

ООО «Сибэлектросервис»

Россия, 630126, г. Новосибирск, Микрорайон Зеленый бор, д 1.

Телефон/факс: 8 (383) 269-99-00 e-mail: kaa@sibeles.pro

«Утверждаю»

Генеральный директор



Колесников А.А.

«29» июля 2012 г.

ОТЧЕТ

«Обследование заземляющего устройства
подстанции ПС 110/6/6 кВ «УГП-2В» филиала Северные электрические
сети ОАО «Тюменьэнерго»»

Новосибирск 2012

Содержание

1 ЦЕЛИ РАБОТЫ	2
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА.....	3
3 ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	4
4 ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ, ПРОИЗВОДИМЫХ НА ОБЪЕКТЕ.....	5
5 ПЕРЕЧЕНЬ ПРОВОДИМЫХ РАСЧЕТОВ	9
6 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ КОНТУРА ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПС.....	10
7 ЗАМЕЧАНИЯ И ВЫЯВЛЕННЫЕ ДЕФЕКТЫ ЗУ ПС.....	11
8 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РЕМОНТА ЗУ ПС	12
9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЛАН-СХЕМА ПС.....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРОТОКОЛ №1 ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗУ ПС	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПРОТОКОЛ №2 ИЗМЕРЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПРОТОКОЛ №3 НАЛИЧИЕ И КАЧЕСТВО СВЯЗЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПС С ЗАЗЕМЛЯЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ПРОТОКОЛ №4 РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ЗУ ПС В РЕЖИМЕ КЗ	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ПРОТОКОЛ №5 ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОЛНИЕПРИЕМНИКОВ	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ПРОТОКОЛ №6 КОРРОЗИОННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ ПРОВОДНИКОВ.....	22

1 Цели работы

- Определение трасс прокладки заземлителей и заземляющих проводников, глубины их залегания, типа и сечения заземлителей;
- Измерение сопротивления заземляющего устройства;
- Определение удельного сопротивления грунта;
- Измерение сопротивления связи оборудования с ЗУ;
- Измерение импульсного сопротивления молниеприемников;
- Расчет сопротивления заземляющего устройства;
- Расчет распределения потенциалов на заземляющем устройстве в режиме КЗ и воздействия молнии для наиболее неблагоприятных климатических условий;
- Расчет напряжения прикосновения и шага на оборудовании при имитации КЗ на землю;
- Выявление дефектов по результатам обследования;
- Разработка рекомендаций по устранению выявленных дефектов.

2 Характеристика объекта

Таблица 2.1

Общие характеристики ПС 110/6/6 кВ «УГП-2В»

Год пуска	Класс напряжения, кВ	Кол-во трансформаторов	Площадь ПС, м ²
-	110/6/6	2	3480

Таблица 2.2

Токи короткого замыкания и время срабатывания защит

ОРУ ПС	Ток $I_{кз}^I$ или $I_{кз}^{I,I}$	Время протекания тока КЗ, с
110 кВ	1870	более 1 с

Паспортные данные заземляющего устройства:

- Дата пуска в эксплуатацию ЗУ: -
- Сопротивление ЗУ на момент пуска – 1,42 Ом;
- Допустимое сопротивление ЗУ – 2,675 Ом;
- Глубина заложения горизонтальных заземлителей 0,7 м;
- Сечение горизонтальных заземлителей: $\geq 160 \text{ мм}^2$ - полоса 40×4 мм, частично Ø14, частично уголок 30х30х4;

Целостность присоединения: существует.

3 Перечень оборудования и программного обеспечения

- Измерительный комплекс для диагностики качества контуров заземления КДЗ-1 (заводской номер № 175/316, свидетельство о поверке №6-09070 действителен до 11.08.2011 г.): генератор переменного синусоидального тока ГЗ-112/1 №9825; измеритель напряженности магнитного поля и напряжения ИМПН 57/211/419 с антенной преобразователем Н05;
- Локатор RD 7000 PL/генератор Т10, заводской номер 10/7KPL-1860/10 ITX-10-1761;
- измеритель напряжения прикосновения ИС-10 (заводской № 2600, свидетельство о первичной поверке от 31.07.2010 г.);
- измеритель сопротивления заземления Ф4103-М1 (зав. № 25528, свидетельство о первичной поверке от 30.08.2010 г.);
- Комплекс измерительный для определения импульсного сопротивления контуров заземления ИК-1 (зав. №55/94, свидетельство о поверке №6-07253 действителен до 6.08.2011 г.);
- Комплекс измерительный ИКП-1 (зав. № 14/09, свидетельство о поверке №6-07254 действителен до 6.08.2011 г.);
- лазерный дальномер TruPulse s/n t 102146;
- струбицы – 4 шт.;
- провод сечением $2,5 \text{ мм}^2$ длиной 200 м;
- измерительный токовый электрод – 2 шт;
- измерительный потенциальный электрод – 2 шт;
- катушки с проводом – 2 шт., каждая длиной по 1000 м;
- молоток 800 гр. – 1 шт.

4 Перечень работ, производимых на объекте

- Составление исполнительной схемы ПС
- Измерение сопротивления заземляющего устройства;
- Измерение напряжения прикосновения;
- Измерение сопротивления металlosвязи;
- Измерение импульсных сопротивлений молниеприемников;

Вышеперечисленные работы выполняются в соответствии с РД 153-34.0-20.525-00 «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок», СТО 56947007-29.240.044-2010 «Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства» и СО 34.35.311-2004 «Методические указания по определению электромагнитной обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях».

- Измерение удельного сопротивления грунта методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Выполняется на основании РСН 64-87 «Технические требования к производству геофизических работ. Электроразведка».

4.1 Методика измерений и обследований

4.1.1 Методика определение трассы прокладки горизонтальных заземлителей.

Для определения трассы прокладки продольных и поперечных горизонтальных заземлителей и заземляющих проводников, используется источник переменного синусоидального тока, который подключается к различным удаленным друг от друга точкам заземляющего устройства и создает в проводниках заземляющего устройства переменный синусоидальный ток, частотой 419 Гц. С помощью измерителя напряженности магнитного поля и напряжения определяются и наносятся на план места прокладки и соединений поперечных и продольных заземлителей. Места залегания горизонтальных заземлителей определяются путем анализа распределения напряженности магнитного поля над поверхностью земли, создаваемого протекающим по проводникам заземляющего устройства током от источника переменного синусоидального тока. Особенностью создаваемого магнитного поля является наличие ярко выраженных максимумов значений тангенциальной к земле составляющей его напряженности над местами залегания горизонтальных заземлителей. То есть, место, где значение магнитной напряженности максимально, соответствует месту залегания горизонтальных заземлителей с током. Расположение антенны- преобразователя, представляющей собой плоскую катушку индуктивности, позволяет также определить направление залегания горизонтальных заземлителей, при максимальном значении напряженности (H), направление плоскости катушки соответствует

направлению прокладки горизонтального заземлителя (рис. 1) [7].

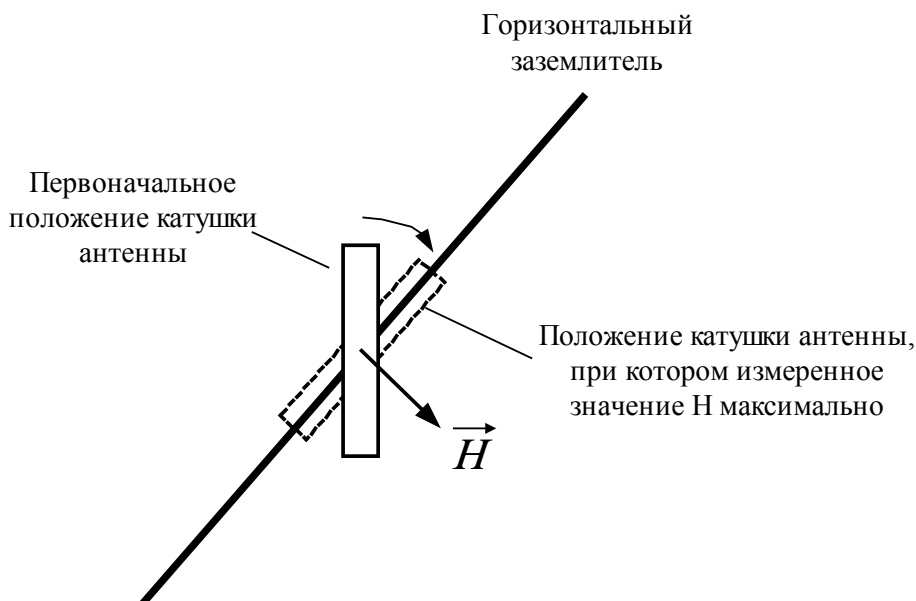


Рис.1 Определение направления прокладки горизонтального заземлителя (вид сверху)

4.1.2 Методика определения глубины прокладки горизонтальных заземлителей.

Для определения глубины залегания заземлителей используется датчик измерителя напряженности магнитного поля и напряжения. С помощью датчика определяется трасса прокладки горизонтального проводника. Затем датчик ставится на поверхность земли над проводником так, чтобы направление горизонтальной оси датчика совпадало с направлением проводника, фиксируются значения магнитной напряженности H . Затем датчик измерителя напряженности магнитного поля и напряжения поднимается над землей на высоту h , при которой индикатор измерителя напряженности магнитного поля и напряжения будет показывать величину напряженности магнитного поля равную половине значения H на поверхности земли. Высота подъема датчика при этом равняется глубине залегания горизонтального заземлителя $h = t$ (рис.2). Погрешность определения глубины залегания горизонтального заземлителя этим методом, как правило, не превышает 10см.

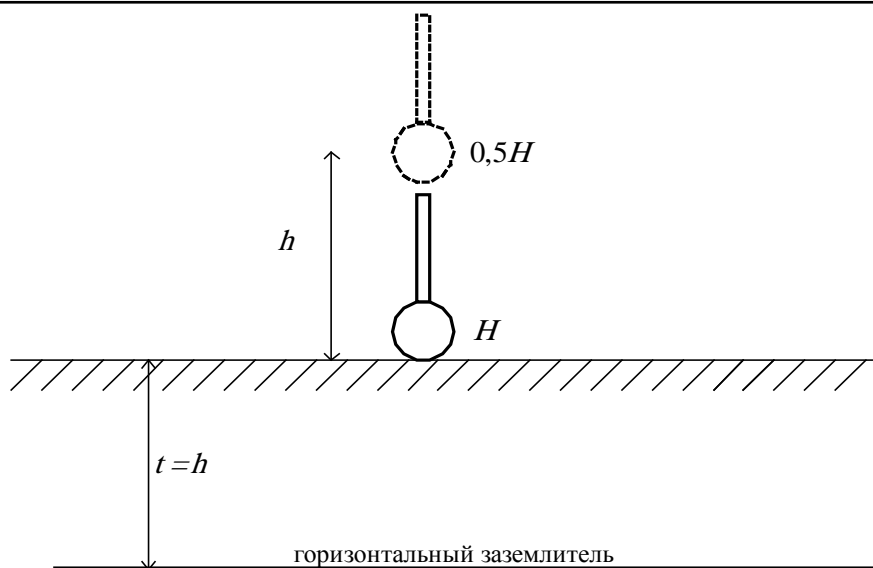


Рис.2 Определение глубины залегания горизонтального заземлителя

4.1.3 Методика измерения сопротивления растеканию.

Измерения сопротивления заземляющего устройства ($R_{\text{зу}}$) проводится по однолучевой схеме рис.4 в соответствии с [1], с помощью прибора ОНП-1. Для измерения клеммы Т1, П1 прибора ОНП-1 подключаются к заземляющему проводнику заземляющего устройства при помощи струбцин. Выносной токовый электрод забивается в грунт на глубину 1,0 м на расстоянии от заземляющего устройства 3-5 наибольших диагоналей заземляющего устройства. Токовая клемма Т2 присоединяется к выносному токовому электроду проводом соответствующей длины. Производится контроль величины суммарного сопротивления токовой цепи (сопротивлений проводов, электродов и грунта на участке измерения). Величина сопротивления токовой цепи не должна превышать 3 кОм, для того чтобы прибор не выходил за пределы своей погрешности.. Расстояние от заземляющего устройства до токового электрода разбивается на 10 равных промежутков на границах которых поочередно забивается выносной потенциальный электрод на глубину 70-80 см, для создания точки измерения. В каждой точке измерения выносной потенциальный электрод подключается к клемме П2 ОНП-1 при помощи провода, далее выполняется измерение сопротивления в данной точке. Результаты измерений заносятся в таблицу измерений. По полученным точкам строится график «зависимость измеренного сопротивления от расстояния потенциального электрода до токового». Если кривая монотонно возрастает и имеет в средней части горизонтальный участок и разница сопротивлений, измеренных при $r_{\text{п}}=0,4 \times r_{\text{т}}$ и $r_{\text{п}}=0,6 \times r_{\text{т}}$ не превышает 10%, за истинное значение сопротивления принимается значение при $r_{\text{п}}=0,5 \times r_{\text{т}}$.

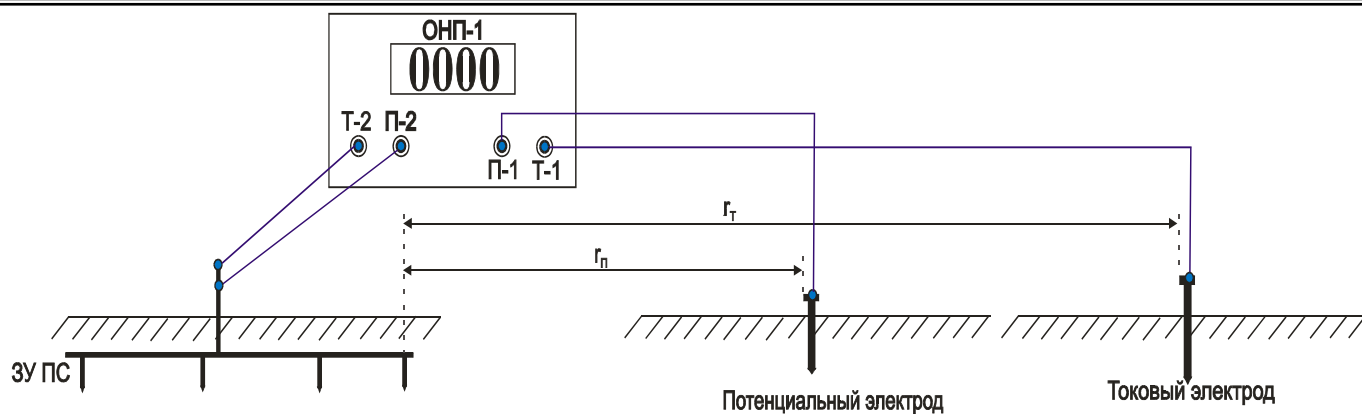


Рис.3 Схема измерения сопротивления заземляющего устройства по однолучевой схеме

ЗУ ПС – заземляющее устройство подстанции;

r_T – расстояние до токового электрода;

$r_П$ – расстояние до потенциального электрода.

4.1.5 Методика измерения сопротивления металlosвязи.

Измерение сопротивления металlosвязи и проверка качества контактных соединений осуществляется следующим образом: клеммы T1 и П1 прибора ОНП-1 присоединяются к заземляющему устройству объекта при помощи измерительных проводов и струбцин, а клеммы T2 и П2 к заземляющим проводникам оборудования объекта рис. 6. Полученные результаты заносятся в таблицу. Опыт обследования показывает, что сопротивление 0,05- 0,1 Ома может быть достигнуто при присоединении оборудования оболочками кабелей и болтовыми соединениями низкого качества, поэтому качество металlosвязи рекомендуется считать удовлетворительным, если величина сопротивления не превышает 0,05 Ома.

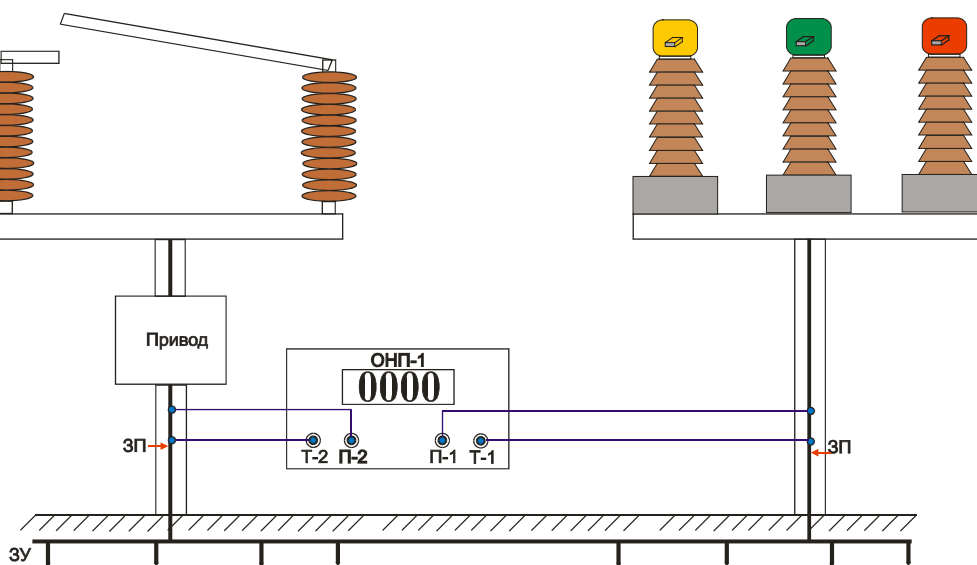


Рис.6 Схема измерения сопротивления металlosвязи

ЗП – заземляющий проводник;

ЗУ – заземляющее устройство.

5 Перечень проводимых расчетов

- Распределение токов и потенциалов по ЗУ ПС;
- Напряжение прикосновения;
- Напряжение шага;
- Сопротивление ЗУ ПС.

Расчет проводится в сертифицированном программном комплексе ОРУ-М.

6 Результаты обследования контура заземления ПС

Результатом обследования контура заземления ПС стали:

- Схема-план ПС;
- Протоколы обследования заземляющего устройства ПС;
- Протоколы расчета параметров заземляющего устройства ПС.

Данные материалы приведены в Приложениях 1-7 в соответствии с «Программой на проведение работ по обследованию заземляющего устройства и определению электромагнитной обстановки».

7 Замечания и выявленные дефекты ЗУ ПС

По результатам обследования выявлены следующие замечания:

По результатам обследования выявлены следующие замечания:

- Обнаружен ряд недостатков в заземляющей сетке – наличие горизонтальных заземлителей, проложенных по поверхности земли, наличие обрывов (см. Приложение 1 Схема-план подстанции);
- Сопротивление ЗУ ПС измеренное – 0,71 Ом; расчетное, приведенное к наихудшим условиям – 0,1065 Ом. Данные значения удовлетворяют допустимому значению сопротивления 2,675 Ом согласно имеющийся проектной документации;
- Металлосвязь оборудования с ЗУ ПС не во всех случаях удовлетворяет нормативному значению 0,05 Ом (см. Таблицу 7.1, см. Приложение 3 (Протокол №2));

Таблица 7.1

№ Поз.	Наименование оборудования	Ризм, Ом
ОРУ 110 кВ		
1	ОИ 1	>0,05
2	ОИ 3	>0,05
3	ОПН-110 1Т фС	>0,05

- Напряжение прикосновения удовлетворяет заданным значениям (см. Приложение 5 (Протокол №4));
- Расчет потенциалов в программе ОРУ-М показал, что превышение значения свыше 5000 В (не требуется специальных мер по защите изоляции кабелей – ПУЭ 1.7.89) не наблюдается (см. Приложение 5 (Протокол №4));
- Импульсное сопротивление молниеприемников не превышает 10 Ом, кроме ОПН-110 1Т фС (см. Приложение 6 (Протокол №5)).

8 Рекомендации по выполнению ремонта ЗУ ПС

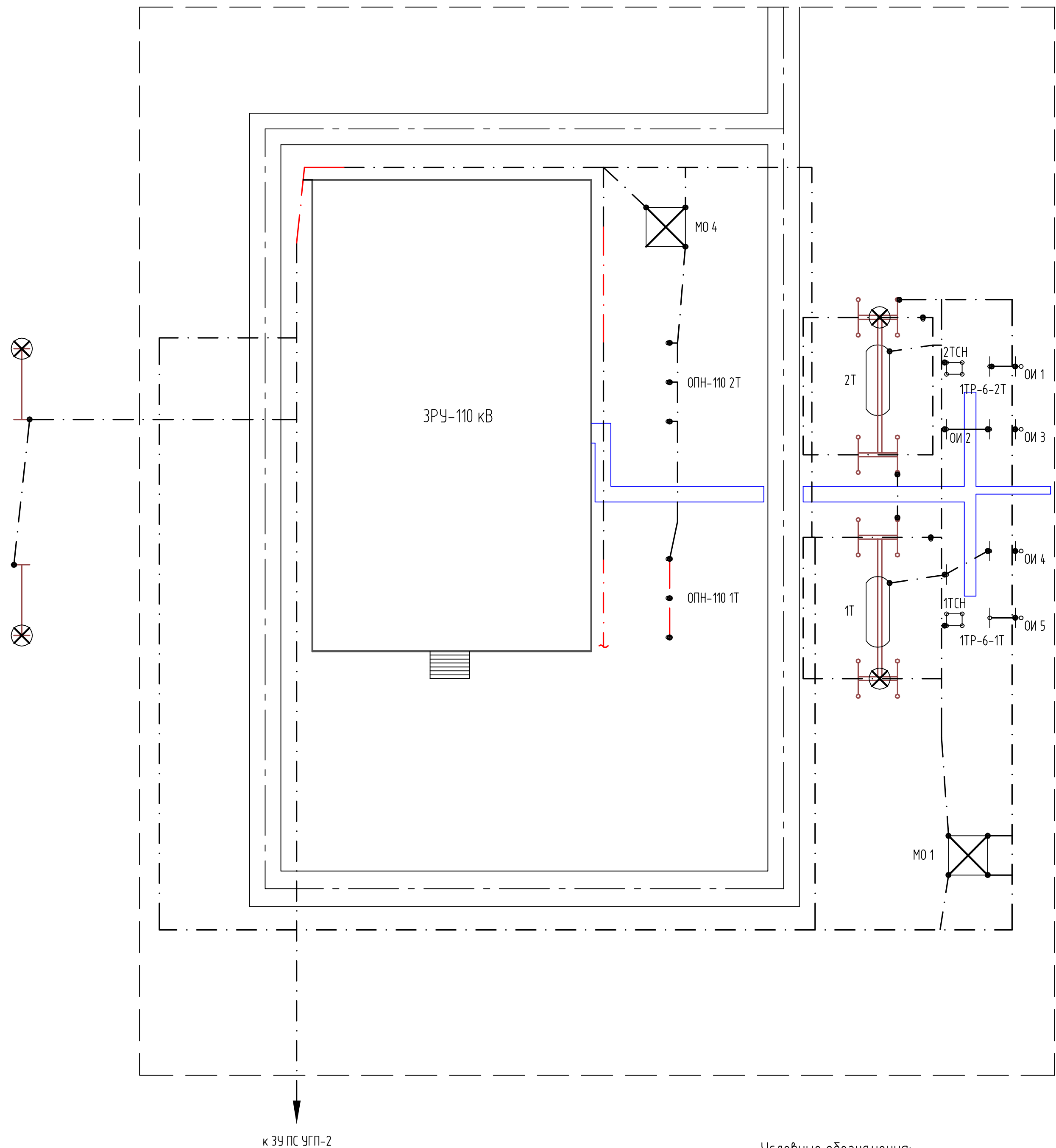
- Выявить и устранить плохое контактное соединение с ЗУ ПС для оборудования, приведенного в таблице 7.1 (проварить спуски оборудования);
- Устранить недостатки заземляющей сетки ЗУ ПС – заглубить проложенные по поверхности земли участки горизонтальных заземлителей на глубину не менее 0,3 м (см. Приложение 1 Схема-план подстанции);
- Восстановить целостность контура заземления в местах обрывов горизонтальных заземлителей (см. Приложение 1 Схема-план подстанции).

На основании выполненного обследования был разработан комплект рабочей документации 0083-031-ЭП по реконструкции контура заземления ПС.

9 Список литературы

1. РД 153-34.0-20.525-00 «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок»;
2. СТО 56947007-29.240.044-2010 «Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства»;
3. СО 34.35.311-2004 «Методические указания по определению электромагнитной обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях»;
4. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ;
5. Правила устройства электроустановок 7-ое издание;
6. РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений».

Схема-план заземляющего устройства подстанции
Масштаб 1:200

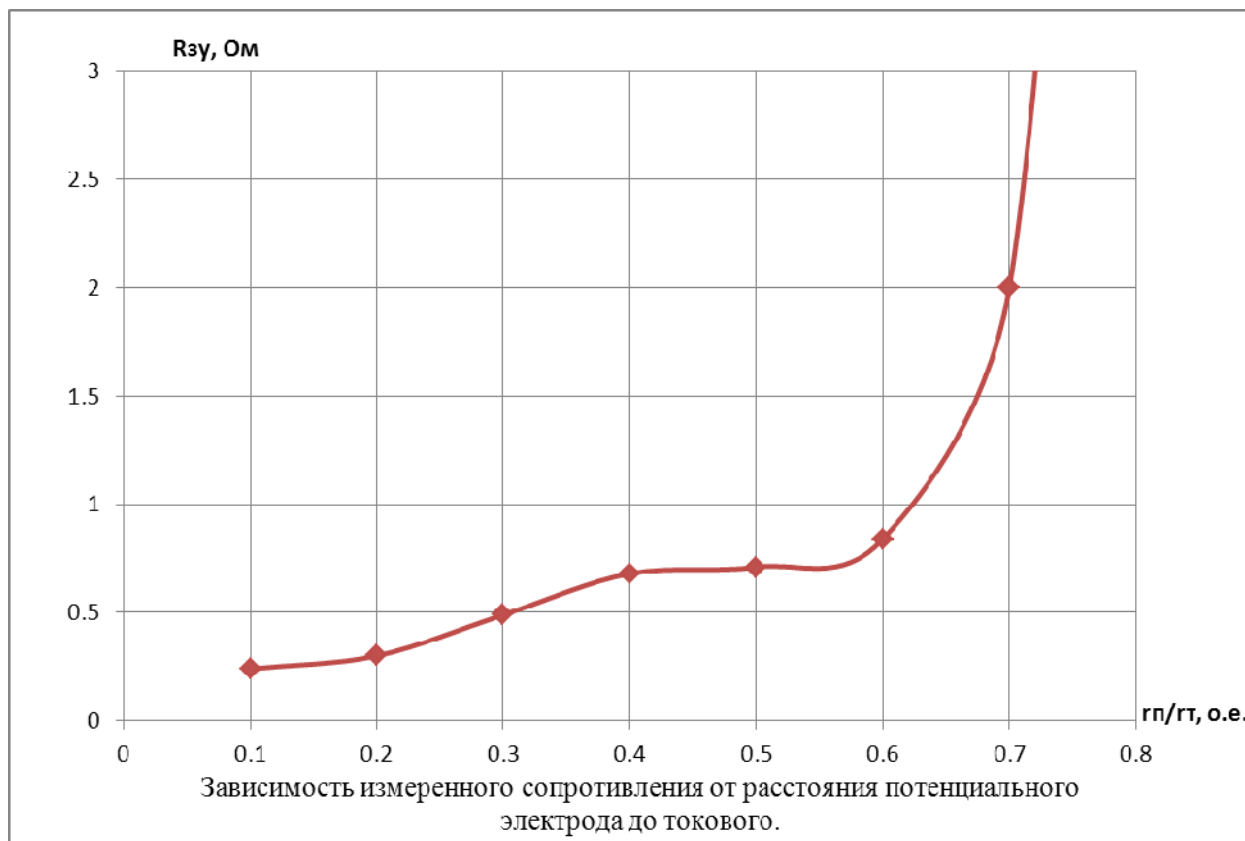


Условные обозначения:

- . — Горизонтальный заземлитель
- Портал
- Кабельный канал
- Дорога
- ⊗ Молниеприемник
- Ограда
- Место присоединения к заземляющему проводнику
- . — Горизонтальный заземлитель, проложенный по поверхности земли
- . → Место обрыва горизонтального заземлителя

**ПРОТОКОЛ № 1 от «29» июля 2012 г.
Измерение сопротивления ЗУ ПС**

r_{II}/r_T , о.е.	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
R_{3y} , Ом	0,24	0,30	0,49	0,68	0,71	0,84	2	8	9



Сопротивление ЗУ ПС составило 0,71 Ом без учета сезонного коэффициента. Сезонный коэффициент сопротивления выбирался, согласно РД 153-34.0-20.525-00, исходя из следующих параметров. При соответствующей площади подстанции, с учетом сезонного коэффициента удельного сопротивления грунта, длине вертикальных электродов, электрическом строении грунта и географическом районе расположения подстанции сезонный коэффициент составил: $K_C \cong 1,5$. Сопротивление ЗУ с учетом сезонного коэффициента $R_{3y} = K_C \times R_{3y} = 1,5 \times 0,71 = 1,065$ Ом.

Измерения провели:

Инженер 1^{ой} категории

(должность)

(подпись)

А.П. Кузнецов

(Ф.И.О.)

Инженер 2^{ой} категории

(должность)

(подпись)

Е.В. Кириллов

(Ф.И.О.)

ПРОТОКОЛ № 2 от «29» июля 2012 г.
Измерение значений удельного сопротивления грунта

№	Место измерений	Расстояние между токовыми эл-ми, м	Расстояние между пот-ми эл-ми, м	Удельное сопротивление грунта, Ом·м
1.	ОРУ 110 кВ	1	0,5	846
2.		1,4	0,5	384
3.		2	0,5	193
4.		4	2,0	83
5.		6	2,0	32
6.		8	2,0	18
7.		10	2,0	12
8.		14	2,0	6
9.		20	2,0	2,5

Эквивалентные значения удельного сопротивления грунта ρ , приведенные к двухслойной модели, составили:

- $\rho_1 = 1157 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\rho_2 = 372 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $h = 0.7 \text{ м}$

Эквивалентные значения удельного сопротивления грунта ρ , приведенные к двухслойной модели, с учетом промерзания грунта в зимний период составили:

- $\rho_1 = 1898 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\rho_2 = 372 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $h = 2.2 \text{ м}$

Измерения провели:

Инженер 1^{ой} категории

(должность)

(подпись)

А.П. Кузнецов

(Ф.И.О.)

Инженер 2^{ой} категории

(должность)

(подпись)

Е.В. Кириллов

(Ф.И.О.)

ПРОТОКОЛ № 3 от «29» июля 2012 г.

Наличие и качество связей оборудования ПС с заземляющим устройством

№	Оборудование	Наличие связи заземляющих проводников с заземлителем	Переходное сопротивление, Ом	Степень коррозии, %	Пригодность заземлитель оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
1	2ТСН	+	<0,05	<20%	Пригодно	2024
2	ОИ 1	-	>0,05		Непригодно	После рем.
3	ОИ 2	+	<0,05		Пригодно	2024
4	ОИ 3	-	>0,05		Непригодно	После рем.
5	4ТР-6 2Т	+	<0,05		Пригодно	2024
6	3ТР-6 1Т	+	<0,05		Пригодно	2024
7	1ТСН	+	<0,05		Пригодно	2024
8	ОИ 4	+	<0,05		Пригодно	2024
9	ОИ 5	+	<0,05		Пригодно	2024
10	ОИ 6	+	<0,05		Пригодно	2024
11	Портал 1Т	+	<0,05		Пригодно	2024
12	Портал 2Т	+	<0,05		Пригодно	2024
13	1Т	+	<0,05		Пригодно	2024
14	2Т	+	<0,05		Пригодно	2024
15	МО 1	+	<0,05		Пригодно	2024
16	ОПН-110 1Т фА	+	<0,05		Пригодно	2024
17	ОПН-110 1Т фВ	+	<0,05		Пригодно	2024
18	ОПН-110 1Т фС	-	>0,05		Непригодно	После рем.
19	ОПН-110 2Т фА	+	<0,05		Пригодно	2024

20	ОПН-110 Т фВ	+	<0,05		Пригодно	2024
21	ОПН-110 2Т фС	+	<0,05		Пригодно	2024
22	МО 4	+	<0,05		Пригодно	2024
23	ЗРУ-110 кВ	+	<0,05		Пригодно	2024

Измерения провели:

Инженер 1^{ой} категории

(должность)

(подпись)

А.П. Кузнецов

(Ф.И.О.)

Инженер 2^{ой} категории

(должность)

(подпись)

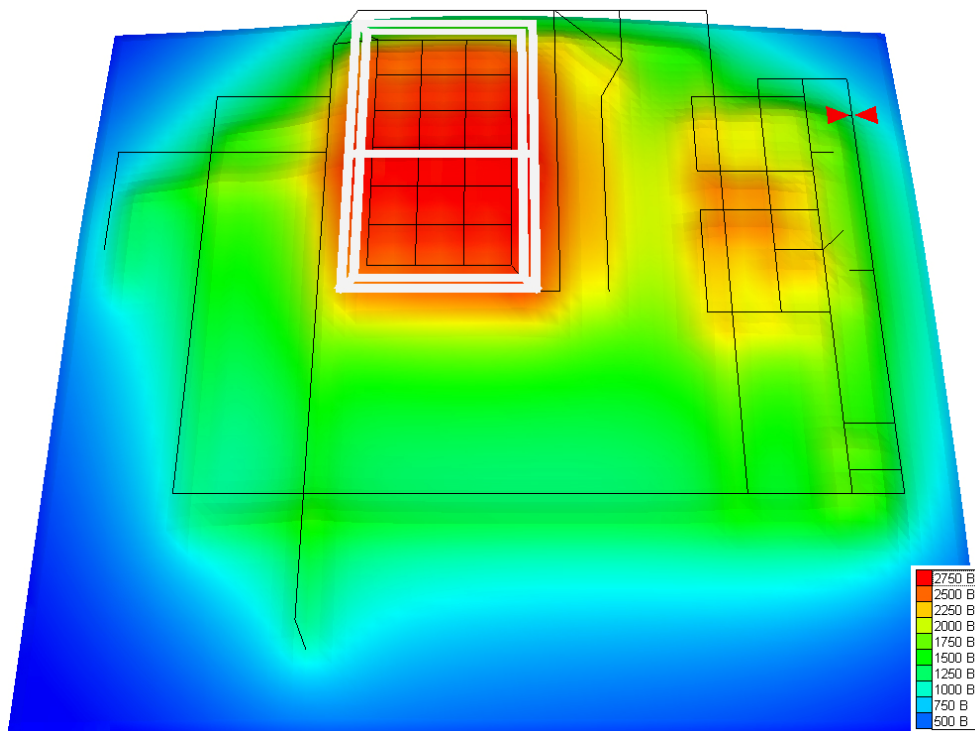
Е.В. Кириллов

(Ф.И.О.)

ПРОТОКОЛ №4 от «29» июля 2012 г.

Расчет распределения потенциалов на ЗУ ПС в режиме КЗ и при воздействии молнии

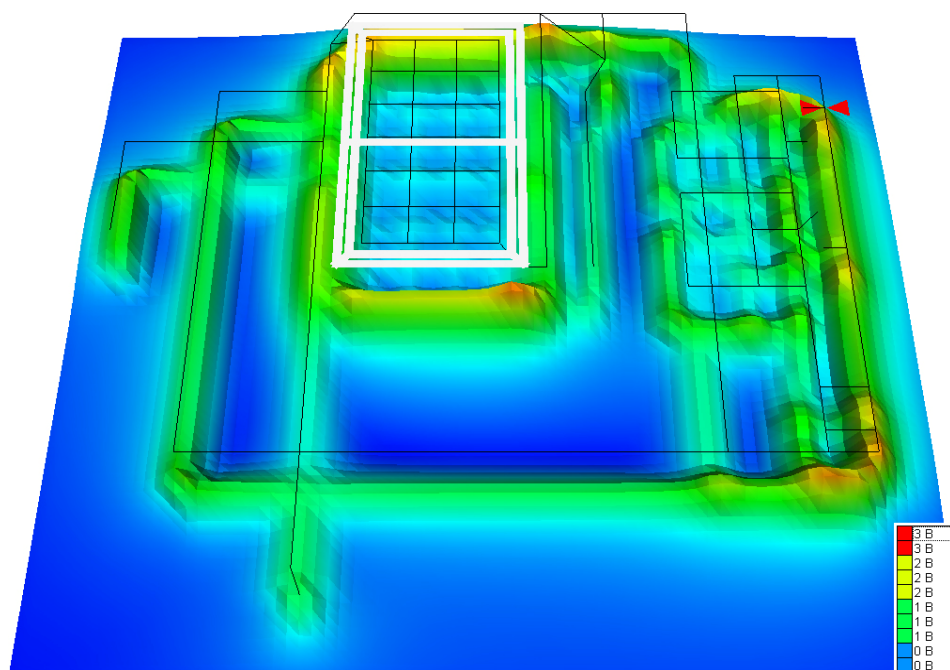
Расчет в программе ОРУ-М был проведен для наиболее неблагоприятных климатических условий ($\rho_1=1898 \text{ Ом}$; $\rho_2=372 \text{ Ом}$, $h=2,2 \text{ м}$). При этом расчетное сопротивление ЗУ ПС $R_{\text{зз}}=1,42 \text{ Ом}$. Ниже представлена 3D диаграмма распределения потенциалов по оборудованию и ЗУ подстанции в режиме КЗ:



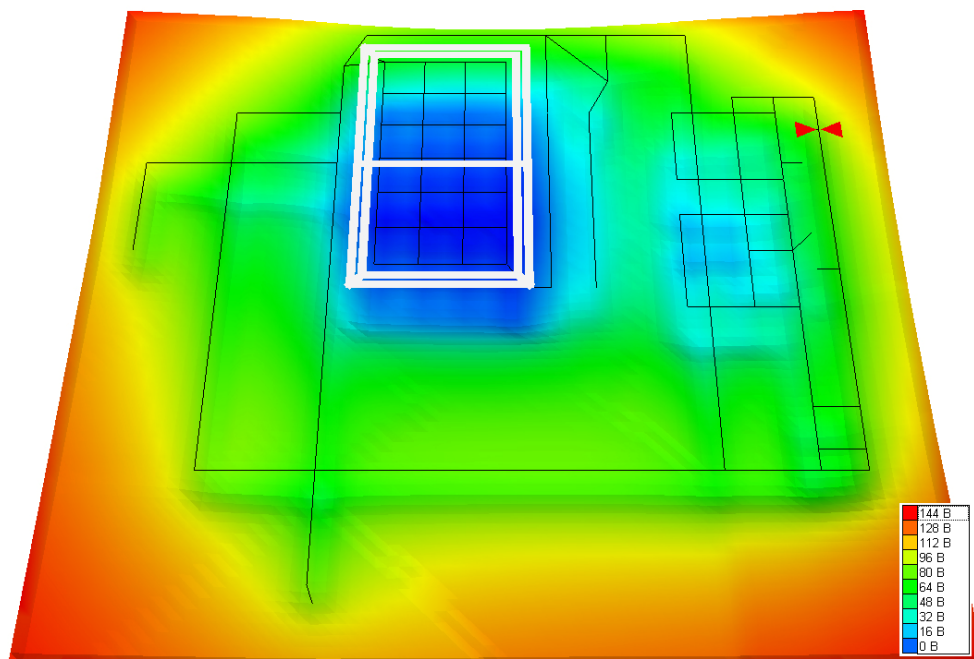
Максимальный подъем потенциала составил 2750 В. Допустимый потенциал согласно ПУЭ равен 5000 В (не требуется дополнительных мер для защиты кабельного хозяйства ПС).

Дополнительно был проведен расчет распределения напряжения шага и напряжение прикосновения.

Напряжение шага:

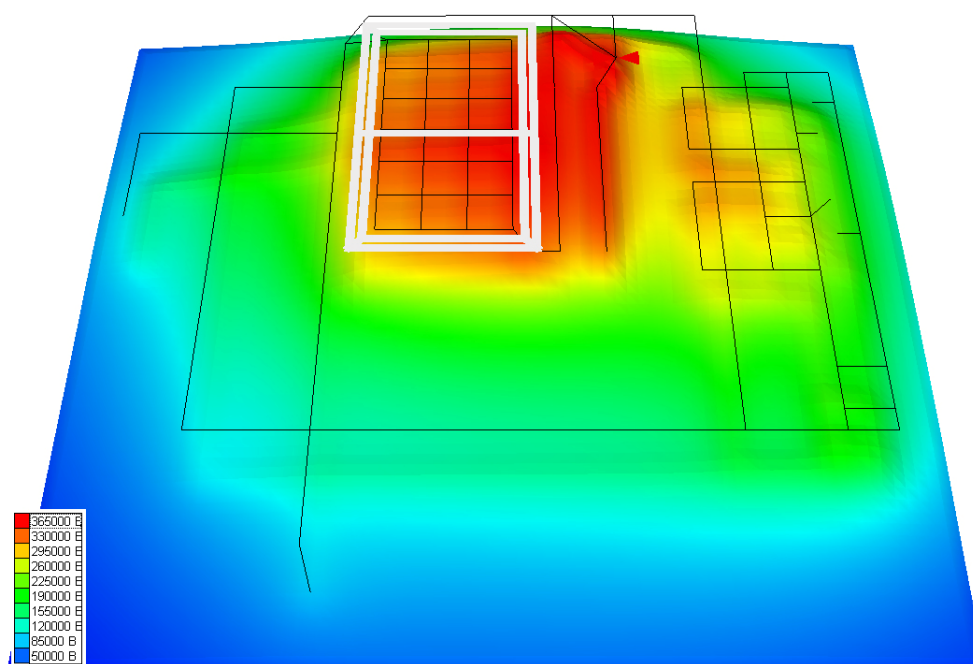


Напряжение прикосновения:



Расчетные значения напряжений прикосновения и шага на рабочих местах не превышают допустимого значения 65 В для времени протекания тока КЗ ≥ 1 с согласно ГОСТ 12.1.038-82.

Распределение потенциалов при воздействии молнии с нормированными параметрами:



Согласно расчетам, наибольшая средняя напряженность поля между ЗУ молниеотводов и местами прокладки кабелей составляет $E_{наиб.} = 206$ кВ/м. Это не превышает допустимую напряженность электрического поля в грунте, не вызывающую искрообразования – 300 кВ/м.

Расчет провел:

Инженер 2^{ой} категории
(должность)

(подпись)

Сидоров А.В.
(Ф.И.О.)

ПРОТОКОЛ № 5 от «29» июля 2012 г.**Измерение импульсного сопротивления молниеприемников**

Согласно СО 34.35.311-2004 «Методические указания по определению электромагнитной обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях» допустимое значение импульсного сопротивления молниеприемников равно 10 Ом. Делитель щупа осциллографа при измерениях был установлен в положение 1:100.

№	Наименование оборудования	U имп., В	I ген., А	R имп., Ом	Осциллограмма
1	МО 1	20	22,2	0,9	
2	ОПН 110 1Т фВ	80	22,2	3,6	
3	ОПН 110 1Т фС	350	18,8	15,7	

Измерения провели:

Инженер 1^{ой} категории

(должность)

(подпись)

Инженер 2^{ой} категории

(должность)

(подпись)

А.П. Кузнецов

(Ф.И.О.)

Е.В. Кириллов

(Ф.И.О.)

ПРОТОКОЛ № 6 от «29» июля 2012 г.**Коррозионное состояние и термическая устойчивость заземляющих проводников**

Допустимое сечение заземляющих проводников по термической стойкости, выбираемое из условия нагрева проводника до 400 °С, определяется соотношением (согласно РД 153-34.0.525-00):

$$S_{\text{зп}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{\tau + 0,1}}{60} = \frac{4480 \cdot \sqrt{1 + 0,1}}{60} = 85 \text{ мм}^2$$

где I — расчетный ток короткого замыкания, А;
 τ — время отключения замыкания на землю, с

Для горизонтальных заземлителей допускается в 2,5 раза меньшее сечение, поэтому в данной работе ограничивались только проверкой заземляющих проводников. Сечение существующих заземляющих проводников ПС не менее 160 мм².

На территории ПС производилось выборочное вскрытие грунта в месте прокладки магистрали заземления, рисунок 1.1. Сплошная поверхностная коррозия не превышает 50% сечения.




Рисунок 1.1 - Магистраль заземления

Таким образом сечение заземляющих проводников и горизонтальных заземлителей удовлетворяет требованиям по термической устойчивости.

Расчет провел:

Инженер 2^{ой} категории
 (должность)


 (подпись)

Сидоров А.В.
 (Ф.И.О.)