-1 в комплекте с импульсным вольтметром ВИ-6М.

Прибор измерения импульсных электромагнитных помех ИКП-1 в комплекте с импульсным вольтметром ВИ-1.

Осциллограф АКПП-4125/3.

Измеритель электрических и магнитных полей ПЗ-60.

Измеритель уровня электромагнитного фона Актакон АТТ-2593.

Измеритель напряжённости электростатического поля СТ-01.

Регистратор качества электрической энергии Парма РК 1.01.

Лазерный дальномер Leica Disto D510.

### **Применяемое программное обеспечение:**

Программы «ОРУ-М» (разработчик: ООО «НПФ ЭЛНАП», г. Москва) и «ОРУ-Проект» (разработчик: Петров Станислав Рюрикович, г. Москва). Предназначены для расчёта заземляющих устройств ОРУ, станций и других электроустановок.

# 1 Удельное электрическое сопротивление грунта

Для определения эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта в соответствии с СТО 56947007-29.130.15.105-2011 «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств» проводилось вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) с помощью прибора КДЗ-2 на частоте 57 Гц. Ток и напряжение измерялись при помощи измерительного блока КДЗ-2.

Принципиальная схема измерений приведена на рисунке 1.

Токовые и потенциальные электроды представляют собой стальные стержни диаметром 2 см, длиной 1 м. Токовые электроды забиваются в грунт на глубину 0,3 – 1 м, потенциальные – на глубину 0,1 – 0,5 м по одной линии на территории, свободной от заземляющих проводников и подземных коммуникаций.

Так как ток между электродами в грунте протекает внутри полусферы, то расстояния между осью симметрии и токовыми электродами, а также глубина (Н), на которой измеряется удельное сопротивление грунта, являются радиусами этой полусферы и равны между собой.

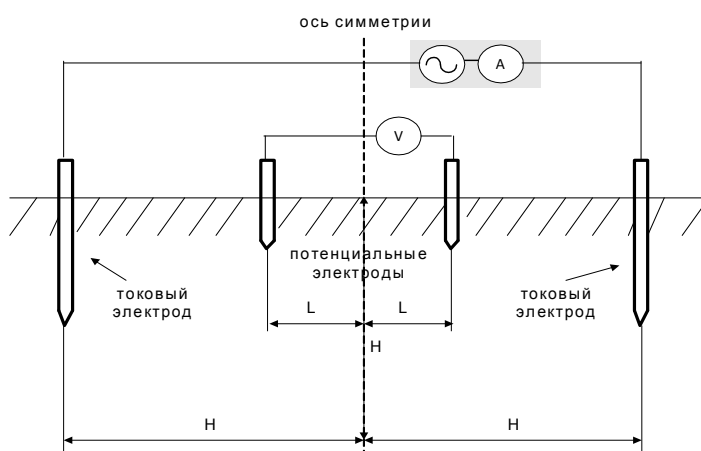


Рисунок 1 – Схема измерительной цепи при определении удельного электрического сопротивления грунта

Эквивалентное удельное электрическое сопротивление грунта рассчитывается по формуле:

$$\rho = \frac{U}{I} \cdot \frac{\pi \cdot (H^2 - L^2)}{2L} \text{ [Ом} \cdot \text{м]}, \quad (1)$$

где U – измеренное значение напряжения между потенциальными электродами;

I – измеренное значение тока между токовыми электродами;

L – половина расстояния между потенциальными электродами;

H – половина расстояния между токовыми электродами.

Результаты измерений и расчётов приведены в протоколе № 1.

Для приведения к наиболее неблагоприятным условиям используется сезонный коэффициент удельного сопротивления грунта, в соответствии с СО 34.20.525-00 (РД 153-34.0-20.525-00) «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств распределительных устройств электроустановок» принятый равным 10 (песок при средней влажности).

Нормативная глубина сезонного промерзания грунта (в соответствии с картой сезонного промерзания грунта): 2,2 м.

**Двухслойная модель грунта, принятая в расчёте:**

Удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта в зимний период: 4500 Ом·м, в летний период: 450 Ом·м.

Удельное электрическое сопротивление нижнего слоя грунта: 3800 Ом·м.

Глубина раздела слоёв грунта: 2,2 м.

## 2 Анализ компоновки подстанции

Габариты подстанции (ориентировочно): 40 x 70 м.

Грозотросы отходящих ВЛ-110 кВ и ВЛ-35 кВ не подключены к заземляющему устройству подстанции.

Защита электрооборудования от набегающих волн атмосферных и коммутационных перенапряжений производится ограничителями перенапряжений.

Силовые трансформаторы 110 кВ обладают встроенными трансформаторами тока. Установлены трансформаторы тока и трансформаторы напряжения 110 кВ, выполненные в виде отдельных аппаратов.

Контрольные кабели к оборудованию ОРУ проложены в наземных железобетонных лотках, в подвесных металлических лотках и непосредственно в земле.

На подстанции применяются неэкранированные кабели вторичных цепей, в том числе для цепей измерительных трансформаторов тока и напряжения, и электромеханическая вторичная аппаратура РЗА.

Шина уравнивания потенциалов в ОПУ-2 организована стальной полосой сечением 40x4 мм (площадь сечения 160 мм<sup>2</sup>). В ОПУ-1 выравнивание потенциалов осуществляется металлоконструкциями здания.

## 3 Фактическая схема заземляющего устройства

Трассировка ЗУ позволяет выявить горизонтальные заземлители, составив фактическую схему заземляющего устройства. Для трассировки использовался прибор диагностики контуров заземления КДЗ-2. С помощью соединительных проводов генератор прибора КДЗ-2 подключается к двум точкам ЗУ, между которыми начинает протекать синусоидальный ток частотой 1000 Гц.

С помощью трассопоискового устройства, входящего в комплект КДЗ-2, производится поиск направлений по поверхности грунта с наибольшим значением напряжённости магнитного поля частотой 1000 Гц, соответствующих реальному направлению прокладки заземлителя.

Также при помощи трассопоискового устройства выборочно определяется глубина прокладки горизонтальных заземлителей.

Фактическая схема заземляющего устройства подстанции представлена в приложении Г.

Определить наличие или отсутствие вертикальных заземлителей невозможно, поэтому на схеме заземляющего устройства не отмечены возможные вертикальные заземлители.

Глубина прокладки горизонтальных заземлителей составляет порядка 0,2...0,5 м.

Сетка заземления подстанции находится в удовлетворительном состоянии, однако от молниеотводов **не обеспечивается** растекание тока в два и более направления (нарушение п. 4.2.135 ПУЭ), **отсутствуют** замкнутые контуры заземления вокруг зданий ОПУ-1 и ОПУ-2 (нарушение п. 1.7.94 ПУЭ). Ограда присоединена к заземляющему устройству ПС.

Рекомендуется выполнить ремонт заземляющего устройства в соответствии со схемой в приложении Д. В соответствии с п. 1.7.93 ПУЭ с внешней стороны ограды на расстоянии 1 м от неё и на глубине 1 м проложить горизонтальный заземлитель. Дополнительные заземлители выполнить стальной полосой сечением 30x5 мм (проходы под дорогами допускается выполнять прутком диаметром не менее 14 мм). В местах пересечения с существующими заземлителями выполнить сварное соединение. Глубина прокладки горизонтальных заземлителей, необходимая для пересечения с существующими заземлителями: 0,6 м (вокруг зданий ОПУ-1,2 и за территорией подстанции – 1 м).

## 4 Сопротивление заземляющего устройства

Измерение сопротивления ЗУ проводилось по методу амперметра-вольтметра с помощью прибора КДЗ-2 на частоте 57 Гц. Ток и напряжение измерялись при помощи измерительного блока КДЗ-2.

Токовый и потенциальный электроды представляют собой стальные стержни диаметром 2 см и длиной 1 м. Стержни забиваются в грунт на территории, свободной, по возможности, от линий электропередачи и подземных коммуникаций.

Принципиальная схема измерений приведена на рисунке 2.

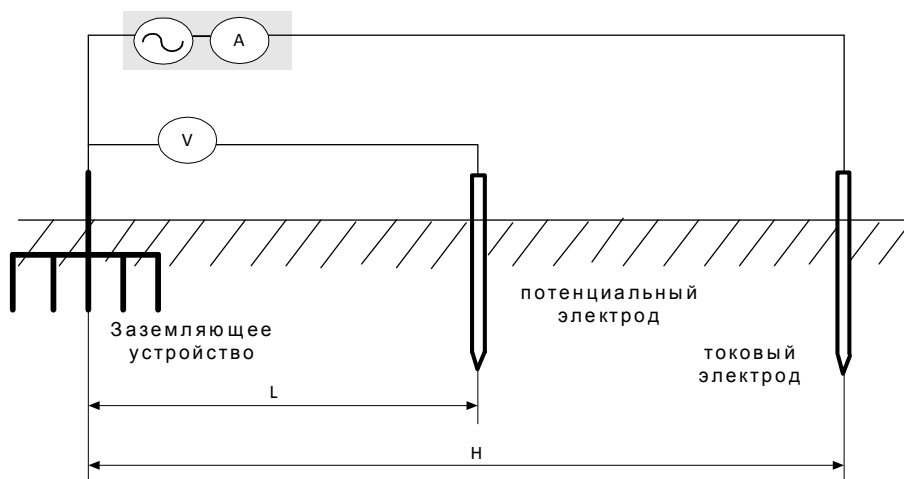


Рисунок 2 – Схема измерительной цепи при определении сопротивления заземляющего устройства

Результаты измерений и расчётов представлены в протоколе № 3.

Для приведения к наиболее неблагоприятным условиям используется сезонный коэффициент сопротивления заземлителя. В соответствии с СО 34.20.525-00 (РД 153-34.0-20.525-00) сезонный коэффициент сопротивления заземлителя принят равным 1,5.

**Измеренное сопротивление заземляющего устройства подстанции составляет 0,44 Ом. Сопротивление заземляющего устройства с учётом сезонного коэффициента составляет 0,66 Ом, т.е. в зимний период времени сопротивление превышает допустимое значение 0,5 Ом для заземляющих устройств электроустановок выше 1 кВ с эффективно заземлённой нейтралью (п. 1.7.90 ПУЭ).**

Максимальный ток короткого замыкания в сети выше 1 кВ с заземлённой нейтралью (110 кВ) составляет 2,78 кА.

**Напряжение на заземляющем устройстве при КЗ на шинах в наиболее неблагоприятный период составляет  $U_{ЗУ} = I_{КЗ} \cdot R_{ЗУ} = 2,78 \cdot 0,66 = 1,83$  кВ, что не превышает установленное ПУЭ значение 5 кВ.**

Для снижения сопротивления ЗУ подстанции рекомендуется выполнить ремонт заземляющего устройства в соответствии со схемой в приложении Д. Дополнительные заземлители выполнить стальной полосой сечением 30х5 мм (проходы под дорогами допускается выполнять прутком диаметром не менее 14 мм). В местах пересечения с существующими заземлителями выполнить сварное соединение. Глубина прокладки горизонтальных заземлителей, необходимая для пересечения с существующими заземлителями: 0,6 м (вокруг зданий ОПУ-1,2 и за территорией подстанции – 1 м).

После чего выполнить измерение сопротивления ЗУ подстанции и расчёт сопротивления ЗУ ПС с учётом сезонного коэффициента.

## 5 Сечения и коррозионный износ заземляющих проводников и заземлителей

Заземляющее устройство и заземляющие проводники (спуски с оборудования) выполнены из круглой стали диаметром 18 мм. Профиль и сечение некоторых заземляющих проводников незначительно отличаются от остальных. В частности, некоторые проводники имеют прямоугольное сечение.

Результаты измерений сечений заземляющих проводников приведены в протоколе № 4.

Для определения степени коррозии заземляющих проводников было произведено выборочное вскрытие грунта у заземляющих проводников оборудования в нескольких местах на ОРУ. В соответствии с СО 34.20.525-00 (РД 153-34.0-20.525-00) элемент ЗУ должен быть заменён, если разрушено более 50 % его сечения.

**Коррозионное состояние заземляющих проводников и заземлителей удовлетворительное. Коррозионный износ не превышает 10 %.**



ОРУ-110 кВ

ОРУ-35 кВ

Рисунок 3 – Вскрытие грунта у заземляющих проводников

### 5.1 Расчёт термической стойкости заземляющих проводников и заземлителей

Допустимые сечения для элементов заземляющих устройств определяют, исходя из допустимой температуры нагрева, в соответствии с СО 34.20.525-00 (РД 153-34.0-20.525-00) по следующему выражению:

$$S \geq I_{кз} \frac{\sqrt{(t+0,1)}}{60} \quad [\text{мм}^2] \quad (2)$$

где  $I_{кз}$  – максимальный ток короткого замыкания;  
 $t$  – время воздействия тока (время отключения замыкания на землю).

Время отключения короткого замыкания (время срабатывания основной защиты и время отключения выключателя) принято равным 0,1 с.

Результаты расчётов площади сечения элементов ЗУ представлены в протоколе № 2.

**Сечения заземляющих проводников и заземлителей соответствуют требованию термической стойкости.**

## 6 Сопротивление металlosвязи оборудования с ЗУ

Для определения наличия и сопротивления металlosвязи оборудования с заземляющим устройством использовался прибор диагностики контуров заземления КДЗ-2.

Проводился визуальный осмотр всех заземляющих проводников на наличие обрывов и дефектов.

Сопротивление металlosвязи измерялось методом амперметра-вольтметра по четырёхпроводной схеме, представленной на рисунке 4. С помощью соединительных проводов генератор прибора КДЗ-2 подключается к двум точкам ЗУ – опорной и точке измерения металlosвязи. В качестве опорной точки обычно выступает заземляющий проводник нейтрали трансформатора или заземляющий проводник оборудования, имеющего удовлетворительную связь с заземляющим проводником нейтрали трансформатора. Между точками подключения начинает протекать синусоидальный ток частотой 57 Гц. Измерительный блок прибора КДЗ-2 с помощью соединительных проводов также подключался между опорной точкой и точкой измерения металlosвязи. Ток и напряжение измерялись при помощи измерительного блока КДЗ-2 и определялось сопротивление металlosвязи.

Сопротивление металlosвязи измерялось у всех аппаратов и конструкций ПС.

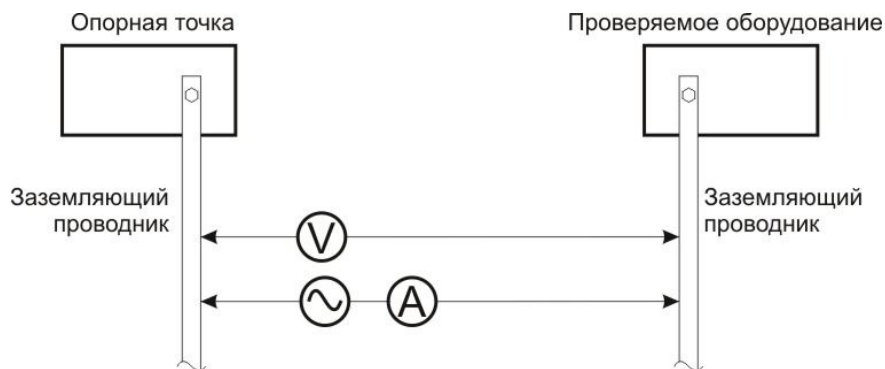


Рисунок 4 – Схема измерения сопротивления металlosвязи

В соответствии с СО 34.20.525-00 (РД 153-34.0-20.525-00) «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств распределительных устройств электроустановок» сопротивление металlosвязи не должно превышать 0,2 Ом.

Следует отметить, что сопротивление металlosвязи, измеренное таким образом, не является переходным сопротивлением соединения заземлителей с заземляемыми элементами, сопротивление которого не должно превышать 0,05 Ом в соответствии с СО 34.45-51.300-97 (РД 34.45-51.300-97) «Объём и нормы испытаний электрооборудования». Сопротивление металlosвязи включает два переходных сопротивления между заземляющими проводниками (спусками) и заземлителями, а также сопротивление проводников сетки ЗУ (в том числе переходные сопротивления в местах сварки) между точками измерения. Сопротивление металlosвязи более полно характеризует связь оборудования с заземляющим устройством.

Данные по сопротивлению металlosвязи оборудования приведены в протоколе № 4.

**Всё оборудование ПС имеет удовлетворительное сопротивление металlosвязи с заземляющим устройством.**

## 7 Напряжение прикосновения

Напряжение прикосновения измерялось в соответствии с СО 34.20.525-00 (РД 153-34.0-20.525-00) при имитации КЗ на землю в контрольных точках на рабочих и нерабочих местах ОРУ. Контрольные точки выбирались в разных частях ОРУ, чтобы оценить распределение напряжений прикосновения по всей территории подстанции.

Для определения напряжения прикосновения на оборудовании использовался прибор диагностики контуров заземления КДЗ-2. Схема измерительных цепей при определении напряжения прикосновения представлена на рисунке 5.

Выводы генератора КДЗ-2 подключались к заземляющему проводнику оборудования и к токовому электроду. Выводы измерительного блока КДЗ-2 присоединялись к заземляющему проводнику оборудования и к пластине размером 25×25 см, имитирующей стопы ног человека, которая располагается примерно в 1 м от оборудования. Выводы вольтметра шунтировались резистором 1 кОм, моделирующим сопротивление тела человека. Напряжение прикосновения измерялось на частоте 57 Гц. Коэффициент пересчёта к частоте 50 Гц принят равным 1.

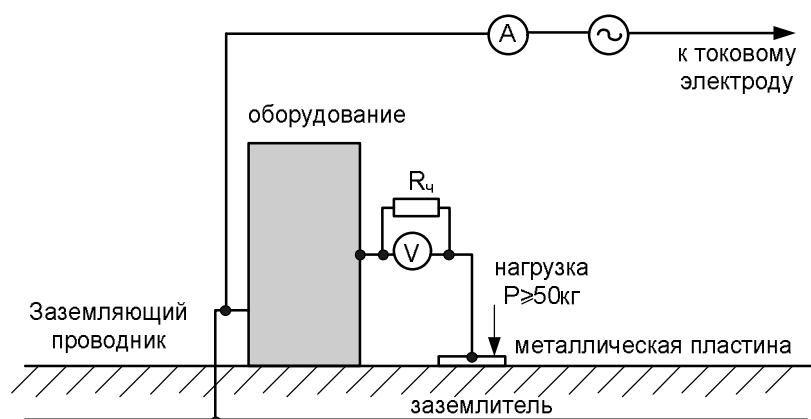


Рисунок 5 – Схема измерения напряжения прикосновения

Напряжение прикосновения определяется по формуле: 
$$U_{\text{пр}} = U \cdot \frac{I_{\text{кз}}}{I} \quad [\text{В}] \quad (3)$$

где  $I_{\text{кз}}$  – значение тока короткого замыкания на землю в месте измерения;  
 $U$  – измеренное напряжение;  
 $I$  – измеренный ток.

Время срабатывания защиты при замыкании на землю составляет: основная защита – 0,1 с, резервная защита – 1 с.

Напряжение прикосновения должно соответствовать ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов». Для электроустановок выше 1000 В с заземлённой нейтралью на рабочих местах (у разъединителей) оно не должно превышать 65 В, а у остальных аппаратов – 400 В. Для электроустановок выше 1000 В с изолированной нейтралью на рабочих местах (у разъединителей) оно не должно превышать 20 В, а у остальных аппаратов – 340 В.

Данные по измерениям напряжения прикосновения приведены в протоколе № 5.

**Напряжение прикосновения не превышает допустимые уровни.**

## **8 Помехи промышленной частоты при КЗ на оборудовании и шинах**

При КЗ в распределительных устройствах высокого напряжения к изоляции вторичных цепей и входам вторичной аппаратуры будет приложена разность потенциалов: потенциала в помещении установки МПА и потенциала на заземлении аппарата, где произошло КЗ. Данная разность потенциалов может представлять опасность для МПА и изоляции кабелей вторичных цепей.

При замыкании на землю в первичных цепях по заземлённым с двух сторон экранам вторичных кабелей будет протекать ток, который может вызвать недопустимый нагрев экрана. В соответствии с СТО 56947007-29.130.15.105-2011 нагрев экрана не должен превышать 150 °С – допустимой температуры для резиновой или ПВХ изоляции кабеля. Время нагрева принималось равным 1 с, что соответствует полному времени отключения КЗ резервной защитой. Начальная температура принималась равной 40 °С.

Напряжение, действующее на изоляцию кабеля и изоляцию МПА, в соответствии с СТО 56947007-29.130.15.114-2012 «Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ» не должно превышать 2 кВ.

Измерения проводились в соответствии с СО 34.35.311-2004 «Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях» в контрольных точках ОРУ, в том числе на аппаратах, наиболее близких и наиболее удалённых от места размещения МПА.

Для имитации помех, возникающих при КЗ, использовался измерительный комплекс КДЗ-2. Генератор синусоидального тока прибора КДЗ-2 подключался между заземляющими проводниками аппаратов на ОРУ и заземлённым электродом за пределами ОРУ.

При помощи измерительного блока прибора КДЗ-2 измерялась разность потенциалов между заземляющим проводником аппарата, к которому подключался генератор, и заземлением зданий ОПУ-1,2, в которых размещается вторичная аппаратура. Полученные результаты измерений пересчитывались к реальному току КЗ. Коэффициент пересчёта равен отношению тока КЗ к току от генератора. На основе полученных разностей потенциалов рассчитывались токи по экранам контрольных кабелей.

Результаты измерений и расчётов – нагрев экранов кабелей и разности потенциалов при КЗ, приложенные к контрольным кабелям, соединяющим ОПУ-1,2 и оборудование ОРУ, приведены в протоколе № 6.

**При КЗ на ОРУ амплитуда напряжения, приложенного ко вторичным цепям и входам аппаратуры, не превысит 2 кВ, допустимую для электрической прочности изоляции МПА и кабелей вторичных цепей.**

**В настоящее время на ПС применяются незранированные кабели вторичных цепей. В случае применения экранированных кабелей с заземлением экрана с обеих сторон, нагрев экранов не превысит допустимый.**

## 9 Импульсные помехи при КЗ на оборудовании и шинах

При коротком замыкании на ОРУ происходит разряд емкостей оборудования и участков шин на землю, в ЗУ проходит импульсный ток высокой частоты (высокочастотная составляющая тока КЗ). На оборудовании возникает скачок потенциала. Возросший потенциал с определённым коэффициентом ослабления передаётся по контрольным кабелям на входы микропроцессорных устройств. Данная разность потенциалов может представлять опасность для МПА и изоляции кабелей вторичных цепей.

Аналогичные процессы возникают при коммутациях в распределительных устройствах высокого напряжения. В большинстве случаев уровень помех при коммутациях не превышает уровень помех при коротких замыканиях.

Измерения проводились в соответствии с СО 34.35.311-2004 в контрольных точках ОРУ-110 кВ. Для имитации импульсных помех, возникающих при КЗ, использовался измерительный комплекс ИКП-1. Амплитудные значения напряжения замерялись импульсным вольтметром ВИ-1, входящим в комплект ИКП-1.

Генератор высокочастотных импульсов ИКП-1 подключался между заземляющими проводниками аппаратов на ОРУ и заземлённым электродом на расстоянии 70 м от аппарата. При помощи ВИ-1 измерялся импульсный потенциал на аппарате, к которому подключался ИКП-1, и рассчитывалось импульсное сопротивление оборудования.

В ОПУ-2 на резервных жилах контрольных кабелей токовых цепей импульсным вольтметром ВИ-1 измерялись помехи, приходящие по контрольным кабелям.

Полученные результаты измерений пересчитывались к высокочастотной составляющей тока КЗ. Значения высокочастотной составляющей тока КЗ принимались по таблице 1 в СТО 56947007-29.240.044-2010 «Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства». Для аппаратов 110 кВ величина высокочастотной составляющей тока КЗ принималась 1 кА. Основная частота колебательного импульса для аппаратов 110 кВ принималась 1 МГц.

Результаты измерений и расчётов – импульсные сопротивления оборудования и импульсные помехи, воздействующие на вторичную аппаратуру при КЗ, приведены в протоколе № 7.

**Импульсные помехи, вызванные высокочастотной составляющей тока КЗ, не превышают 2,5 кВ, допустимые для аппаратуры, испытанной по 3 степени жёсткости на устойчивость к затухающим колебаниям частотой 0,1 и 1 МГц в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.12-99.**

## 10 Импульсные помехи при ударах молнии

При ударе молнии в молниеотвод на его заземлителе появляется высокий потенциал. Возможно обратное перекрытие с заземлителя, по которому растекается ток молнии, на кабели вторичных цепей, проложенные по ОРУ. Перекрытие может происходить как по поверхности грунта, так и сквозь слой грунта. Напряжённость пробоя по поверхности земли составляет 100 кВ/м. Напряжённость пробоя сквозь слой грунта составляет 300 кВ/м. Расстояние в грунте от заземлителя до контрольных кабелей принималось равным 0,2 м. Таким образом, потенциал на заземлителе вблизи кабельной трассы не должен превышать 60 кВ относительно потенциалов по концам кабельной трассы.

Измерения проводились в соответствии с СО 34.35.311-2004 для всех молниеприёмников подстанции.

Импульсные помехи, возникающие при ударе молнии, имитировались при помощи генератора импульсных токов ИК-1. Для измерений импульсных сопротивлений молниеотводов генератор ИК-1 подключался между заземляющим проводником молниеотвода и заземлённым электродом на расстоянии 70 м от молниеотвода. Импульсным вольтметром ВИ-6М, входящим в комплект ИК-1, измерялся потенциал на молниеотводе относительно заземлённого электрода, удалённого на расстояние 70 м в направлении, противоположном от точки заземления генератора, и рассчитывалось импульсное сопротивление молниеотвода.

Расчёты распределения импульсных потенциалов проводились в соответствии с СО 34.35.311-2004 в программе ОРУ-М. Моделировались удары молнии во все молниеприёмники подстанции. Расчёт проводился с использованием двухслойной модели удельного электрического сопротивления грунта в летний период (т.е. в грозовой сезон).

В соответствии с СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» при расчёте принимались следующие параметры импульса молнии: амплитуда – 100 кА, фронт – 10 мкс, спад – 350 мкс.

Результаты измерений и расчётов (импульсные сопротивления молниеотводов и потенциалы на ближайших к кабельным трассам заземлителях) приведены в протоколе № 8.

**Импульсные потенциалы на заземлителях молниеприёмников, возникающие при ударе молнии в молниеприёмник, не создают опасности перекрытия с заземлителями на кабели вторичных цепей.**

С молниеотвода М2 в здание ОПУ-1 и в дом ДЭМ протянуты кабели электропитания (см. рисунок 6), что при ударе молнии **создаёт опасность** заноса высокого потенциала в ОПУ-1 и противоречит п. 5.11.2 СО 153-34.20.501-2003 (РД 34.20.501-95) «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации»: «Подвеска проводов ВЛ напряжением до 1000 В любого назначения (осветительных, телефонных, высокочастотных и т.п.) на конструкциях ОРУ, отдельно стоящих стержневых молниеотводах, прожекторных мачтах, дымовых трубах и градирнях, а также подводка этих линий к взрывоопасным помещениям не допускается. Для указанных целей должны применяться кабели с металлическими оболочками или кабели без оболочек, проложенные в металлических трубах в земле. Оболочки кабелей, металлические трубы должны быть заземлены».

Кабели с молниеотвода М2 в ОПУ-1 и дом ДЭМ рекомендуется выполнить в металлических трубах длиной не менее 10 м, проложенных в земле и заземлённых с обеих сторон.



Рисунок 6 – Кабели с молниеотвода М2 в ОПУ-1 и дом ДЭМ

## 11 Магнитные поля

Энергообъекты характеризуются высокими уровнями магнитных полей различной природы и с различными параметрами. В нормальном режиме работы энергообъекта протекание тока по шинам создаёт непрерывное магнитное поле частотой 50 Гц. В режиме короткого замыкания создаётся сильное кратковременное магнитное поле частотой 50 Гц. При ударе молнии источниками очень мощного импульсного магнитного поля являются столб молнии и токи, растекающиеся по элементам системы молниезащиты.

Напряжённость магнитного поля прямо пропорциональна создающему поле току (рабочий ток на шинах, ток КЗ или ток молнии) и обратно пропорциональна расстоянию от источника магнитного поля (высоковольтных шин или молниеотвода) до места расположения микропроцессорной аппаратуры. Расчётная оценка напряжённости магнитных полей проводилась в соответствии с СО 34.35.311-2004.

### 11.1 Расчёт магнитных полей в максимальном рабочем режиме, при КЗ, при ударах молнии

Расстояние от места размещения вторичной аппаратуры в здании ОПУ-1 до ближайших шин 110 кВ составляет порядка 6 м. До ближайших шин 35 кВ – порядка 18 м. До ближайших шин 6 кВ – порядка 19 м. До ближайшего молниеприёмника – порядка 11 м.

Расстояние от места размещения вторичной аппаратуры в здании ОПУ-2 до ближайших шин 110 кВ составляет порядка 11 м. До ближайших шин 35 кВ – порядка 21 м. До ближайших шин 6 кВ – порядка 21 м. До ближайшего молниеприёмника – порядка 12 м.

Максимальный рабочий ток на шинах 110 кВ принят 251 А, на шинах 35 кВ – 300 А, на шинах 6 кВ – 4374 А. Максимальный ток КЗ на шинах 110 кВ – 2,78 кА, на шинах 35 кВ – 2,45 кА, на шинах 6 кВ – 9,85 кА.

При выборе допустимых степеней жёсткости принимались во внимание результаты проведённых измерений магнитного поля промышленной частоты.

Амплитуда импульса молнии принималась 100 кА в соответствии с СО 153-34.21.122-2003. Коэффициент экранирования импульсного магнитного поля стенами зданий принят равным 15.

Результаты расчётов максимальных уровней магнитных полей приведены в протоколе № 9.

**Необходимо использовать аппаратуру, испытанную по ГОСТ Р 50648-94 на устойчивость к воздействию непрерывного магнитного поля промышленной частоты по классу жёсткости 5 и выше, к воздействию кратковременного магнитного поля промышленной частоты по классу жёсткости 4 и выше, по ГОСТ Р 50649-94 на устойчивость к воздействию импульсного магнитного поля по классу жёсткости 3 и выше.**

## 11.2 Измерение магнитного поля промышленной частоты

В помещениях, где расположена вторичная аппаратура, проведены замеры магнитных полей частотой 50 Гц. Для замеров применялся Измеритель напряжённости электрических и магнитных полей ПЗ-60.

Измерения проводились днём в штатном режиме работы подстанции при типичных нагрузках на присоединениях.

Основной источник магнитных полей – шины высокого напряжения.

Результаты измерений магнитных полей частоты 50 Гц приведены в протоколе № 10.

**Максимальная измеренная напряжённость магнитного поля составила 0,98 А/м.**

## 12 Поля радиочастотного диапазона

Электромагнитные поля радиочастотного диапазона, генерируемые радиооборудованием, способны наводить помехи во внутренних цепях микропроцессорной аппаратуры и на кабелях вторичных цепей.

Для измерения напряжённости радиочастотных полей использовался Измеритель уровня электромагнитного фона Актаком АТТ-2593. Диапазон измерений: 10 МГц – 8 ГГц, метод измерений – изотропный, трёхканальный датчик. Измерения проводились днём в штатном режиме работы подстанции в помещениях, где расположена вторичная аппаратура.

Проведён замер напряжённости электромагнитного поля портативных раций Kenwood TH-F5 (выходная мощность 5 Вт). Напряжённость создаваемого электромагнитного поля на расстоянии 1 м составила 6 В/м.

Результаты измерений уровня полей радиочастотного диапазона приведены в протоколе № 11.

**Рекомендуется использовать микропроцессорную аппаратуру, испытанную согласно ГОСТ 30804.4.3-2013 на устойчивость к излучаемым радиочастотным электромагнитным полям по степени жёсткости испытаний 3 (полем напряжённостью 10 В/м) и выше.**

**Не рекомендуется использование портативных раций вблизи (на расстоянии менее 2 м) от установленной МПА. В этом случае напряжённость радиочастотного электромагнитного поля не должна превысить 10 В/м.**

## 13 Электростатические разряды

При движениях и ходьбе на теле человека накапливается электростатический заряд. Величина заряда зависит от материала одежды, напольного покрытия и влажности воздуха в помещении. При оперировании с микропроцессорной аппаратурой (прикосновении к ней) происходит электростатический разряд с тела человека. Разряд может приводить к неправильному срабатыванию МПА или выходу её из строя.

В помещениях, где расположена вторичная аппаратура, проведены замеры электростатического потенциала, накапливающегося на теле человека. Для замеров применялся Измеритель напряжённости электростатического поля СТ-01.

Результаты измерений электростатических потенциалов приведены в протоколе № 12.

**Максимальное значение электростатического потенциала составило 0,04 кВ.**

**С учётом понижения уровня влажности рекомендуется использовать микропроцессорную аппаратуру, испытанную на помехоустойчивость к электростатическому разряду согласно ГОСТ 30804.4.2-2013 по классу жёсткости 2 (потенциалом 4 кВ для контактного разряда и 4 кВ для воздушного разряда) и выше.**

## 14 Питание микропроцессорной аппаратуры

### 14.1 Мониторинг качества питания постоянным током

Оперативный ток подстанции – постоянный, напряжением 220 В.

В ОПУ-2 были проведены измерения показателей качества питания аппаратуры постоянным током. Осциллограф АКПП-4125/3 подключался к цепям питания напряжением =220 В. Проводилось измерение пульсаций напряжения и длительная регистрация изменений напряжения постоянного тока.

Результаты измерений качества постоянного тока представлены в протоколе № 13.

Среднее измеренное значение напряжения постоянного тока составило 236,3 В. Диапазон изменений напряжения постоянного тока составил менее 1 В, что не превышает нормально допустимого отклонения напряжения (5 %) и предельно допустимого отклонения напряжения (10 %) в соответствии с СТО 56947007-29.120.40.041-2010 «Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования».

Измеренный максимальный размах пульсаций по отношению к номинальному напряжению питания составляет менее 1 В, что не превышает 10 %, допустимых для аппаратуры, испытанной в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.17-2000 по классу жесткости 3 и выше.

**В соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 аппаратура, применяемая на электрических станциях и подстанциях, должна соответствовать не менее чем 3 классу жёсткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.17-2000 к пульсациям напряжения постоянного тока (выдерживать пульсации напряжения 10 % от номинального напряжения питания).**

### 14.2 Мониторинг качества питания переменным током

С помощью регистратора качества электрической энергии Парма РК 1.01 в ОПУ-2 проведён мониторинг качества питания переменным током 230 В. Измерялись минимальные и максимальные значения напряжения и частоты, коэффициент несинусоидальности, фиксировались провалы и перенапряжения.

Результаты мониторинга качества переменного тока представлены в протоколе № 14.

Опасных для микропроцессорной аппаратуры отклонений параметров питания не зарегистрировано.

В соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 аппаратура, применяемая на электрических станциях и подстанциях, должна соответствовать не менее чем 3 классу жёсткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.16-2000 к кондуктивным помехам 50 Гц (выдерживать напряжение помех: длительно 10 В, кратковременно 30 В).

## 15 Требования ЭМС к вторичной аппаратуре, размещённой на подстанции

Исходя из оценки электромагнитной обстановки на подстанции, сформирован список требований по уровням устойчивости микропроцессорной аппаратуры к различным помехам (или, иначе говоря, требуемые степени жёсткости испытательных воздействий, которым должна подвергаться МПА при испытаниях).

В таблице 1 приведены требования электромагнитной совместимости к микропроцессорной аппаратуре подстанции и сравнение их с уровнями помехоустойчивости установленной микропроцессорной вторичной аппаратуры.

### В помещении панелей ОПУ-1 установлены:

терминалы РЗА БЭ2502А производства ООО НПП «ЭКРА»,  
терминалы РЗА РНМ-1 производства ЗАО «Радиус Автоматика»,  
УСПД ЭКОМ-3000 производства ООО «Прософт-Системы».

### В ОПУ-2 установлены:

терминалы РЗА БЭ2704 производства ООО НПП «ЭКРА»,  
приёмопередатчики ПВЗУ-Е производства ООО «Уралэнергосервис».

### В комнате связи установлены:

коммутатор Cisco 3000 производства Cisco.

Производителями аппаратуры указаны не все необходимые уровни устойчивости к помехам, установленные ГОСТ Р 51317.6.5-2006 для технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях.

После выполнения рекомендаций данного отчёта необходимые уровни помехоустойчивости не превысят уровней, установленных ГОСТ Р 51317.6.5-2006 для технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях.

Таблица 1

Требуемый параметр	Требуемое значение параметра	УСПД ЭКОМ-3000	Терминалы БЭ2502А, БЭ2704	Приёмопередатчики ПВЗУ-Е	Терминалы РНМ-1	Коммутатор Cisco 3000	Примечание
Испытания электрической прочности изоляции	не ниже 2000 В	1500 В	2000 В	2500 В	2000 В	Не указано	Напряжение на МПА при КЗ на ОРУ не превысит 90 В, потому использование УСПД ЭКОМ-3000 допустимо
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к затухающим колебаниям частотой 0,1 и 1 МГц (ГОСТ Р 51317.4.12-99)	не ниже 3	Не указано	3	3	Не указано	Не указано	
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к наносекундным импульсным помехам (ГОСТ 30804.4.4-2013)	не ниже 4	2	4	4	Не указано	4	Требование в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006. Поскольку вторичные цепи УСПД ЭКОМ-3000 не выходят на ОРУ, допустимо использовать аппаратуру не ниже 2 класса

Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии (ГОСТ Р 51317.4.5-99)	не ниже 4 «провод-земля»	4	Специальная (5 кВ)	4	Не указано	4	
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к влиянию непрерывного магнитного поля промышленной частоты (ГОСТ Р 50648-94)	не ниже 5	Специальный (400 А/м)	5	5	Не указано	Не указано	
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к влиянию кратковременного магнитного поля промышленной частоты (ГОСТ Р 50648-94)	не ниже 4	Не указано	5	5	Не указано	Не указано	
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к влиянию импульсного магнитного поля (ГОСТ Р 50649-94)	не ниже 3	Не указано	5	4	Не указано	Не указано	
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к излучаемым радиочастотным электромагнитным полям (ГОСТ 30804.4.3-2013)	не ниже 3	3	3	3	Не указано	3	
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к влиянию электростатического разряда (ГОСТ 30804.4.2-2013)	не ниже 2	3	4	3	Не указано	2	
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к кондуктивным помехам 50 Гц (ГОСТ Р 51317.4.16-2000)	не ниже 3	Не указано	4	4	Не указано	Не указано	Требование в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006
Степень жёсткости испытательных воздействий на устойчивость к пульсациям напряжения питания постоянным током (ГОСТ Р 51317.4.17-2000)	не ниже 3	Не указано	4	3	Не указано	Не указано	Требование в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006

### 15.1 Периодичность проведения работ по определению ЭМО

В соответствии с СО 34.35.311-2004 «Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях» обследование электромагнитной обстановки проводится в следующих случаях:

- 1) На вновь строящихся объектах при пусконаладочных работах.
- 2) При техническом перевооружении действующих объектов определение ЭМО проводят в два этапа: на этапе предпроектных изысканий и при пусконаладочных работах.
- 3) При эксплуатации энергообъекта проверку ЭМО проводят не реже 1 раза в 12 лет и внепланово в случаях неправильной работы или повреждении устройств МПА из-за воздействия электромагнитных помех.

## 16 Расчёт зон молниезащиты

### Общие сведения о молниезащите

Молниезащита подстанции выполнена:

- молниеотводами высотой 34 м, 36,2 м;
- стержневым молниеприёмником на концевой опоре ВЛ-110 кВ высотой 28,3 м;
- стержневыми молниеприёмниками на концевых опорах ВЛ-35 кВ высотой 27,6 м, 33,4 м.

Защите от прямых ударов молнии системой молниезащиты подлежит:

- оборудование и ошиновка ОРУ-110 кВ максимальной высотой 6,5 м;
- оборудование и ошиновка ОРУ-35 кВ максимальной высотой 5,5 м;
- здания ОПУ-1,2 высотой 3,8 м с установленной на здании ОПУ-1 трубой высотой 6 м.

Расчёт зон молниезащиты выполнен по методике СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».

### Определение уровня надёжности защиты от прямых ударов молнии

В соответствии с п. 2.2 СО 153-34.21.122-2003 подстанция относится к обычным объектам, для которых уровень надёжности защиты от прямых ударов молнии может быть принят в пределах от 0,8 до 0,98. В соответствии с п. 3.3.2 СО 153-34.21.122-2003 в указанном диапазоне уровней надёжности защиты расчётной методикой предусмотрен расчёт зон молниезащиты с надёжностью защиты от прямых ударов молнии 0,9, что соответствует молниезащите III уровня надёжности защиты от прямых ударов молнии.

### Расчёт зон молниезащиты

В соответствии с п. 3.3.2.1 СО 153-34.21.122-2003 расчёт зоны молниезащиты молниеприёмника выполняется путём определения радиуса зоны защиты  $r_x$  на высоте  $h_x$  (рисунок 7):

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0},$$

где для выбранного уровня надёжности защиты от прямых ударов молнии

$$h_0 = 0,85h, \quad r_0 = 1,2h,$$

$h$  – высота молниеприёмника, м.

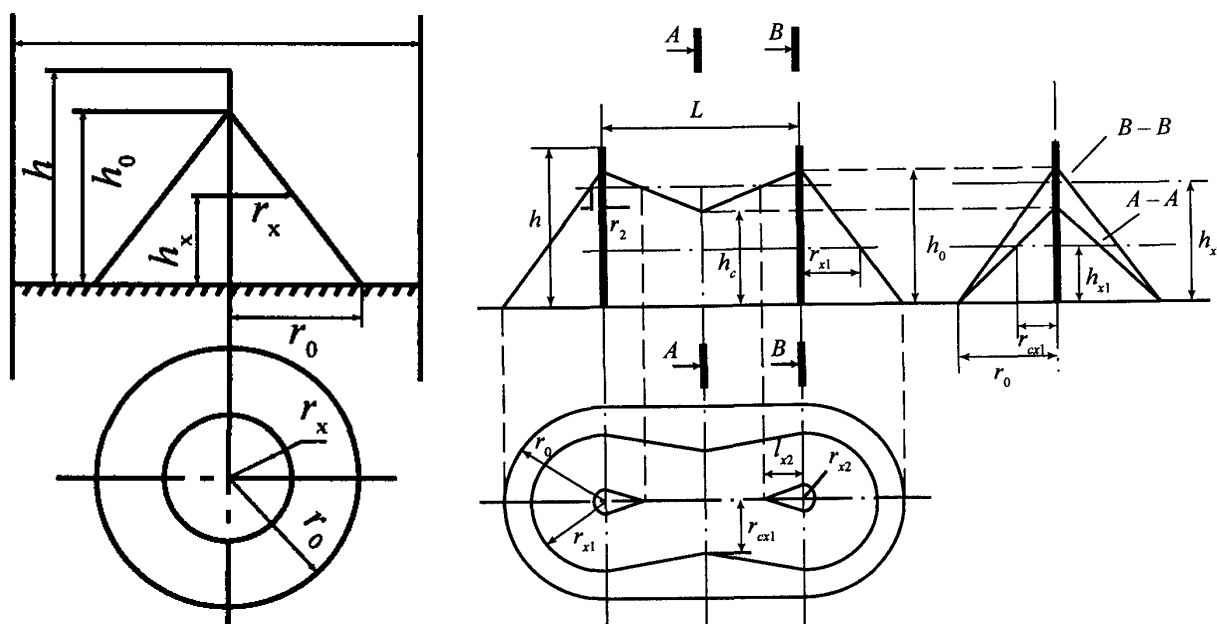


Рисунок 7 – Зоны защиты одиночного и двойного стержневого молниеотвода

Расстояния между смежными молниеотводами и молниеприёмниками подстанции не превышают величины  $2,5h$ , что позволяет считать их двойными и не имеющими провеса

(п. 3.3.2.3 СО 153-34.21.122-2003). Зоны молниезащиты таких молниеотводов и молниеприёмников объединяются по касательным.

Расстояния между молниеприёмниками М3 и М4 превышают значение  $2,5h$ , но не превышают величины  $5,75h$ , что также позволяет считать их двойными (п. 3.3.2.3 СО 153-34.21.122-2003), но зоны молниезащиты этих молниеотводов объединяются не по касательным, а в соответствии с рисунком 7.

В соответствии с п. 3.3.2.3 СО 153-34.21.122-2003 высота провеса  $h_c$  определяется выражением

$$h_c = \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_c} \cdot h_0,$$

где для выбранного уровня надёжности защиты от прямых ударов молнии

$$L_{max} = 5,75h, \quad L_c = 2,5h,$$

$L$  – расстояние между молниеприёмниками, м.

Величины  $r_{cx}$  и  $l_x$  определяются выражениями (п. 3.3.2.3 СО 153-34.21.122-2003)

$$r_{cx} = \frac{r_0(h_c - h_x)}{h_c}, \quad l_x = \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_c)}.$$

Результаты расчёта зон молниезащиты подстанции представлены в таблице 2 и на схеме заземления и молниезащиты в приложении Г.

Таблица 2 – Результаты расчёта зон молниезащиты подстанции

Результаты расчёта зон молниезащиты одиночных молниеотводов						
№	Молниеприёмники	$h$ , м	$r_x$ , м при $h_x$ , м			
			3,8	5,5	6	6,5
1	Молниеотвод М1	36,2	38,1	35,7	35	34,3
2	Молниеотвод М2	34	35,4	33	32,3	31,6
3	Стержневой молниеприёмник на концевой опоре ВЛ-110 кВ М3	28,3	28,6	26,2	25,5	24,8
4	Стержневой молниеприёмник на концевой опоре ВЛ-35 кВ М4	33,4	34,7	32,3	31,6	30,9
5	Стержневой молниеприёмник на концевой опоре ВЛ-35 кВ М5	27,6	27,8	25,4	24,6	23,9
Результаты расчёта зон молниезащиты пар двойных молниеотводов						
№	Пара молниеприёмников	$L$ , м	$h_c$ , м	$h_x = 6,5$ м		
				$r_{cx}$ , м	$l_x$ , м	
1	М3 и М4	83,8	20,6	23,2	212,9	

#### Заключение о соответствии молниезащиты нормативным требованиям

В соответствии с результатами измерений и расчётов всё оборудование, здания и сооружения подстанции закрыты зонами молниезащиты. Молниезащита подстанции соответствует III уровню надёжности защиты от прямых ударов молнии по СО 153-34.21.122-2003.

## 17 Выводы и предложения

Проведено обследование заземляющего устройства и электромагнитной обстановки ПС 110 кВ Даниловка с целью обеспечения электромагнитной совместимости микропроцессорной аппаратуры.

### **Результаты обследования заземляющего устройства и электромагнитной обстановки:**

Сопротивление ЗУ подстанции в наиболее неблагоприятный период составляет 0,66 Ом, что **превышает** предусмотренное ПУЭ значение 0,5 Ом.

Напряжение на заземляющем устройстве при КЗ на шинах для наиболее неблагоприятных условий составляет 1,83 кВ, что не превышает допустимое 5 кВ.

Коррозионный износ элементов ЗУ не превышает 10 %.

Сечения заземляющих проводников и заземлителей на подстанции соответствуют требованию термической стойкости.

Сетка заземления подстанции находится в удовлетворительном состоянии, однако от молниеотводов **не обеспечивается** растекание тока в два и более направления (нарушение п. 4.2.135 ПУЭ), **отсутствует** замкнутый контур заземления вокруг зданий ОПУ-1 и ОПУ-2 (нарушение п. 1.7.94 ПУЭ). Ограда присоединена к заземляющему устройству ПС.

Всё оборудование ПС имеет удовлетворительное сопротивление металlosвязи с заземляющим устройством.

Напряжение прикосновения не превышает допустимые значения.

Напряжения на изоляции контрольных кабелей и входах аппаратуры при КЗ на ОРУ не превышают допустимые уровни.

В настоящий момент на ПС применяются неэкранированные кабели вторичных цепей. В случае применения экранированных кабелей с заземлением экрана с обеих сторон, нагрев экранов не превысит допустимый.

Импульсные помехи, вызванные высокочастотной составляющей тока КЗ, не превышают допустимые значения.

Импульсные потенциалы на заземлителях молниеприёмников, возникающие при ударе молнии в молниеприёмник, не создают опасности перекрытия с заземлителями на кабели вторичных цепей.

С молниеотвода М2 в здание ОПУ-1 и дом ДЭМ протянуты кабели электропитания, что при ударе молнии **создаёт опасность** заноса высокого потенциала в ОПУ-1.

Напряжённость электромагнитного поля радиочастотного диапазона не превышает допустимый уровень (при условии использования портативных раций не ближе 2 м от вторичной аппаратуры).

Электростатические потенциалы в помещениях с микропроцессорной аппаратурой не представляют опасности.

Мониторинг качества питания переменным и постоянным током не выявил опасных для микропроцессорной аппаратуры отклонений параметров питания.

После выполнения рекомендаций данного отчёта необходимые уровни помехоустойчивости не превысят уровней, установленных ГОСТ Р 51317.6.5-2006 для технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Производителями указаны не все требуемые уровни устойчивости.

### **Заключение о соответствии молниезащиты нормативным требованиям**

В соответствии с результатами измерений и расчётов всё оборудование, здания и сооружения подстанции закрыты зонами молниезащиты. Молниезащита подстанции соответствует III уровню надёжности защиты от прямых ударов молнии по СО 153-34.21.122-2003.

### **Рекомендации по обеспечению электромагнитной совместимости:**

Рекомендуется выполнить ремонт заземляющего устройства в соответствии со схемой в приложении Д. Дополнительные заземлители выполнить стальной полосой сечением 30х5 мм (проходы под дорогами допускается выполнять прутом диаметром не менее 14 мм). В местах пересечения с существующими заземлителями выполнить сварное соединение. Глубина прокладки горизонтальных заземлителей, необходимая для пересечения с существующими заземлителями: 0,6 м (вокруг зданий ОПУ-1,2 и за территорией подстанции – 1 м).

После чего выполнить измерение сопротивления ЗУ подстанции и расчёт сопротивления ЗУ ПС с учётом сезонного коэффициента.

Кабели электропитания с молниеотвода М2 в ОПУ-1 и дом ДЭМ рекомендуется выполнить в металлических трубах длиной не менее 10 м, проложенных в земле и заземлённых с обеих сторон.

Требуемый объём материалов для ремонта ЗУ: стальная полоса сечением 30х5 мм – 470 м (заземляющие проводники, горизонтальные заземлители), стальной пруток диаметром 20 мм – 15 м (вертикальные заземлители глубиной 3 м – 5 шт), стальная труба диаметром 150 мм – 20 м.

## 18 Ссылочные нормативные документы

- 1 СО 153-34.20.120-2003 Правила устройства электроустановок (все действующие разделы шестого и седьмого изданий).
- 2 СО 153-34.20.501-2003 (РД 34.20.501-95) Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.
- 3 СО 34.45-51.300-97 (РД 34.45-51.300-97) Объем и нормы испытаний электрооборудования.
- 4 СО 34.20.525-00 (РД 153-34.0-20.525-00) Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств распределительных устройств электроустановок.
- 5 СО 34.35.311-2004 Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях.
- 6 СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
- 7 СТО 56947007-29.240.043-2010 (Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС») Руководство по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов.
- 8 СТО 56947007-29.240.044-2010 (Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС») Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства.
- 9 СТО 56947007-29.130.15.105-2011 (Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС») Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств.
- 10 СТО 56947007-29.130.15.114-2012 (Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС») Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ.
- 11 СТО 56947007-29.120.40.041-2010 (Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС») Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования.
- 12 ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 13 ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
- 14 ГОСТ Р 50648-94 (МЭК 1000-4-8-93) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты. Технические требования и методы испытаний.
- 15 ГОСТ Р 50649-94 (МЭК 1000-4-9-93) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к импульсному магнитному полю. Технические требования и методы испытаний.
- 16 ГОСТ Р 51317.2.5-2000 (МЭК 61000-2-5:95) Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитная обстановка. Классификация электромагнитных помех в местах размещения технических средств.
- 17 ГОСТ 30804.4.2-2013 (МЭК 61000-4-2:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний.
- 18 ГОСТ 30804.4.3-2013 (МЭК 61000-4-3:2006). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний.
- 19 ГОСТ 30804.4.4-2013 (МЭК 61000-4-4:2004). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний.
- 20 ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний.

21 ГОСТ 30804.4.11-2013 (IEC 61000-4-11:2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний

22 ГОСТ Р 51317.4.12-99 (МЭК 61000-4-12-95). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к колебательным затухающим помехам. Требования и методы испытаний.

23 ГОСТ Р 51317.4.16-2000 (МЭК 61000-4-16-98). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот от 0 до 150 кГц. Требования и методы испытаний.

24 ГОСТ Р 51317.4.17-2000 (МЭК 61000-4-17-99). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока. Требования и методы испытаний.

25 ГОСТ 30804.6.2-2013 (МЭК 61000-6-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний.

26 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.

27 ГОСТ Р 51179-98 (МЭК 870-2-1-95) Устройства и системы телемеханики. Часть 2. Условия эксплуатации. Раздел 1. Источники питания и электромагнитная совместимость.

28 ГОСТ Р 53362-2009 (МЭК 62040-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Системы бесперебойного питания. Требования и методы испытаний.

**Приложение А (обязательное)  
Свидетельство о регистрации электролаборатории**



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ  
УРАЛЬСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОСТЕХНАДЗОРА  
ЕКАТЕРИНБУРГ

**РЕШЕНИЕ  
о регистрации электролаборатории**

Регистрационный номер 13-00-49-ЭТЛ-16/33 от « 7 » апреля 2016 г.

Настоящее решение удостоверяет, что \_\_\_\_\_

**с переносным комплектом приборов**

(стационарная, передвижная, с переносным комплектом приборов)

электролаборатория, принадлежащая \_\_\_\_\_

**ООО «Альфа ЭМС»**

(полное наименование предприятия, организации)

620142 г. Екатеринбург, ул. Белинского, д. 108, офис 145

(юридический адрес предприятия, телефон, факс)

допущена в эксплуатацию и зарегистрирована в Уральском управлении Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору с правом выполнения испытаний и (или) измерений электрооборудования и (или) электроустановок напряжением

до и выше 1000 В

(до и (или) выше 1000 В)

перечень разрешенных видов испытаний и (или) измерений:

по прилагаемому перечню ( 13 пунктов )

Решение выдано на основании заключения комиссии от « 7 » апреля 2016 г., назначенной распоряжением руководителя Уральского управления Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

Срок действия решения установлен до « 7 » апреля 2019 г.

Заместитель руководителя Управления \_\_\_\_\_

(подпись)

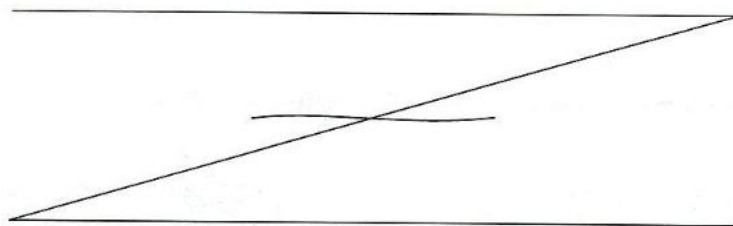
**Ф.К. Волков**



К Решению  
о регистрации электролаборатории  
**ООО «Альфа ЭМС»**  
г. Екатеринбург  
№13-00-49-ЭТЛ-16/33 от 7 апреля 2016г.

### **Перечень разрешенных видов испытаний и измерений**

1. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции электрооборудования напряжением до 110 кВ.
2. Измерение повышенным напряжением выпрямленного тока силовых кабельных линий напряжением до 110 кВ.
3. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь.
4. Измерение коэффициента трансформации силовых и измерительных трансформаторов.
5. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования, силовых кабельных линий, вторичных цепей и электропроводок напряжением до и выше 1000 В.
6. Измерение сопротивления заземляющих устройств до и выше 1000 В.
7. Измерение удельного сопротивления грунта.
8. Измерение переходного сопротивления.
9. Проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами.
10. Измерение цепи « фаза-ноль в электроустановках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали.
11. Измерение напряжения прикосновения.
12. Измерение силы тока, напряжения, мощности в однофазных и многофазных цепях постоянного и переменного тока.
13. Проверка (наладка) устройств релейной защиты и автоматики в электроустановках напряжением до 500 кВ.



**Приложение Б (обязательное)  
Протоколы измерений и расчётов**

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Температура воздуха вне помещения	+30 °С				
Измерения проведены прибором	КДЗ-2	Заводской номер	51	Дата очередной поверки	19.01.2018
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой				влажный	
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное				незначительное	

**Протокол № 1  
Удельное электрическое сопротивление грунта**

Место измерений	Половина расстояния между токовыми электродами, м	Половина расстояния между потенциальными электродами, м	Ток, мА	Напряжение, мВ	Удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м	График зависимости удельного электрического сопротивления грунта от глубины
За территорией подстанции, в 150 м в восточном направлении от ПС	1	0,3	0,8	62,6	373	
	2	0,3	1,1	24,3	452	
	3	1	0,7	23,4	420	
	5	1	0,5	43,7	3293	
	7	1	0,8	41,1	3872	
	10	3	1	15,9	757	
	15	5	1	26,9	1689	
	20	5	0,8	18,7	2752	
	25	5	0,9	18,6	3894	
	30	10	1,5	36,7	3073	
	40	10	0,7	9,2	3095	
	50	10	2	17,1	3222	

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

Петров Е.Г.

Утверждаю:

Директор

Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Максимальный ток короткого замыкания	Шины 110 кВ	2,78	кА	Трёхфазное КЗ
	Шины 35 кВ	2,12	кА	Двухфазное КЗ
	Шины 6 кВ	8,53	кА	Двухфазное КЗ

### Протокол № 2

#### Термическая стойкость заземляющих проводников и заземлителей

Наименование объекта	Время срабатывания защиты, с	Степень коррозии элементов ЗУ, не более %	Сечение заземлителей и заземляющих проводников, мм <sup>2</sup>		Соответствие нормативным документам	Примечания
			Минимальное существующее (с учётом коррозии)	Минимально допустимое		
Оборудование 110 кВ	0,1	10	229 (пруток диаметром 18 мм, коррозия 10 %)	21	Соответствует	
Оборудование 35 кВ	0,1	10	229 (пруток диаметром 18 мм, коррозия 10 %)	16	Соответствует	
Оборудование 6 кВ	0,1	10	229 (пруток диаметром 18 мм, коррозия 10 %)	64	Соответствует	

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

  
Неровный А.В.

Утверждаю:

Директор

  
Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Температура воздуха вне помещения	+30 °С				
Измерения проведены прибором	КДЗ-2	Заводской номер	51	Дата очередной поверки	19.01.2018
Расчёты проведены в программе	ОРУ-М	Номер регистрации	2002611768		
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой			влажный		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			незначительное		
Максимальный ток короткого замыкания	Шины 110 кВ		2,78	кА	Трёхфазное КЗ
	Шины 35 кВ		2,12	кА	Двухфазное КЗ
	Шины 6 кВ		8,53	кА	Двухфазное КЗ
Удельное электрическое сопротивление грунта (зимний период)		ρ верхнего слоя: 4500 Ом·м, ρ нижнего слоя: 3800 Ом·м, толщина верхнего слоя: 2,2 м			


### Протокол № 3 Сопротивление заземляющего устройства и напряжение на ЗУ

Наименование объекта	Измеренное сопротивление ЗУ, Ом	Сопротивление ЗУ для наиболее неблагоприятных условий, Ом		Напряжение на ЗУ, кВ		Соответствие нормативным документам	Дата следующей проверки ЗУ	Примечания
		Расчётное	Допустимое	Расчётное	Допустимое			
ЗУ подстанции	0,44	0,66	0,5	1,83	5	Не соответствует	После ремонта	

Измерения и расчёты провёл:  
Инженер

  
Неровный А.В.

Утверждаю:  
Директор

  
Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Температура воздуха вне помещения	+30 °С				
Измерения проведены прибором	КДЗ-2	Заводской номер	51	Дата очередной поверки	19.01.2018
Максимальный ток короткого замыкания		Шины 110 кВ	2,78	кА	Трёхфазное КЗ
		Шины 35 кВ	2,12	кА	Двухфазное КЗ
		Шины 6 кВ	8,53	кА	Двухфазное КЗ

#### Протокол № 4

#### Сопротивление металlosвязи оборудования с заземляющим устройством

№	Наименование объекта	Сопротивление металlosвязи, Ом	Количество и сечение заземляющих проводников, мм (Ø – диаметр)		Степень коррозии, %	Соответствие нормативным документам	Примечания
1	1Т	0,01	4	Ø18-3 шт., 40x4	10	Соответствует	
2	ЗОН-1Т	0,01	1	Ø18	10	Соответствует	
3	2Т	0,02	2	Ø18, 40x4	10	Соответствует	
4	ЗОН-2Т	0,02	1	Ø18	10	Соответствует	
5	ОПН-110 1Т	0,03	2	Ø18	10	Соответствует	
6	ТТ-110 1Т	0,03	2	Ø18	10	Соответствует	
7	В-110 1Т	0,03	4	Ø18	10	Соответствует	
8	ШР-110 1Т	0,04	2	Ø18	10	Соответствует	
9	1ТН-110	0,03	2	40x4	10	Соответствует	
10	1РРП-110	0,03	2	40x4	10	Соответствует	
11	2РРП-110	0,1	2	40x4	10	Соответствует	
12	ЛР-110 Новая-Картопля	0,03	2	Ø18	10	Соответствует	
13	КС-110 Новая-Картопля ф.А	0,03	2	Ø18	10	Соответствует	
14	ОПН-110 2Т	0,02	2	Ø18	10	Соответствует	
15	ТТ-110 2Т	0,03	2	Ø18	10	Соответствует	
16	В-110 2Т	0,04	4	Ø18	10	Соответствует	
17	ШР-110 2Т	0,03	2	Ø18	10	Соответствует	
18	2ТН-110	0,03	2	40x4	10	Соответствует	
19	ЛР-110 Новая-Советская	0,03	2	Ø18	10	Соответствует	
20	КС-110 Новая-Советская ф.С	0,03	2	Ø18	10	Соответствует	

21	1ТСН ОПН-6 1Т	0,03	2	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
22	2ТСН ОПН-6 2Т	0,03	1	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
23	ТР-6 1Т	0,03	1	∅18	10	Соответствует	
24	ТР-6 2Т	0,03	1	∅18	10	Соответствует	
25	Аппаратура связи	0,2	1	∅6	-	Соответствует	Заземляющий проводник медный
26	Домик ДЭМ	0,2	-	-	10	Не нормируется	Нет видимых заземляющих проводников
27	ТР-35 1Т В-35 1Т ШР-35 1Т	0,03	4	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
28	1ТН-35 ШР-35 1ТН	0,03	4	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
29	ШР-35 ПП-35/1 В-35 ПП-35/1 ЛР-35 ПП-35/1	0,03	2	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
30	ТР-35 2Т В-35 2Т ШР-35 2Т	0,03	4	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
31	2ТН-35 ШР-35 2ТН	0,03	5	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
32	ШР-35 ПП-35/2 В-35 ПП-35/2 ЛР-35 ПП-35/2	0,03	1	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
33	1СР-35 СВ СВ-35 2СР-35 СВ	0,03	4	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
34	ШР-35 Резерв-1 В-35 Резерв-1 ЛР-35 Резерв-1	0,03	1	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
35	ШР-35 Резерв-2 В-35 Резерв-2 ЛР-35 Резерв-2	0,03	1	∅18	10	Соответствует	Общая конструкция
36	Молниеотвод М1	0,04	4	∅18-3 шт., ∅12	10	Соответствует	
37	Молниеотвод М2	0,03	2	∅16	10	Соответствует	
38	ОПУ-1	0,02	1	∅18	10	Соответствует	

39	ОПУ-2	0,03	2	∅18	10	Соответствует	
40	Все порталы на обследованной территории ОРУ	0,02	-	-	-	Соответствует	
41	Все ящики на обследованной территории ОРУ	0,02	-	-	-	Соответствует	
42	Панели ОПУ-1	0,02	-	-	-	Соответствует	
43	Панели ОПУ-2	0,02	-	-	-	Соответствует	
44	Ограждение ПС	0,03	-	-	-	Не нормируется	Профлист
45	Концевая опора ВЛ-110 кВ М3	0,03	3	∅18	10	Не нормируется	
46	Концевая опора ВЛ-35 кВ М4	0,03	4	∅16	10	Не нормируется	
47	Концевая опора ВЛ-35 кВ М5	2,3	3	∅16	10	Не нормируется	

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

Неровный А.В.

Утверждаю:

Директор

Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Температура воздуха вне помещения	+30 °С				
Измерения проведены прибором	КДЗ-2	Заводской номер	51	Дата очередной поверки	19.01.2018
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой			влажный		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			незначительное		
Максимальный ток короткого замыкания	Шины 110 кВ	2,78	кА	Трёхфазное КЗ	
	Шины 35 кВ	2,12	кА	Двухфазное КЗ	
	Шины 6 кВ	8,53	кА	Двухфазное КЗ	
Удельное электрическое сопротивление грунта (зимний период)	ρ верхнего слоя: 4500 Ом·м, ρ нижнего слоя: 3800 Ом·м, толщина верхнего слоя: 2,2 м				
Время срабатывания защит	основная: 0,1 с, резервная – 1 с				

### Протокол № 5 Напряжение прикосновения

№	Наименование объекта	Напряжения прикосновения, В	Нормативное значение, В	Соответствие нормативным документам	Примечания
Оборудование 110 кВ					
1	ШР-110 1Т	0	65 В – разъединители, 400 В – остальное оборудование	Соответствует	
2	ЛР-110 Новая-Картопля	0		Соответствует	
3	1РРП-110	0		Соответствует	
4	2РРП-110	0		Соответствует	
5	ЛР-110 Новая-Советский	0		Соответствует	
6	ШР-110 2Т	0		Соответствует	
Оборудование 35 кВ					
7	ШР-35 ПП-35/2	0	20 В – разъединители, 340 В – остальное оборудование	Соответствует	
8	ШР-35 2ТН	0		Соответствует	
9	ЛР-35 ПП-35/2	0		Соответствует	
10	ЛР-35 Резерв-2	0		Соответствует	
11	ШР-35 Резерв-2	0		Соответствует	
12	ШР-35 2ТН	0		Соответствует	
13	ТР-35 2Т	0		Соответствует	
14	2СР-35 СВ	0		Соответствует	
15	1СР-35 СВ	0		Соответствует	
16	ШР-35 1Т	0		Соответствует	
17	ШР-35 Резерв-1	0		Соответствует	

18	ЛР-35 Резерв-1	0	20 В – разъединители, 340 В – остальное оборудование	Соответствует	
19	ТР-35 1Т	0		Соответствует	
20	ШР-35 1ТН	0		Соответствует	
21	ШР-35 ПП-35/1	0		Соответствует	
22	ЛР-35 ПП-35/1	0		Соответствует	
Оборудование 6 кВ					
23	1Т	0	20 В – разъединители, 340 В – остальное оборудование	Соответствует	
24	2Т	0		Соответствует	
25	ТР-6 1Т	0		Соответствует	
26	ТР-6 2Т	0		Соответствует	

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

Неровный А.В.

Утверждаю:

Директор

Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Температура воздуха вне помещения	+30 °С				
Измерения проведены прибором	КДЗ-2	Заводской номер	51	Дата очередной поверки	19.01.2018
Расчёты проведены в программе	ОРУ-М	Номер регистрации	2002611768		
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой			влажный		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			незначительное		
Максимальный ток короткого замыкания	Шины 110 кВ		2,78	кА	Трёхфазное КЗ
	Шины 35 кВ		2,12	кА	Двухфазное КЗ
	Шины 6 кВ		8,53	кА	Двухфазное КЗ
Удельное электрическое сопротивление грунта (зимний период)		ρ верхнего слоя: 4500 Ом·м, ρ нижнего слоя: 3800 Ом·м, толщина верхнего слоя: 2,2 м			

### Протокол № 6

#### Разности потенциалов и нагрев экранов кабелей при коротких замыканиях

Трасса кабеля	Место приложения воздействия	Воздействие при КЗ		Допустимый уровень		Заключение
		Напряжение на кабеле, В	Нагрев экрана кабеля, °С	Напряжение на кабеле, В	Нагрев экрана кабеля, °С	
Оборудование – ОПУ-1	1Т	82	58	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	2Т	71	70	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	В-110 1Т	12	44	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	В-110 2Т	17	66	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	КС-110 Новая-Картопля ф.А	24	45	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	КС-110 Новая-Советская ф.С	20	45	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	ЛР-35 ПП35/1	22	41	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	ЛР-35 ПП35/2	25	42	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	1ТН-35	22	42	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-1	ТР-6 1Т	90	78	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-2	1Т	74	52	2000	150	Соответствует допустимому

Оборудование – ОПУ-2	2Т	54	53	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-2	В-110 1Т	10	41	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-2	В-110 2Т	10	43	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-2	КС-110 Новая-Картопя ф.А	18	42	2000	150	Соответствует допустимому
Оборудование – ОПУ-2	КС-110 Новая-Советская ф.С	15	42	2000	150	Соответствует допустимому

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

 Петров Е.Г.

Утверждаю:

Директор

 Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Температура воздуха вне помещения	+30 °С				
Измерения проведены прибором	ИКП-1	Заводской номер	11/12	Дата очередной поверки	25.01.2018
Расчёты проведены в программе	ОРУ-М		Номер регистрации	2002611768	
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой			влажный		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			незначительное		
Удельное электрическое сопротивление грунта (зимний период)		ρ верхнего слоя: 4500 Ом·м, ρ нижнего слоя: 3800 Ом·м, толщина верхнего слоя: 2,2 м			

### Протокол № 7

#### Импульсные помехи, вызванные высокочастотной составляющей тока КЗ

Трасса кабеля	Место приложения воздействия	Частота, МГц	Ток генератора, А	Импульсное сопротивление оборудования, Ом	Пересчёт к реальным воздействиям			Соответствие 3 степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.12 (2,5 кВ)																																																		
					ВЧ составляющая тока КЗ	Напряжение на аппарате, кВ	Напряжение на устройстве с учётом ослабления, кВ																																																			
Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	1Т	0,5	0,63	122,33	1 кА, 1 МГц	13,63	0,56	Соответствует																																																		
		1	3,16	13,63					Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	2Т	0,5	0,67	51,06	1 кА, 1 МГц	7,28	1,23	1	3,08	7,28	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	1ТН-110	0,5	0,63	85,56	1 кА, 1 МГц	12,92	1,48	1	3,18	12,92	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	2ТН-110	0,5	0,62	90,55	1 кА, 1 МГц	14,08	1,45	1	3,05	14,08	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 1Т	0,5	0,63	69,43	1 кА, 1 МГц	7,54	1,85	1	3,2	7,54	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 2Т	0,5	0,61	66,28	1 кА, 1 МГц
Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	2Т	0,5	0,67	51,06	1 кА, 1 МГц	7,28	1,23																																																			
		1	3,08	7,28					Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	1ТН-110	0,5	0,63	85,56	1 кА, 1 МГц	12,92	1,48	1	3,18	12,92	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	2ТН-110	0,5	0,62	90,55	1 кА, 1 МГц	14,08	1,45	1	3,05	14,08	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 1Т	0,5	0,63	69,43	1 кА, 1 МГц	7,54	1,85	1	3,2	7,54	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 2Т	0,5	0,61	66,28	1 кА, 1 МГц	10,60	0,84	1	3,05	10,60						
Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	1ТН-110	0,5	0,63	85,56	1 кА, 1 МГц	12,92	1,48																																																			
		1	3,18	12,92					Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	2ТН-110	0,5	0,62	90,55	1 кА, 1 МГц	14,08	1,45	1	3,05	14,08	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 1Т	0,5	0,63	69,43	1 кА, 1 МГц	7,54	1,85	1	3,2	7,54	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 2Т	0,5	0,61	66,28	1 кА, 1 МГц	10,60	0,84	1	3,05	10,60																	
Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	2ТН-110	0,5	0,62	90,55	1 кА, 1 МГц	14,08	1,45																																																			
		1	3,05	14,08					Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 1Т	0,5	0,63	69,43	1 кА, 1 МГц	7,54	1,85	1	3,2	7,54	Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 2Т	0,5	0,61	66,28	1 кА, 1 МГц	10,60	0,84	1	3,05	10,60																												
Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 1Т	0,5	0,63	69,43	1 кА, 1 МГц	7,54	1,85																																																			
		1	3,2	7,54					Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 2Т	0,5	0,61	66,28	1 кА, 1 МГц	10,60	0,84	1	3,05	10,60																																							
Токовые цепи Оборудование – ОПУ-2	ТТ-110 2Т	0,5	0,61	66,28	1 кА, 1 МГц	10,60	0,84																																																			
		1	3,05	10,60																																																						

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

Неровный А.В.

Утверждаю:

Директор

Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Температура воздуха вне помещения	+30 °С				
Измерения проведены прибором	ИК-1	Заводской номер	161/200	Дата очередной поверки	27.06.2018
Расчёты проведены в программе	ОРУ-М	Номер регистрации	2002611768		
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой			влажный		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			незначительное		
Параметры импульса молнии		амплитуда: 100 кА, фронт: 10 мкс, полуспад: 350 мкс			
Удельное электрическое сопротивление грунта (летний период)		ρ верхнего слоя: 450 Ом·м, ρ нижнего слоя: 3800 Ом·м, толщина верхнего слоя: 2,2 м			

### Протокол № 8

#### Импульсные потенциалы на заземлителях при ударах молнии

Молниеприёмник	Длительность фронта/спада импульса, мкс	Импульсное сопротивление заземлителя молниеприёмника, Ом	Ток молнии, кА	Длительность фронта/спада импульса, мкс	Наибольший потенциал на заземлителе вблизи кабельной трассы относительно ОПУ-1, кВ	Допустимый уровень, кВ	Заключение
Молниеотвод М1	8/20	2,70	100	10/350	27	60	Соответствует допустимому уровню
	1,2/50	1,21					
Молниеотвод М2	8/20	1,00	100	10/350	2	60	Соответствует допустимому уровню
	1,2/50	1,79					
Стержневой молниеприёмник на концевой опоре ВЛ-110 кВ М3	8/20	0,82	100	10/350	2	60	Соответствует допустимому уровню
	1,2/50	1,80					
Стержневой молниеприёмник на концевой опоре ВЛ-35 кВ М4	8/20	1,14	100	10/350	7	60	Соответствует допустимому уровню
	1,2/50	1,99					
Стержневой молниеприёмник на концевой опоре ВЛ-35 кВ М5	8/20	1,12	100	10/350	5	60	Соответствует допустимому уровню
	1,2/50	1,79					

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

Неровный А.В.

Утверждаю:

Директор

Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Параметры импульса молнии	Амплитуда: 100 кА, фронт: 10 мкс, полуспад: 350 мкс			
Максимальный ток короткого замыкания	Шины 110 кВ	2,78	кА	Трёхфазное КЗ
	Шины 35 кВ	2,45	кА	Трёхфазное КЗ
	Шины 6 кВ	9,85	кА	Трёхфазное КЗ

### Протокол № 9

#### Магнитные поля в максимальном рабочем режиме, при КЗ, при ударе молнии

Источник магнитного поля	Ток, создающий магнитное поле (номинальный ток на шинах, ток КЗ, ток молнии), кА	Расстояние от источника магнитного поля до места установки вторичной аппаратуры, м	Напряжённость магнитного поля в месте установки вторичной аппаратуры, А/м	Необходимый класс устойчивости аппаратуры к магнитному полю в соответствии с ГОСТ Р 50648-94 и ГОСТ Р 50649-94
ОПУ-1				
Шины 110/35/6 кВ при наибольшей рабочей нагрузке	0,25/0,3/4,37	6/18/19	6,7/2,7/37	5
Шины 110/35/6 кВ при КЗ	2,78/2,45/9,85	6/18/19	74/22/83	4
Ближайший молниеприёмник	100	11	97 (коэф. экранирования 15 – стены здания)	3
ОПУ-2				
Шины 110/35/6 кВ при наибольшей рабочей нагрузке	0,25/0,3/4,37	11/21/21	3,6/2,3/33	5
Шины 110/35/6 кВ при КЗ	2,78/2,45/9,85	11/21/21	40/19/75	4
Ближайший молниеприёмник	100	12	88 (коэф. экранирования 15 – стены здания)	3

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

 Петров Е.Г.

Утверждаю:

Директор

 Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Измерения проведены прибором	ПЗ-60	Заводской номер	100223	Дата очередной калибровки	12.03.2018
------------------------------	-------	-----------------	--------	---------------------------	------------

**Протокол № 10**  
**Магнитные поля в номинальном режиме**

Место измерения	Напряжённость магнитного поля, А/м		Необходимый класс устойчивости аппаратуры к магнитному полю в соответствии с ГОСТ Р 50648-94	Примечание
	Наименьшая	Наибольшая		
Помещение панелей ОПУ-1	-	0,98	1	
ОПУ-2	-	0,51	1	
Комната связи ОПУ-1	-	0,43	1	

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

  
Неровный А.В.

Утверждаю:

Директор

  
Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Измерения проведены прибором	Актаком АТТ-2593	Заводской номер	130700666	Дата очередной поверки	Не поверяется
------------------------------	------------------	-----------------	-----------	------------------------	---------------

**Протокол № 11**  
**Помехи радиочастотного диапазона**

Место измерения	Диапазон частот	Измеренный уровень напряжённости электромагнитного поля, В/м	Измеренный уровень напряжённости электромагнитного поля от портативных радиаций на расстоянии 1 м, В/м	Максимальный уровень напряжённости электромагнитного поля, В/м	Необходимый класс устойчивости аппаратуры к излучаемым радиочастотным электромагнитным полям (ГОСТ 30804.4.3-2013)	Примечание
Помещение панелей ОПУ-1	10 МГц – 8 ГГц	5,60	6	10	3	
ОПУ-2	10 МГц – 8 ГГц	0,01	6	10	3	
Комната связи ОПУ-1	10 МГц – 8 ГГц	0,45	6	10	3	

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

  
Неровный А.В.

Утверждаю:

Директор

  
Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Измерения проведены прибором	СТ-01	Заводской номер	241714	Дата очередной поверки	30.03.2018
Характер воздуха в помещении: влажный, средней влажности, сухой			средней влажности		

### Протокол № 12 Электростатические потенциалы

Место измерения	Напольное покрытие	Измеренный электростатический потенциал на теле человека, кВ	Возможный электростатический потенциал для наихудших условий, кВ	Необходимый класс устойчивости аппаратуры к влиянию электростатического разряда в соответствии с ГОСТ 30804.4.2-2013	Примечание
Помещение панелей ОПУ-1	металл	0,02	4,0	2	
ОПУ-2	металл	0,03	4,0	2	
Комната связи ОПУ-1	линолеум	0,04	4,0	2	

Измерения и расчёты провёл:

Инженер

  
Неровный А.В.

Утверждаю:

Директор

  
Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017

**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**


Измерения проведены прибором	АКИП-4125/3	Заводской номер	NHS80004130285	Дата очередной поверки	15.03.2018
------------------------------	-------------	-----------------	----------------	------------------------	------------

**Протокол № 13**  
**Мониторинг качества питания постоянным током**

Место проведения измерений	Параметр качества электрической энергии	Значение параметра	Допустимое значение	Соответствие нормативным документам (ГОСТ Р 51317.4.17-2000, ГОСТ Р 51317.6.5-2006)
ОПУ-2, шкаф оперативного тока	Отклонение напряжения	Наибольшее значение: 236,6 В Наименьшее значение: 236,4 В Среднее значение: 236,3 В	198-242 В	Соответствует
	Пульсации	0,12 В	22 В	Соответствует


Измерения и расчёты провёл:

Инженер

 Петров Е.Г.

Утверждаю:

Директор

 Бондарчук Е.А.

Исполнитель: ООО «Альфа ЭМС», г. Екатеринбург  
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: филиал АО «Тюменьэнерго» – Урайские  
электрические сети  
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории: 13-00-49-ЭТЛ-16/33, действительно до 07.04.2019

Дата: 22.08.2017


**Объект: ПС 110 кВ Даниловка**

Измерения проведены прибором	Парма РК 1.01	Заводской номер	0402	Дата очередной поверки	12.06.2021
------------------------------	---------------	-----------------	------	------------------------	------------


**Протокол № 14**  
**Мониторинг качества питания переменным током**

Место проведения измерений	Параметр качества электрической энергии	Измеренные значения	Допустимые значения	Соответствие ГОСТ 32144-2013
ОПУ-2, сеть ~230 В.	Напряжение	Наибольшее значение: 230,1 В Наименьшее значение: 229,2 В	207-253 В	Соответствует
	Частота	Наибольшее значение: 50,04 Гц Наименьшее значение: 49,99 Гц	49,6-50,4 Гц	Соответствует
	Несинусоидальность	4,25 %	12 %	Соответствует
	Прерывания напряжения	Не зарегистрированы	Не нормируется	-
	Провалы напряжения	Не зарегистрированы	Не нормируется	-
	Перенапряжения	Не зарегистрированы	Не нормируется	-

Измерения и расчёты провёл:  
Инженер

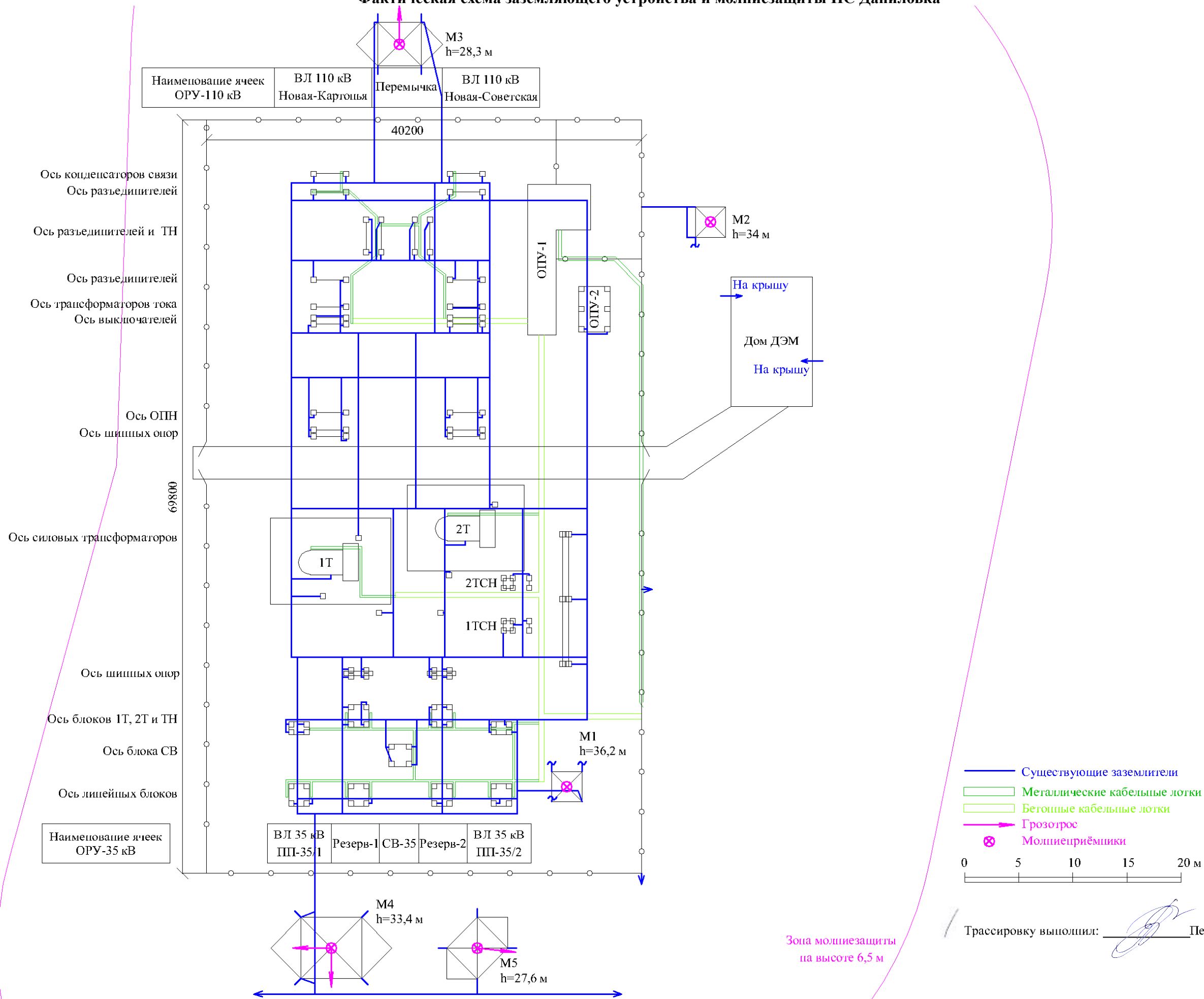
  
Петров Е.Г.

Утверждаю:  
Директор

  
Бондарчук Е.А.



**Приложение Г (обязательное)**  
**Фактическая схема заземляющего устройства и молниезащиты ПС Даниловка**



**Приложение Д (обязательное)**  
**Фактическая схема заземляющего устройства ПС Даниловка с рекомендуемыми заземлителями**

