

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ “ЕЭС РОССИИ”

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по контролю состояния заземляющих устройств
электроустановок

РД _____

СПО
ОРГРЭС
Москва 1999

УДК 621

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ
ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

РД

Введен впервые

Вводится в действие

с _____

Настоящие Методические указания (далее - указания) распространяются на персонал АО-энерго, межсистемных электрических сетей (МЭС), предприятий МЭС и предприятий электрических сетей (ПЭС), электростанций, проектных, строительного-монтажных и наладочных организаций, занимающихся эксплуатацией, проектированием и строительством заземляющих устройств (ЗУ) энергообъектов.

В указаниях приведены методы контроля и испытаний ЗУ подстанций и опор ВЛ, методы проверки пробивных предохранителей и цепи фаза-нуль (в установках до 1000 В) в процессе эксплуатации и при приемке вновь сооружаемых или реконструируемых ЗУ, а также указаны применяемые при этом приборы и область их применения.

При подготовке настоящих указаний использованы следующие материалы:

- Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Раздел 11 (СПО ОРГРЭС, 1997);
- Методические указания по проверке состояния заземляющих устройств электроустановок (проект МЭИ-НПФ ЭЛНАП, 1999);
- Указания по эксплуатационному контролю заземляющих устройств подстанций напряжением 6-1150 кВ (проект НЭТИ, 1992).

Разработано

Новосибирским электротехническим институтом, Московским энергетическим институтом, Научно-производственной фирмой ЭЛНАП.

Исполнители

Авторский коллектив под руководством Ю.В. ЦЕЛЕБРОВСКОГО (НЭТИ), авторский коллектив под руководством Р.К.БОРИСОВА (МЭИ - НПФ ЭЛНАП) под общей редакцией ОАО "Фирма ОРГРЭС".

Согласовано

с Департаментом Генеральной инспекции по эксплуатации электростанций и сетей РАО "ЕЭС России" _____

Начальник В.К.ПАУЛИ

Утверждено

Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" _____

Первый заместитель начальника А.П.БЕРСЕНЕВ

1. Общие положения

1.1. Характеристики ЗУ должны отвечать требованиям обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и надежной работы оборудования электроустановки в нормальных и аварийных условиях.

ЗУ должно обеспечивать следующие эксплуатационные функции электроустановки:

- действие релейных защит от замыкания на землю;
- действие защит от перенапряжений;
- отвод в грунт токов молнии;
- отвод рабочих токов (токов несимметрии и т.д.);
- защиту изоляции низковольтных цепей и оборудования;
- снижение электромагнитных влияний на вторичные цепи;
- защиту подземного оборудования и коммуникаций от токовых перегрузок;
- стабилизацию потенциалов относительно земли и защиту от статического электричества;

ства;

- обеспечение взрыво- и пожаробезопасности.

1.2. Основными параметрами, характеризующими состояние ЗУ являются:

- сопротивление растеканию (для электроустановок подстанций, электростанций и опор ВЛ);

- напряжение на ЗУ при стекании с него тока замыкания на землю;
- напряжение прикосновения (для электроустановок выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью, кроме опор ВЛ).

Дополнительными характеристиками ЗУ, с помощью которых производится оценка его состояния в процессе эксплуатации, являются качество и надежность соединения элементов ЗУ, соответствие сечения и проводимости элементов требованиям ПУЭ и проектным данным, интенсивность коррозионного разрушения.

В соответствии с ПТЭ для контроля ЗУ в электроустановках до 1 кВ с изолированной нейтралью необходимо производить проверку пробивных предохранителей, а в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью проверку цепи фаза-ноль.

1.3. Объем и нормы испытаний ЗУ установлены РД 34.45-51.300-97 (Объем и нормы испытаний электрооборудования. 6-е изд. М.: НЦ ЭНАС, 1998 г., п.28. Заземляющие устройства).

1.4. Периодичность проверки параметров ЗУ следующая:

- проверка ЗУ в полном объеме - не реже 1 раза в 12 лет;
- проверка в той части, где возможно изменение ЗУ в результате проведенных работ - после монтажа, переустройства и капитального ремонта оборудования на электростанциях, подстанциях и линиях электропередачи;

- измерение напряжения прикосновения в электроустановках, ЗУ которых выполнено по нормам на напряжение прикосновения - после монтажа, переустройства и капитального ремонта ЗУ и изменения токов КЗ, но не реже 1 раза в 6 лет (измерения должны выполняться при присоединенных естественных заземлителях и тросах ВЛ);

- проверка состояния устройств молниезащиты должна производиться один раз в год перед началом грозового сезона;

- проверка пробивных предохранителей и цепи фаза-ноль – не реже 1 раза в 6 лет.

1.5. При возникновении на территории объекта КЗ или связанных с ним аварийных ситуаций, необходимо провести обследование ЗУ в зоне аварии и на прилегающих к ней участках ЗУ.

1.6. Рекомендуется проводить проверку состояния ЗУ после реконструкции, в особенности, при установке на объекте электронных и микропроцессорных устройств.

1.7. Для измерения сопротивления ЗУ и определения напряжения прикосновения многие

годы используется ряд приборов, различающихся областью применения, диапазонами измеряемых значений, схемами, помехоустойчивостью, частотой измерительного тока и т.п. Краткие характеристики приборов приведены в приложении 1, там же даны сведения о средствах измерений и контроля, разработанные в последние годы.

2. Методы проверки состояния ЗУ

2.1. Проверка выполнения элементов ЗУ

2.1.1. Визуальная проверка ЗУ

Визуальная проверка проводится с целью проверки качества монтажа и соответствия сечения заземляющих проводников требованиям проекта и ПУЭ.

Измерение сечения проводников производится штангенциркулем. Измеренное сечение сравнивается с расчетным. Сечение заземляющих проводников должно быть не менее:

$$S_{\text{зп}} \geq I \sqrt{(\tau + 0,1)/60} \text{ (мм}^2\text{)}, \text{ где}$$

I - ток короткого замыкания на землю, А

(для ОРУ подстанций 6-35 кВ – ток двойного замыкания на землю, для ОРУ подстанций 110-1150 кВ – ток однофазного короткого замыкания);

τ - время отключения замыкания на землю, сек. (время действия основной защиты и время работы выключателя).

Особое внимание следует уделить заземляющим проводникам от нейтралей трансформаторов, короткозамыкателей, шунтирующих и дугогасящих реакторов. Их сечение должно соответствовать максимальному для данной подстанции.

Снижение сечения из-за коррозии происходит в первую очередь непосредственно под поверхностью грунта. Поэтому при контроле ЗУ в процессе эксплуатации обязательна выборочная проверка заземлителя со вскрытием грунта на глубину примерно 20 см.

Коррозионные повреждения проводников на большей глубине, а также в сварных соединениях выявляются при измерениях напряжений прикосновения и проверке металловязей.

Если к ЗУ подстанции подсоединяется грозозащитный трос ВЛ, то ток через трос может быть оценен по выражениям:

- для стальных тросов - $I_T = 0,2 I_{\text{кз}}$;

- для сталеалюминиевых - $I_T = 0,7 I_{\text{кз}}$, где

$I_{\text{кз}}$ – ток однофазного короткого замыкания на проверяемой ВЛ вблизи подстанции, который можно принять равным току короткого замыкания на соответствующем ОРУ.

Допустимые токи для различных марок грозозащитных тросов при времени отключения короткого замыкания, равного 1 с приведены в таблице 1.

Таблица 1

Марка троса	ПС25	ПС35	ПС50	ПС70
Допустимый ток, кА	1,5	2,0	3,0	4,5

Марка троса	АС35	АС50	АС70	АС95	АС120	АС150
Допустимый ток, кА	5,5	7,2	10,3	14,4	17,1	22,2

При ином времени τ допустимый ток можно определить по выражению:

$$I_{\text{доп}} = 1,05 I_{\text{табл}} / \sqrt{(\tau + 0,1)}$$

При визуальном контроле ЗУ производится проверка болтовых соединений. Болтовые соединения должны быть надежно затянуты, снабжены контргайкой и пружинной шайбой.

2.1.2. Определение реальной схемы ЗУ

Предварительно составляется рабочий план размещения силового оборудования электроустановки. На плане рекомендуется нанести в масштабе:

- всю территорию электроустановки, включая здания и отдельно стоящее оборудование, подлежащее заземлению;
- магистрали ЗУ и точки присоединения к нему силового оборудования;
- кабельные каналы, колодцы, трубопроводы;
- ограждения;
- автомобильные и пешеходные дороги.

Образец схемы-плана представлен в приложении 6.

Определение трасс прокладки искусственного заземлителя в грунте осуществляется измерительным комплексом КДЗ-1. Источник переменного тока 400 Гц ИПТ подключается к двум разнесенным по территории точкам ЗУ исследуемой электроустановки. Проводится проверка работоспособности и калибровка измерительной аппаратуры в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

С помощью измерителя напряженности магнитного поля ИПМ определяется фон излучения магнитного поля на территории электроустановки при отключенном источнике ИПТ:

- на уровне грунта;
- в местах присоединения шин заземления к оборудованию;
- над кабельными каналами, под кабельными лотками;
- в местах прокладки трубопроводов и выхода силовых и информационных кабелей из зданий.

Фиксируется наибольшее значение фона излучения магнитного поля. В дальнейшем устанавливается такая величина тока ИПТ, чтобы уровень магнитного поля полезного сигнала превышал максимальное фоновое не менее чем в 10 раз.

Определяется трасса прокладки магистралей заземления без вскрытия грунта. Для этого источник ИПТ подключается к различным удаленным друг от друга точкам ЗУ и с помощью ИПМ определяются и наносятся на план места прокладки и соединений поперечных и продольных заземлителей.

Определяются подземные и наземные (через броню и оболочки кабелей, нулевые провода, трубопроводы и металлоконструкции) связи оборудования с ЗУ. Одна из клемм ИПТ подключается к ЗУ, а вторая последовательно присоединяется к заземляющим проводникам оборудования, подлежащего заземлению. Установленные связи наносятся на план. Определяется глубина залегания горизонтальных заземлителей и подземных связей. Для этого с помощью датчика ИПМ у поверхности земли фиксируется значение напряженности $H=H_1$. Датчик ИПМ поднимается над землей на высоту h_1 , при которой индикатор ИПМ будет показывать значение $H=0,5H_1$. Глубина залегания шины заземлителя $l_3 = h_1$.

Пример определения реальной схемы ЗУ приведен в приложении 2.

2.2. Проверка соединения заземлителей с заземляемыми элементами, а также естественных заземлителей с ЗУ

Проверку контактных соединений и металлических связей оборудования с ЗУ необходимо производить:

- в цепи заземления нейтралей трансформаторов;
- в цепи заземления короткозамыкателей;
- в цепи заземления шунтирующих и дугогасящих реакторов;
- в местах соединения грозозащитных тросов с опорами и конструкциями ОРУ;
- в местах соединения заземляемого оборудования с ЗУ;

Контактные соединения проверяются осмотром, простукиванием, а также измерением переходных сопротивлений мостами, микроомметрами и по методу амперметра-вольтметра.

Значение сопротивления контактов не нормируется, но практикой установлено, что качественное присоединение к заземлителю обеспечивается при переходном сопротивлении не более 0,05 Ом.

Проверка металlosвязей оборудования с ЗУ производится как на рабочих, так и на нерабочих местах. Если заземляющий проводник не подсоединен к ЗУ (нет связи), измеренное значение напряжения во много раз отличается от значений, измеренных на соседних корпусах оборудования.

На подстанциях напряжением 220 кВ и выше рекомендуется дополнительно проверять сопротивление металlosвязи между заземлителем ОРУ и местом заземления нейтрали трансформатора. Это измерение в случае применения измерителя напряжения прикосновения производится по схеме, при которой выводы Т₂, П₂ прибора соединяются с точкой заземления нейтрали трансформатора, а выводы Т₁ и П₁ соединяются с заземлителем ОРУ. Связь считается удовлетворительной, если сопротивление не превышает значения 0,2 Ом.

2.3. Проверка коррозионного состояния элементов ЗУ, находящихся в земле

ЗУ энергообъектов подвергаются совместному воздействию грунтовой коррозии и токов короткого и двойного замыкания на землю. Воздействие больших токов ускоряет разрушение естественных и искусственных заземлителей.

На энергообъектах как правило разрушаются:

- трубопроводы хозяйственного водоснабжения и аварийного пожаротушения;
- заземляющие проводники в местах входа в грунт, непосредственно под поверхностью грунта;
- сварные соединения в грунте;
- горизонтальные заземлители;
- нижние концы вертикальных электродов.

Виды разрушений бывают:

- локальные;
- местные;
- общие.

Локальные коррозионные повреждения заземляющих проводников выявляются при осмотрах (в основном со вскрытием грунта), а также при измерениях напряжения прикосновения и проверке металlosвязи.

Местная коррозия характеризуется появлением на поверхности проводника отдельных, может быть множественных повреждений в форме язв или кратеров, глубина и поперечные размеры которых соизмеримы и колеблются в пределах от долей миллиметра до нескольких миллиметров.

Общая коррозия возникает в грунтах с большой коррозионной активностью.

Для сплошной поверхностной коррозии характерно равномерное, по всей поверхности проводника, проникновение в глубь металла с соответствующим уменьшением размеров поперечного сечения элемента. После механического удаления продуктов коррозии поверхность металла оказывается шероховатой, но без очевидных язв, точек коррозии или трещин.

Количественная оценка степени коррозионного износа производится выборочно по участкам контролируемого элемента ЗУ путем измерения характерных размеров, зависящих от вида коррозии. Эти размеры определяются после удаления с поверхности элемента продуктов коррозии.

При сплошной поверхностной коррозии характерными размерами являются линейные размеры поперечного сечения проводника (диаметр, толщина, ширина). Эти размеры измеряются штангенциркулем.

При местной язвенной коррозии измеряется глубина отдельных язв, например, с помощью штангенциркуля, а также площадь язв на контролируемом участке.

Элемент ЗУ должен быть заменен, если разрушено более 50% его сечения.

Для выявления тенденции коррозии и прогнозирования срока службы заземлителей рекомендуется провести измерения электрохимического окислительно-восстановительного по-

тенциала, удельного сопротивления грунта и определить наличие блуждающих токов в земле.

Методика этих измерений приведена в приложении 3.

2.4. Измерение сопротивления ЗУ

2.4.1. Измерение сопротивления ЗУ подстанций и электростанций

Измерение сопротивления производится без отсоединения грозозащитных тросов, оболочек отходящих кабелей и других естественных заземлителей.

Сопротивление ЗУ измеряется по методу амперметра- вольтметра с помощью одного из ниже перечисленных приборов: МС-08, М-416, Ф-4103, ЭКЗ-01, ПИНП, ЭКО-200, АНЧ-3, КДЗ-1, ОНП-1 (приложение 1). Принципиальная схема измерений приведена на рис.1. Токовый и потенциальный электроды следует располагать на одной линии по территории, свободной от линий электропередачи и подземных коммуникаций. Величина тока источника не должна превышать значение 0,5 А. Расстояния от подстанции до токового и потенциального электродов выбираются в зависимости от размеров ЗУ и характерных особенностей территории вокруг подстанции.

Если заземлитель подстанции имеет небольшие размеры, а вокруг него имеется обширная площадь, свободная от линий электропередачи и подземных коммуникаций, то расстояния до электродов выбираются следующим образом:

$$r_{\text{ЭТ}} \geq 5Д;$$

$$r_{\text{ЭП}} = 0,5 r_{\text{ЭТ}}.$$

Здесь $Д$ - наибольший линейный размер РУ, характерный для данного типа заземлителя (для заземлителя в виде многоугольника - диагональ ЗУ, для глубинного заземлителя - длина глубинного электрода, для лучевого заземлителя - длина луча).

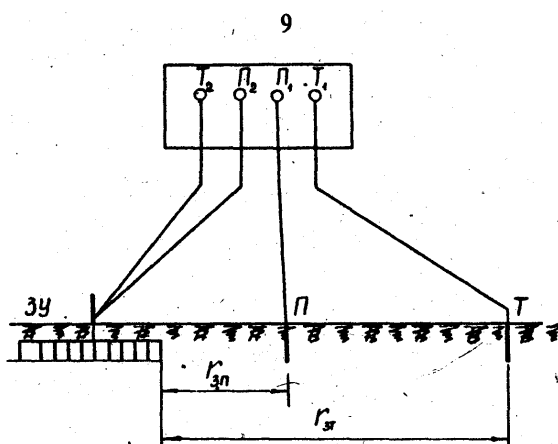


Рис. 1. Принципиальная схема измерений сопротивления ЗУ
ЗУ - заземляющее устройство; П - потенциальный электрод;
Т - токовый электрод.

Если заземлитель имеет большие размеры и отсутствует возможность размещения электродов, как указано выше, токовый электрод следует разместить на расстоянии $r_{\text{ЭТ}} \geq 3Д$. Потенциальный электрод размещается последовательно на расстояниях $r_{\text{ЭП}} = 0,1r_{\text{ЭТ}}, 0,2 r_{\text{ЭТ}}, 0,3 r_{\text{ЭТ}}, 0,4 r_{\text{ЭТ}}, 0,5 r_{\text{ЭТ}}, 0,6 r_{\text{ЭТ}}, 0,7 r_{\text{ЭТ}}, 0,8 r_{\text{ЭТ}}, 0,9 r_{\text{ЭТ}}$ и производится измерение значений сопротивления. Далее строится кривая зависимости значения сопротивления от расстояния $r_{\text{ЭП}}$. Если кривая монотонно возрастает и имеет в средней части горизонтальный участок (как показано на рис. 2), за истинное значение сопротивления принимается значение при $r_{\text{ЭП}} = 0,5 r_{\text{ЭТ}}$. Если кривая немонотонная, что является следствием влияния различных коммуникаций (подземных и надземных), измерения повторяют при расположении электродов в другом направлении от ЗУ.

Если кривая сопротивления плавно возрастает, но не имеет горизонтального участка (разница сопротивлений, измеренных при $r_{ЭП} = 0,4 r_{ЭТ}$ и $r_{ЭП} = 0,6 r_{ЭТ}$, превышает более чем на 10% значение, измеренное при $r_{ЭП} = 0,5 r_{ЭТ}$) и отсутствует возможность перемещения токового электрода на большее расстояние, возможен следующий выход.

Проводятся две серии измерений при $r_{ЭТ} = 2Д$ и $r_{ЭТ} = 3Д$. Кривые наносятся на один график. Точка пересечения кривых принимается за истинное значение сопротивления заземлителя.

При использовании приборов М-416, ЭКЗ-01, ЭКО-200, АНЧ-3 кривые могут не пересечься. В этом случае рекомендуется использовать приборы МС-08, Ф-4103, ПИНП.

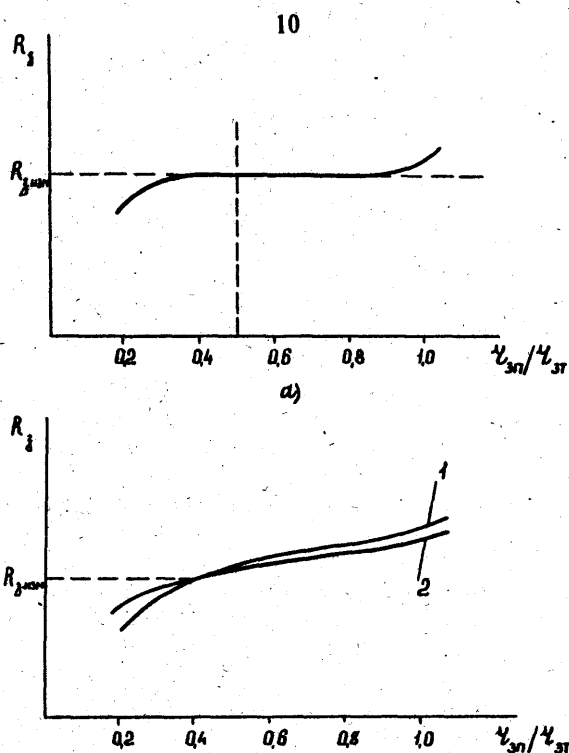


Рис. 2. Зависимость измеренного сопротивления от расстояния потенциального электрода до токового

- а- при достаточном удалении токового электрода;
 б- при недостаточном удалении токового электрода;
 1 - кривая при $r_{ЭТ} = 3Д$; 2 - кривая $r_{ЭТ} = 2Д$

При производстве измерений в качестве вспомогательных электродов применяют стальные стержни или трубы диаметром до 50 мм. Стержни должны быть очищены от краски, а в месте присоединения соединительных проводников и от ржавчины. Стержни забиваются или ввинчиваются в грунт на глубину 1,0-1,5 м. В случае необходимости токовый электрод выполняется из нескольких параллельно соединенных электродов, размещаемых по окружности, с расстоянием между ними 1,0-1,5 м.

При выборе токового электрода необходимо выполнить проверку соответствия сопротивления токовой цепи техническим данным прибора, с помощью которого предлагается провести измерения. Допустимое сопротивление токовой цепи (с электродом) у различных приборов имеет различные значения и зависит также от выбранного диапазона измерения сопротивления заземления. Для прибора Ф-4103, например, допустимое сопротивление токовой цепи в зависимости от выбранного диапазона измерений меняется от 1 до 6 кОм.

Для проверки сопротивления токовой цепи необходимо в начале всех измерений объединить выводы Т1, и П1 прибора, соединить их с токовым электродом и провести измерения сопротивления токовой цепи.

Для приведения результатов измерения к наилучшим условиям, которые могут быть в

эксплуатации, применяется повышающий сезонный коэффициент сопротивления заземлителя $K_{сез}$ (приложение 3).

При эксплуатации электроустановок может возникнуть необходимость определить сопротивление искусственного заземлителя или сопротивления связи оборудования по ЗУ. Такие измерения можно провести с помощью, например, измерительного комплекса КДЗ-1 (приложение 4).

2.4.2. Измерение сопротивления заземлителей опор ВЛ

Методика измерения сопротивления заземлителей опор ВЛ без грозозащитного троса практически мало отличается от измерения сопротивления заземлителей подстанции.

Поскольку ЗУ с большими размерами в плане редко применяются на опорах ВЛ, в большинстве случаев удовлетворительные результаты могут быть получены при расположении электродов по двухлучевой схеме при расстоянии между электродами, удовлетворяющем соотношениям:

$$\begin{aligned} r_{эп} = r_{эг} &= 1,5Д; \\ r_{тп} &= Д. \end{aligned}$$

Расстояние $r_{эп}$ должно измеряться от края ЗУ и во всех случаях должно составлять не менее 30 м от тела опоры.

В случае невозможности или нецелесообразности отсоединения от тела опоры грозозащитного троса измерение сопротивления заземлителя опоры может выполняться:

- с помощью токоизмерительных клещей;
- методом СибНИИЭ;
- импульсным методом МЭИ - ЭЛНАП.

Метод измерения с помощью токоизмерительных клещей заключается в измерении суммарного тока, протекающего по всем заземляющим спускам, ногам или стойкам опоры и потенциала заземляющего спуска относительно вспомогательного электрода, помещенного в зону нулевого потенциала. Сопротивление заземлителей определяется как отношение потенциала к суммарному току. На ВЛ 110 кВ токи, стекающие в землю по опорам, составляют от нескольких сот миллиампер до нескольких ампер.

Метод СибНИИЭ основан на использовании двух потенциальных П1 и П2 и двух токовых электродов (сравнительный СЭ и вспомогательный токовый ВТ).

Взаимное расположение указанных электродов и контролируемого ЗУ указано на рис.3.

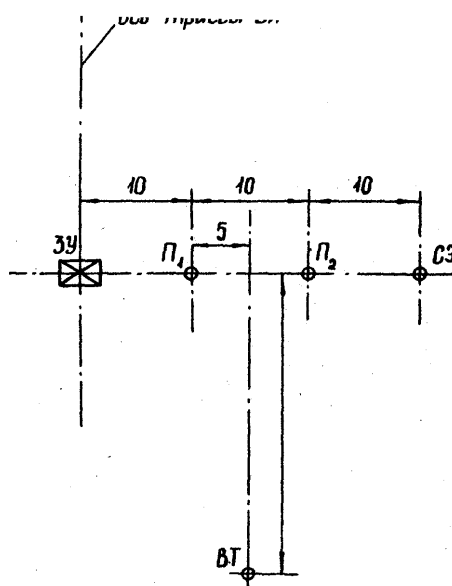


Рис.3. Схема взаимного расположения электродов при измерении сопротивления опоры

без отсоединения тросов по методу СибНИИЭ

В качестве измерительных приборов при реализации этого метода могут быть использованы серийные измерители заземления, а также приборы из геофизических комплектов. Учитывая очень малые значения измеряемых величин необходимо использовать усилительные приставки.

Измерения производятся трижды с включением независимого источника тока и измерительных приборов по схемам рис.4. При этом определяются последовательно три значения R_1 , R_2 и R_3 , соответствующих схемам измерения на рис.4а, б, в. Искомое сопротивление заземлителя опоры R_x (при использовании прибора без усилительной приставки) определяется по формуле:

$$R_x = R_1 * R_2 / R_3 - R_2(1,33 * R_2 / R_3 - 1).$$

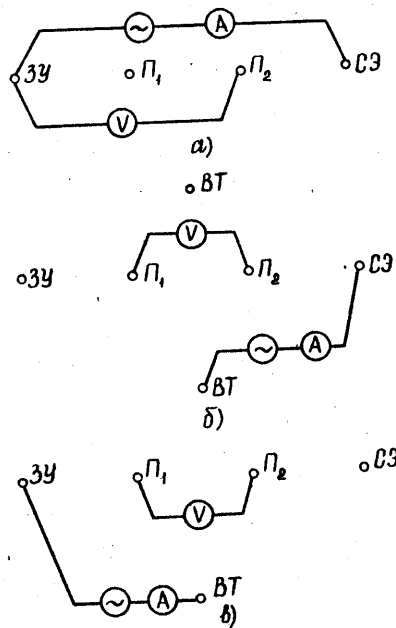


Рис.4. Схеммы трех последовательно используемых вариантов включения измерительных приборов при измерениях по методу СибНИИЭ (см. рис.3)

Импульсный метод измерения сопротивления заземлителей МЭИ - ЭЛНАП позволяет выполнять работы по проверке заземления не только отдельно стоящих опор ВЛ и молниеотводов, но и опор с присоединенными грозозащитными тросами и молниеотводов, смонтированных на порталах ОРУ (рис.5). В качестве источника используется генератор аperiодических импульсов, моделирующий по временным параметрам форму импульса тока молнии, например, прибор ИК-1.

В качестве токового электрода используется стальной стержень диаметром 16-18 мм и длиной 800-1000 мм, который забивается на глубину 0,5 м в грунт на расстоянии 50 м от объекта измерений. Подсоединение выносного токового электрода осуществляется через изолированные провода.

С помощью пик-вольтметра, присоединенного к потенциальному электроду, определяется потенциальная кривая (рис.2). Если в результате измерений на графике $U(l)$ получена горизонтальная линия, соответствующая $U = U_{уст}$, то импульсное сопротивление молниеотвода определяется формулой:

$$R_{3y} = U_{уст} / I_{изм.}$$

Реальное сопротивление заземлителя опоры будет меньше за счет образования зоны коронирования вокруг заземлителя при ударе молнии. Поэтому измеренное значение сопротивления $R_{3У}$ необходимо умножить на коэффициент импульса $K_{и}$, определяемый по формуле:

$$K_{и} = \sqrt{(1500 \sqrt{S}) / ((\rho + 320)(I_{м} + 45))},$$

где $I_{м}$, кА, - ток молниеотвода; S , м², - площадь заземлителя; ρ , Ом*м, - удельное сопротивление грунта.

Если удельное сопротивление грунта превышает 300 Ом*м, рекомендуется измерять сопротивление растеканию опор с помощью прибора КДЗ-1, определяя часть тока, идущую в землю.

При проведении измерений с прибором ИК-1 одновременно может проводиться работа по определению путей растекания токов молнии и измерению потенциалов на прилегающих участках электроустановки при имитации токов молнии. Для этого собирается схема, изображенная на рис.5, а пик-вольтметр присоединяется между выносным заземлителем и близлежащими заземленными частями электроустановки или энергообъекта. Измеренные значения потенциалов при токе от ИК-1 пересчитывается к току молнии:

$$U = K_{и} * (U_{изм} * I_{мол}) / I_{ист}.$$

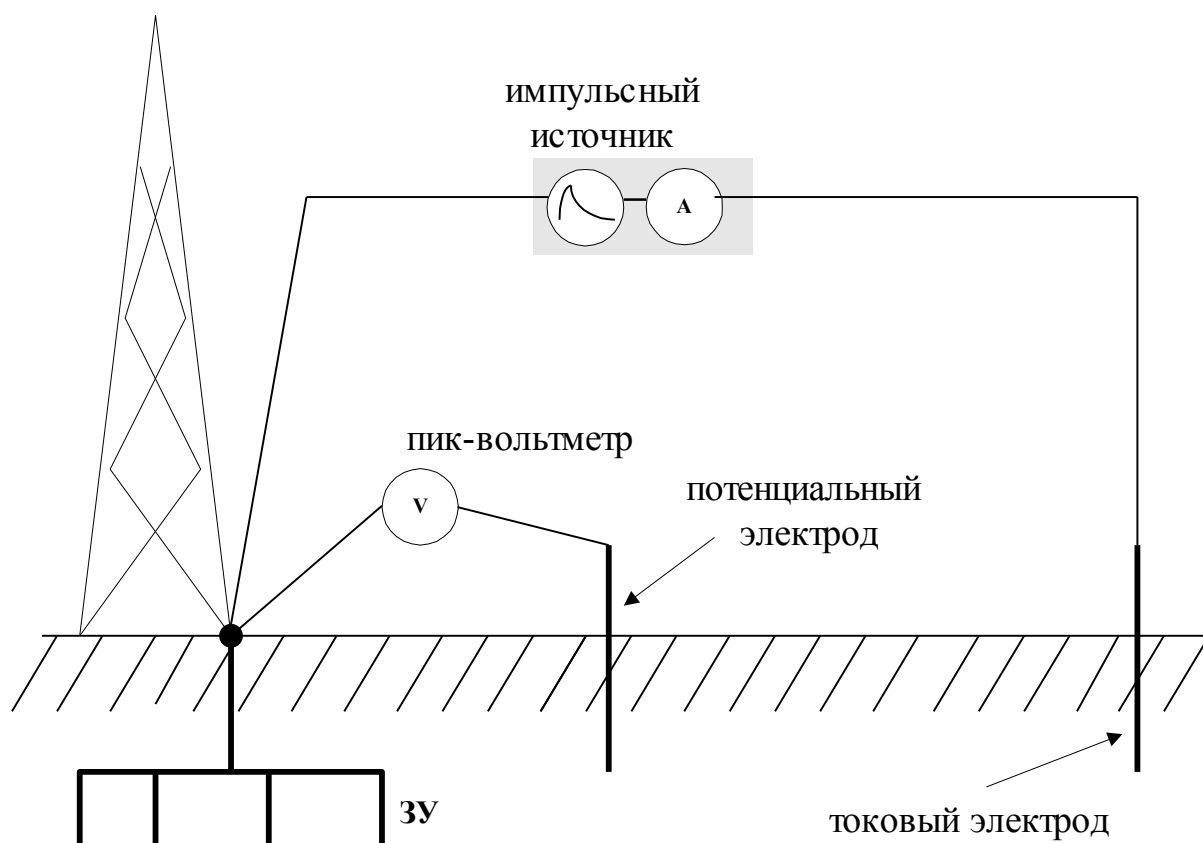


Рис. 5. Схема измерения сопротивления заземлителей опор ЛЭП и молниеотводов

2.5. Измерение напряжения прикосновения

Напряжение прикосновения определяется по выражению:

$$U_{пр} = I_3 * (U_{изм} / I_{изм}) * R_ч / (R_ч + R_{осн. мин}), \text{ где}$$

I_3 - значение тока замыкания на землю в месте измерения;

$U_{\text{изм}} / I_{\text{изм}}$ - сопротивление, измеренное прибором;

$R_{\text{ч}}$ - сопротивление тела человека (для установок выше 1000В с глухозаземленной нейтралью $R_{\text{ч}}=1000 \text{ Ом}$);

$R_{\text{осн. мин}}$ - минимальное из всех измеренных на объекте значений сопротивления.

Принципиальные схемы измерений напряжения прикосновения представлены на рис.6 (к рабочим относятся места, где при выполнении оперативных переключений могут возникнуть КЗ на конструкции, доступные для прикосновения производящему переключения персоналу)

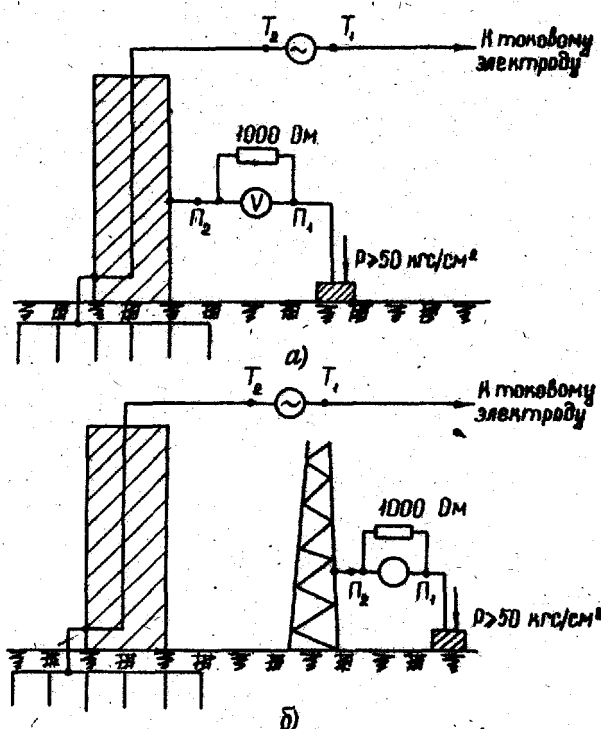


Рис.6. Схемы измерительных цепей при определении напряжений прикосновения:

а – на рабочем месте;

б – на нерабочем месте

В качестве измерительных приборов можно использовать ПИНП, АНЧ-3, ЭКЗ-01 или КДЗ-1.

Токовый электрод размещается таким образом, чтобы возможно точнее имитировать токовую цепь, возникающую при замыкании на землю.

При измерении напряжения прикосновения на территории ОРУ 110 кВ и выше, питание которого осуществляется от одной или нескольких ВЛ, токовый электрод переносится от края заземлителя не менее, чем на $2D$, где D - максимальный размер заземлителя.

Если подстанция располагается на территории промышленного предприятия, на застроенной территории, то для уменьшения наводки напряжения на токовую цепь рабочим током ВЛ токовый электрод переносится не менее, чем на 200 м от подстанции и в сторону от питающих ВЛ примерно на 100 м.

Если измерения выполняются на ОРУ 110 кВ, с шин которого осуществляется питание нагрузки, а питание шин в свою очередь осуществляется от автотрансформатора с высшим напряжением 220-1150 кВ, токовый электрод следует присоединять к нейтрали питающего автотрансформатора.

Проводники токовой и потенциальной цепей должны подключаться к заземленному оборудованию отдельными струбцинами. При этом проводник токовой цепи присоединяется к заземляющему проводнику. Проводник потенциальной цепи может быть подсоединен к этому же заземляющему проводнику или к любой точке металлоконструкции, т.е. к месту возможного

прикосновения.

При измерении на нерабочем месте токовый вывод T_2 прибора присоединяется к заземляющей шинке корпуса ближайшего оборудования, по которой может протекать ток короткого замыкания.

Потенциальная цепь от вывода П1 прибора подсоединяется к пластине, имитирующей стопы ног человека, размером $25 \times 25 \text{ см}^2$, которая располагается примерно в 1 м от оборудования. Основание под пластиной должно быть выровнено и увлажнено 250 мл воды. Пластина должна быть выполнена таким образом, чтобы при измерениях на ней мог располагаться человек, создающий необходимое давление, которое должно быть не менее 50 кгс/см^2 .

Напряжения прикосновения необходимо измерять в контрольных точках, в которых эти значения определены расчетом при проектировании. Кроме того, рекомендуется производить измерения на всех рабочих и нерабочих местах.

При измерениях на подстанциях 110 кВ и выше выводы П1, и П2 измерительного прибора должны быть шунтированы резистором 1 кОм, как это показано на рис.6. В приборах ПИНП и ЭКО-200 этот резистор встроен.

Для определения сопротивления основания собирается схема, показанная на рис. 7. Определение сопротивления основания рекомендуется проводить у каждой точки измерения. Сопротивление $R_{\text{осн}}$ измеряется мегаомметром.

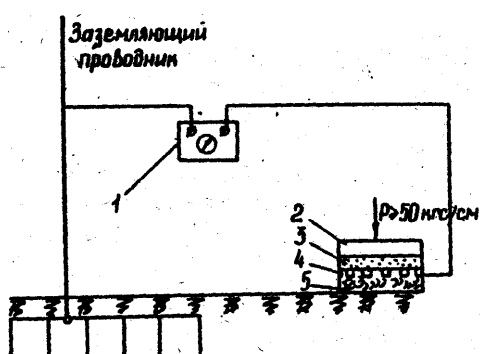


Рис. 7. Схема измерения сопротивления основания:

1 - мегомметр; 2 - доска; 3 - поролон; 4 - медная сетка; 5 - мокрая ткань.

При измерении значений напряжений прикосновения на частоте, отличной от промышленной (прибор КДЗ-1), необходимо проводить пересчет измеренных значений к истинным значениям. При этом значение напряжения прикосновения определяется по формуле:

$$U_{\text{пр50}} = U_{\text{призм}} / K_{\text{пр}}, \text{ где}$$

$K_{\text{пр}}$ - коэффициент пересчета значений напряжения прикосновения с частоты 400 Гц на 50 Гц.

В таблице 2. приведены значения $K_{\text{пр}}$ в зависимости от длины заземляющего оборудования проводника L .

Таблица 2

$L, \text{ м}$	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
$K_{\text{пр}}$	1	1.05	1,1	1,15	1,2	1,25

Полученные значения $U_{\text{пр50}}$ сопоставляют с нормами на напряжение прикосновение.

2.6. Проверка напряжения на ЗУ электростанций и подстанций при стекании с него тока замыкания на землю

По измеренному значению сопротивления ЗУ рассчитывается напряжение на ЗУ при стекании с него тока замыкания на землю. Расчет ведется по выражению:

$$U_3 = K_c * R_3 * I_3, \text{ где}$$

K_c - сезонный коэффициент сопротивления (см. приложение 3)

R_3 - измеренное значение сопротивления ЗУ;

I_3 - ток, стекающий с заземлителя в землю при однофазном замыкании на землю.

2.7. Проверка состояния пробивных предохранителей

Проверка состояния пробивных предохранителей заключается в проверке целостности фарфора, резьбовых соединений и крепления, качества заземления. Разрядные поверхности электродов должны быть чистыми и гладкими, без заусенцев и нагаров. Слюдяная пластинка должна быть целой и иметь толщину в пределах $0,08 \pm 0,02$ мм при исполнении на 220-380 В и $0,21 \pm 0,03$ мм - при исполнении на 500-660 В.

У собранного предохранителя измеряется сопротивление изоляции мегаомметром до 250 В, которое должно быть больше или равно 5-10 МОм.

Перед установкой предохранителя измеряется его пробивное напряжение. При исполнении на 220-380 В $U_{\text{проб}} = 351 \div 500$ В, при исполнении на 500-660 В - 701-1000 В. Для ограничения после пробоя сопровождающего тока в цепь предохранителя включается токоограничивающее сопротивление $5 \div 10$ кОм.

Если пробивное напряжение соответствует норме, то напряжение снижается и снова повышается до $0,75U_{\text{проб}}$. Если при этом не наступает пробой, то испытательная установка отключается и повторно измеряется сопротивление изоляции. При существенном снижении сопротивления изоляции (более 30%) необходимо разобрать предохранитель, зачистить подгоревшие разрядные поверхности и повторить испытания, увеличив балластное сопротивление.

2.8. Проверка цепи фаза-нуль в электроустановках до 1 кВ с глухим заземлением нейтрали

Проверка производится одним из следующих способов:

- непосредственным измерением тока однофазного замыкания на корпус или нулевой провод;
- измерением полного сопротивления проводов петли фаза-нуль с последующим вычислением тока однофазного замыкания.

Полное сопротивление петли фаза-нуль определяется по формуле:

$$Z_{\text{пет}} = Z_{\text{л}} + Z_{\text{т}},$$

где $Z_{\text{т}}$ – полное сопротивление трансформатора при однофазном замыкании;

$Z_{\text{л}}$ - полное сопротивление проводов.

Кратность тока однофазного замыкания на землю по отношению к номинальному току плавкой вставки или расцепителя автоматического выключателя должна быть не менее значения, указанного в ПУЭ.

В эксплуатации проверка проводится только на ВЛ с периодичностью не реже 1 раз в 6 лет.

Проверка цепи фаза-нуль должна производиться также при подключении новых потребителей и выполнении работ, вызывающих изменение сопротивления цепи.

3. Определение уровня помех от внешних электромагнитных возмущений

При проведении работ по диагностике ЗУ электроустановок, в системах управления, контроля и сигнализации которых используются электронные и микропроцессорные устройства следует учитывать, что современная электронная аппаратура чувствительна к электромагнитным помехам.

Определение уровня помех следует проводить после полного обследования ЗУ и составления подробной исполнительной схемы со всеми имеющимися связями.

Перечень оборудования, необходимого для проведения работ по проверке уровня помех: КДЗ-1, ИК-1, ГВЧИ, осциллограф, токоизмерительные клещи.

С помощью перечисленных приборов производится имитация следующих воздействий

на ЗУ:

КЗ, коммутация силового оборудования, разряды тока молнии.

При имитации разряда молнии выходные клеммы ИК-1 присоединяются между токоотводом молниеприемника и токовым электродом, расположенным на расстоянии не менее 50 м от молниеотвода. Устанавливается выходной ток ИК-1 ($I_{изм}$) и измеряется распределение потенциалов на ЗУ и уровень помех на входных клеммах устройств. Реальные потенциалы определяются путем пересчета с помощью коэффициента $K_M = 30 / I_{изм}$, где $I_{изм}$, кА.

При имитации КЗ выходные клеммы источника ИПТ (прибор КДЗ-1) подключаются к заземляющему проводнику силового оборудования и выносному токовому электроду, расположенному за пределами ЗУ. Устанавливается выходной ток источника и измеряются токи в кабелях, потенциалы на ЗУ и уровень помех на входных клеммах устройств. Реальные значения измеренных величин пересчитываются к реальному току КЗ.

Для имитации высокочастотных возмущений в ЗУ, создаваемых коммутацией силового оборудования и токами КЗ, применяется прибор ГВЧИ, подключаемый к заземляющему проводнику силового оборудования и выносному токовому электроду, расположенному на расстоянии не менее 50 м от точки подключения к силовому оборудованию. Устанавливается выходной ток ГВЧИ и измеряется распределение потенциалов на ЗУ и уровень помех на входных клеммах устройств.

Результаты измерений должны быть пересчитаны к реальным воздействиям. Для этого полученное значение напряжения умножается на коэффициент пересчета:

$$K_{пер} = I_{реал.} / I_{измер.}$$

где $I_{реал}$ - реальный ток с оборудования в контур заземления при коммутациях или КЗ;
 $I_{измер.}$ - значение тока, полученное при проведении измерений в данной точке подключения ГВЧИ. Значения тока $I_{реал}$ для различных случаев приведены в таблице 3:

Таблица 3

U, кВ	110		220		330		500		750	
$n_{линий}$	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
$I_{ОПН, к.з.}$ кА	0,48	1,9	0,95	3,8	1,15	6,2	2,75	11,0	4,75	19,0
$I_{РВ(мин),}$ к.з. кА	0,55	2,2	1,1	4,25	1,8	7,0	3,2	12,8	4,4	17,6
$I_{РВ(макс),}$ к.з. кА	0,88	3,5	1,8	7,1	2,2	8,7	3,3	15,3	5,4	21,5
$I_{ком. макс.}$ кА	0,225		0,45		0,77		1,450		2,450	
$I_{ком. Вер.}$ кА	0,035		0,09		0,23		0,50		0,85	

U_n - напряжение в первичной сети;

$n_{линий}$ - число отходящих линий;

$I_{ОПН, к.з.}$ - амплитуда импульса тока, проходящего в заземлитель при КЗ на п/ст с ОПН;

$I_{РВ(мин), к.з.}$ - амплитуда импульса тока при КЗ на п/ст с РВ (при минимальном значении пробивного напряжения).

Полученные значения воздействующих на устройства уровней помех следует сравнивать с допустимыми уровнями по условиям испытания устройств на помехозащищенность и прочность изоляции.

4. Меры безопасности при контроле ЗУ

4.1. Работы по измерениям характеристик ЗУ должны выполняться в соответствии с действующими Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

4.2. Работы по измерениям электрических характеристик ЗУ должны выполняться по нарядам.

4.3. При измерениях на действующих РУ с использованием вынесенных токовых и потенциальных электродов должны приниматься меры по защите от воздействия полного напряжения на заземлителе при стекании с него тока однофазного КЗ на землю.

Персонал, производящий измерения, должен работать в диэлектрических ботах, диэлектрических перчатках, пользоваться инструментом с изолированными ручками.

4.4. При сборке измерительных схем следует сначала присоединять провод к вспомогательному электроду (токовому, потенциальному) и лишь затем к соответствующему измерительному прибору.

5. Документация на ЗУ электроустановки

На каждое ЗУ составляется Паспорт, в котором рекомендуется отразить следующее:

- исполнительная схема ЗУ, выполненная в масштабе с указанием магистралей искусственного заземлителя, заземляемого оборудования, мест присоединения заземляющих проводников к ЗУ (на исполнительной схеме должны быть показаны все подземные и наземные связи ЗУ);

- дата ввода ЗУ в эксплуатацию (дата реконструкции или ремонта ЗУ);
- основные параметры заземлителя (материал, профиль, сечение проводников);
- данные по сопротивлению ЗУ;
- удельное сопротивление грунта;
- данные по напряжению прикосновения;
- данные по сопротивлению связи оборудования с ЗУ;
- степень коррозии искусственных заземлителей;
- сведения по электромагнитной совместимости;
- ведомость дефектов, обнаруженных в ходе текущих проверок;
- сведения по устранению замечаний и дефектов ЗУ;
- заключение о пригодности ЗУ к эксплуатации.

В приложении 6 приведен образец Паспорта на ЗУ энергообъекта.

При вводе вновь сооружаемых объектов, реконструкции или текущей проверке ЗУ проводится комплекс измерений и расчетов, на основании которых определяется состояние ЗУ и его соответствие требованиям нормативных документов.

Для оформления результатов измерений составляются протоколы, рекомендуемые образцы которых приведены в приложении 7.

Приложение 1

Измерительная аппаратура для контроля электрических параметров ЗУ

Аппаратура для измерения электрических параметров ЗУ содержит генерирующий (токовый) блок и измерительный (потенциальный) блок. При помощи генерирующего блока и присоединяемых к нему токовых проводов имитируются токовые цепи, возникающие при замыканиях на землю в электрической сети. Измерительный блок с присоединенными к нему потенциальными проводами регистрирует при этом возникающие напряжения.

Как правило, клеммы генерирующего блока обозначены Т1 и Т2, а клеммы измерительного блока – П1 и П2.

Измеритель сопротивления заземлителя Ф 4103 (ПО Мегомметр, Украина, г. Умань)

Диапазон измеряемых сопротивлений		0,03...15000 Ом
Сопротивление токовой цепи (с электродом) на диапазонах:	0...0,3 Ом	1000 Ом
	0...1,0	1000 Ом
	0...3,0	3000 Ом
	0...10	3000 Ом
	На всех последующих	6000 Ом
Сопротивление потенциальной цепи (с электродом) на диапазонах:	0...0,3 Ом	2000 Ом
	0...1,0	2000 Ом
	0...3,0	6000 Ом
	0...10	6000 Ом
	На всех последующих	12000 Ом
Погрешность, вызываемая влиянием токовой цепи на потенциальную		Отсутствует
Устойчивость к помехам		
- промышленной частоты и ее гармоник		5 В
- скачкам постоянного тока		2 В
Исполнение генерирующего и измерительного блока		В одном корпусе
Питание		Элемент типа 373 – 9 шт. От внешнего источника постоянного тока 12 В
Масса		3 кг

Измеритель Ф-4103 – наиболее точный специализированный прибор для измерения сопротивления ЗУ. Он позволяет также определять напряжения прикосновения в электроустановках напряжения 6-35 кВ.

Измеритель напряжения прикосновения ПИНП (МП “Полюс”, з-д Мегомметр, Украина, г. Умань)

ПИНП имеет увеличенный (по сравнению с Ф 4103) измерительный ток.

Диапазон измеряемых сопротивлений	0,001...10 Ом
-----------------------------------	---------------

Сопротивление токовой цепи (с электродом)		До 200 Ом
Сопротивление потенциальной цепи (с электродом)		До 10000 Ом, при изменениях напряжения прикосновения- не регламентируется
Погрешность, вызываемая влиянием токовой цепи на потенциальную		Отсутствует
Устойчивость к помехам частотой	50 Гц	0,2 В
	150 Гц	0,1 В
	0,1...10 мГц	0,3 В
	Скачкам постоянного тока	0,2 В
Исполнение генерирующего и измерительного блоков		В одном корпусе
Питание		От сети 220 В 50 Гц
Масса		3,5 кг

Прибор для определения напряжения прикосновения ПИНП- наиболее точный специализированный прибор для определения напряжений прикосновения в электроустановках напряжением выше 1000 В.

Измеритель цепи фаза-нуль ЭКО 200 (ПО “Мегомметр”, Украина, г. Умань)

Диапазон измеряемых сопротивлений		0,001...6,25 Ом
Сопротивление токовой цепи (с электродом)		Менее 5,5 Ом
Сопротивление потенциальной цепи (с электродом) на диапазонах:	0...0,5 В	Менее 600 Ом
	0...2,5 В	3000 Ом
	0...5 В	6000 Ом
	на всех последующих	12000 Ом
Погрешность, вызываемая влиянием токовой цепи на потенциальную		В приборе не устраняются
Устойчивость к помехам промышленной частоты и ее гармоникам		От помех не защищен
Исполнение генерирующего и измерительного блоков		Раздельное
Питание		Генерирующий блок от сети 220 В 50 Гц х)
		Измерительный блок-10 элементов типа А 316
Масса		Генерирующий блок-5 кг
		Измерительный блок- 2 кг

х) При использовании трансформатора собственных нужд измеряемой подстанции, питание токовой цепи в общем случае следует осуществлять через разделительный однофазный трансформатор 220/220 В мощностью 10...100 кВА.

Точные результаты при помощи прибора ЭКО 200 можно получить лишь при малых сопротивлениях токовой цепи (единицы Ом) и отсутствии промышленных помех. Большие погрешности в измерениях могут вносить стальные проводники в токовых цепях (полосы ЗУ).

Недостатком измерителя ЭКО 200 является также невозможность одновременного определения тока и напряжения. Эти величины определяются поочередно одним прибором, входя-

щим в измерительный блок комплекта.

Геофизическая аппаратура АНЧ-3 (з-д “Вибратор”, Молдова, г. Кишинев)

Диапазон измеряемых сопротивлений	0,0001...1,0 Ом
Сопротивление токовой цепи (с электродом)	До 2000 Ом
Сопротивление потенциальной цепи (с электродом)	До 5000 Ом
Погрешность, вызываемая влиянием токовой цепи на потенциальную	Мала из-за малой рабочей частоты
Устойчивость к помехам промышленной частоты	Подавление 80 дБ
Исполнение генерирующего и измерительного блоков	Раздельное
Питание	От встроенных аккумуляторов: - для генерирующего блока –31 В - для измерительного блока- 15 В
Масса	Генерирующего блока- 6,5 кг Измерительного блока- 5,5 кг

Достоинством аппаратуры АНЧ-3 является ее комплектная поставка с измерительными проводами (6 катушек) и электродами.

В комплект поставки входят 3 измерительных блока и помимо указанного в таблице генерирующего блока-еще стационарный генератор с бензоэлектрическим агрегатом 115В, 400 Гц, позволяющий создать при соответствующих сопротивлениях токи в токовой цепи от 0,1 до 0,2 А, что повышает помехоустойчивость. Мощность стационарного генератора – 500 ВА.

Недостатками аппаратуры АНЧ-3 является занижение измеренных значений, особенно при протяженных стальных заземлителях и невозможность определить сопротивления со значением выше 1 Ома.

Прибор для определения напряжения прикосновения (шага) косвенным методом ОНП-1 (ЗАО ЦНИТЭ, г. Новосибирск)

Диапазон измерения сопротивления (шаг квантования, Ом):	
Диапазон 1	0,001-2,0 (0,001) Ом
Диапазон 2	1-2000 (1,0) Ом
Частота измерительного тока	12,5 Гц
Выходное напряжение	Не более 15 В
Класс точности	2,5
Регистрация	Цифровая
Режим измерения	Автоматический
Время установления рабочего режима	30 с
Время установления показаний	10 с
Напряжение питания	
- автономное, от встроенного аккумуляторного блока	9 ± 1 В
-сетевое (от блока питания)	220±22 В
Потребляемая мощность	не более 1,2 Вт
Габаритные размеры	254x180x90(110) мм

Масса со встроенным источником питания

2 кг

Конструктивно ОНП-1 выполнен в виде переносного блока. В комплект поставки входит блок сетевого питания и подзарядки аккумуляторов.

Преимущества перед аналогами:

- высокая помехозащищенность;
- цифровой отсчёт результата;
- автономное питание;
- низкие массогабаритные показатели;
- не требуется режим калибровки и подстройки прибора перед каждым измерением во время обследования;
- снимаются ограничения, связанные с сопротивлением цепи токового электрода (до $R_{тэ} = 3000$ у ОНП-1 и $R_{тэ} < 250$ у прибора ПИНП, аналога ОНП-1).

Измерительный комплекс для диагностики качества контуров заземления КДЗ-1 (НПФ ЭЛНАП, МЭИ, Москва)

Предназначен для проведения диагностики ЗУ электроустановок. В состав комплекса входят источник ИПТ и измеритель ИПМ.

Источник переменного синусоидального тока (ИПТ)

Источник переменного тока предназначен для прогрузки систем заземления и зануления переменным током с частотой 200 и 400 Гц с целью диагностики ЗУ.

Технические характеристики:

Напряжение питания	- 220 В, 50 Гц; 27 В =
Потребляемая мощность	- не более 300 Вт
Выходное напряжение	- 12 В, 400 Гц (дополнительно 200 Гц)
Выходной ток	- (0-10) А, 400 Гц (дополнительно 200 Гц)

Измеритель напряженности магнитного поля (ИПМ) с антенной-преобразователем типа Н05.

Измеритель напряженности поля малогабаритный типа ИПМ-203М предназначен для измерения напряженности переменного магнитного поля и переменного напряжения частотой 50, 200 и 400 Гц.

Технические характеристики:

Рабочий диапазон частот	- 400, 200, 50 Гц
Пределы измерения напряженности магнитного поля	- 1 мА/м - 2000 А/м
Рабочие условия эксплуатации:	
Температура окружающей среды	- от -10^0 до $+40^0$
Селективный вольтметр в составе ИПМ	
Рабочий диапазон частот	- 400, 200, 50 Гц
Пределы измерения переменного напряжения	- 0,01 мВ - 200 В

Измерительный комплекс для определения импульсного сопротивления контуров заземления ИК-1 (НПФ ЭЛНАП, г.Москва, МЭИ) предназначен для измерения импульсного сопротивления молниеотводов и опор ВЛ. В состав комплекса входят источник аperiodических импульсов ГАИ и пик-вольтметр ВИ.

Генератор аperiodических импульсов ГАИ.

Генератор представляет собой импульсный источник, предназначенный для имитации

импульсов тока молнии с заданными параметрами.

Технические характеристики:

Длительность фронта, мкс	8±1,6
Длительность импульса, мкс	20±4
Максимальная величина амплитуды выходного напряжения, В	250; 125; 61; 25
Частота следования импульсов, Гц	2±1

Вольтметр импульсный “ВИ” в составе ИК-1

Вольтметр импульсный типа “ВИ” представляет собой пик-индикатор, предназначенный для измерения максимальной величины напряжения в цепях заземления при воздействии аperiodических импульсов тока.

Технические характеристики:

Диапазоны измеряемых напряжений, В	1 - 5, 5-50, 50-550
Полярность измеряемых величин	положительная

Генератор высокочастотных импульсов ГВЧИ

Генератор представляет собой импульсный источник, предназначенный для имитации высокочастотных импульсов напряжения с заданными параметрами.

Технические характеристики:

Частота, МГц	0,5; 1; 2
Форма сигнала	затухающая синусоида
Диапазон изменения максимального напряжения	100 В - 1500 В
Частота следования импульсов, Гц	3

Вольтметр импульсный “ВИ” в составе ГВЧИ

Вольтметр импульсный типа “ВИ” представляет собой пик-индикатор, предназначенный для измерения максимальной величины напряжения в цепях заземления при воздействии высокочастотных колебаний.

Технические характеристики:

Диапазоны измеряемых напряжений, В	0,5-5; 5-50; 50-250
Области применения различных приборов приведены в таблице	

Приборы для измерения электрических параметров ЗУ

Характеристика объекта	Измеряемый параметр			
	Сопротивление Заземлителя	Напряжение прикосновения		Проверка наличия ме- таллосвязи
		на террито- рии эл.уста новки	вне террито- рии эл.уста новки	
1	2	3	4	5
Подстанция 6-10/0,4 кВ, расположенная в городе или на территории промышленного предприятия	МС-08 М-416 Ф-4103 ЭКЗ-01 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 КДЗ-1 ОНП-1	АНЧ-3 ЭКЗ-01 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1
Подстанция 6-10/0,4 кВ отдельно стоящая, питающаяся от ВЛ 6-10 кВ	МС-08 М-416 Ф-4103 ЭКЗ-01 КДЗ-1	Ф-4103 ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 КДЗ-1	АНЧ-3 ЭКЗ-01 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1

	ОНП-1	ОНП-1		ОНП-1
Подстанция 35/6-10 кВ глубокого ввода в кабельные сети	МС-08 М-416 Ф-4103 ЭКЗ-01 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1	АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 КДЗ-1 ОНП-1
Подстанция 35/6-10 кВ отдельно стоящая, питающаяся от ВЛ 35 кВ	МС-08 М-416 Ф-4103 ЭКЗ-01 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 КДЗ-1 ОНП-1	АНЧ-3 ЭКЗ-01 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1
Подстанция 110-220 кВ глубокого ввода, расположенная на застроенной территории	МС-08 ПИНП Ф-4103 АНЧ-3 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1	АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1
Подстанция 110 кВ с незаземленной нейтралью и 110 -750 кВ с током в нейтрали (в рабочем режиме) до 1А	МС-08 ПИНП Ф-4103 ЭКЗ-01 ЭКО-200 АНЧ-3 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1	АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1
Подстанция 110-750 кВ с током в нейтрали от 1 до 10 А	Ф-4103 ПИНП АНЧ-3 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 КДЗ-1 ОНП-1	АНЧ-3 КДЗ-1 ОНП-1	ПИНП АНЧ-3 ЭКЗ-01 ЭКО-200 КДЗ-1 ОНП-1
Опоры ВЛ 6-115 кВ при отсутствии грозозащитного троса или его изолированной подвески	МС-08 М-416 Ф-4103 АНЧ-3 КДЗ-1 ОНП-1	-	-	-
Опоры ВЛ 35-110 кВ с присоединенным грозозащитным тросом и молниеотводы с прожекторным освещением	ИК-1	-	-	-

Приложение 2

Пример определения реальной схемы ЗУ с помощью измерительного комплекса КДЗ-1

В качестве примера рассмотрена методика проведения диагностики ЗУ подстанции с помощью комплекса КДЗ-1.

1. Определяется часть территории подстанции, на которой будут проводиться измерения

- пример представлен на рис. П.2. Магистралы заземления, представленные на рис. П.2, должны быть выявлены в ходе измерений.

2. С помощью соединительных проводов ИПТ подключается к двум точкам ЗУ, например, к корпусу автотрансформатора АТ1 (т.1) и магистрали заземления здания ЩУ (т.2), как показано на рис. П.2.

3. Включается ИПТ и регулятором устанавливается ток, обеспечивающий магнитное поле на измерительных проводах, напряженность которого превышает максимальное фоновое как минимум в 10 раз.

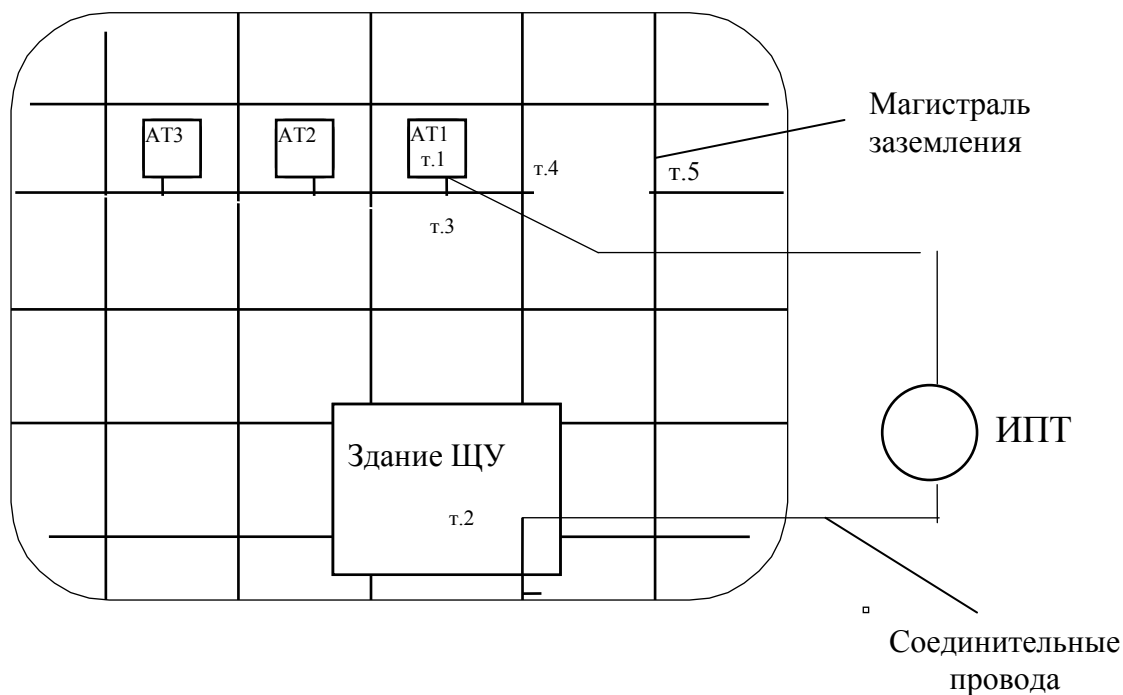


Рис. П.2

4. Определение магистрали искусственного заземлителя.

Начиная от т.1 (рис. П.2) находится направление на поверхности грунта с наибольшим значением напряженности магнитного поля, соответствующее реальному направлению прокладки заземлителя. На рис. П.2 первый участок искусственного заземлителя соответствует отрезку между точками 1-3, второй - отрезку между точками 3-4 и т.д. до точки 2. Таким образом, определяется одна магистраль заземлителя.

5. В местах ответвлений искусственного заземлителя повторяются измерения по п.4 и определяются остальные магистрали заземлителя, связывающие т.т.1 и 2 (рис.П.2).

6. Постепенно переходя от одного узла ЗУ к другому, составляется трасса прокладки шин заземлителя в грунте на исследуемом участке РУ. Для перехода к следующему участку необходимо произвести переключение источника ИПТ к двум другим точкам ЗУ.

7. Выявление обрывов ЗУ.

Если магистраль заземления имеет обрыв (например, между точками 4-5 рис. П.2), то при перемещении от т.4 к т.5 показания ИПМ должны быть на уровне фона, поскольку ток по отрезку между т.т.4-5 не протекает.

8. Выборочно определяется глубина прокладки горизонтальных шин заземлителя (не менее чем через каждые 10 метров последних).

9. На основании полного обследования территории РУ составляется истинная схема прокладки магистралей искусственного заземлителя с указанием возможных мест обрыва.

10. Определяются связи между технологическим оборудованием и ЗУ. Например, обследуется связь АТ1 с ЗУ (рис.П.2). Для этого источник ИПТ подключается между проводником,

заземляющим корпус АТ1 (т.1 рис. П.3) и другой точкой ЗУ (т.4 рис. П.2). Включается ИПТ и определяется напряженность H_{Σ} на соединительном проводе. С помощью ИПМ определяется доля суммарного магнитного поля- H_{Σ} - от токов, протекающих:

- вниз в искусственный заземлитель;
- по оболочкам силовых и измерительных кабелей;
- по трубам или каркасам порталов и других металлоконструкций.

Аналогично проводятся измерения для всего оборудования электроустановки. Заполняется таблица П.7.1. Одновременно по мере необходимости заполняется таблице П.7.2, в которой указывается оборудование, не имеющее связи с ЗУ.

11. На основе измерений по п. 9 - 10 составляется схема ЗУ, включающая в себя магистрали искусственного заземлителя, кабельные каналы, порталы и другие металлоконструкции, имеющие связи с ЗУ.

12. Определяется сопротивление связи между электротехническим оборудованием по ЗУ - таблице П.7.3.

Приложение 3

Выбор сезонного коэффициента, измерение электрохимического потенциала и определение блуждающих токов

П.3.1. Выбор сезонного коэффициента сопротивления заземлителя

При определении сопротивления ЗУ, расчете напряжения на ЗУ используется сезонный коэффициент сопротивления заземлителя.

Сезонный коэффициент сопротивления обычно указывается в проекте подстанции. При наличии проектных данных значение сезонного коэффициента K_s принимается таким, каким он указан в проекте.

При отсутствии проектных данных сезонный коэффициент выбирается ориентировочно по таблице П.3.1. Сезонный коэффициент сопротивления зависит от:

- размеров ЗУ, определяемых его площадью и длиной вертикальных электродов;
- электрического строения грунта;
- сезонного коэффициента удельного сопротивления грунта K_p (таблица П.3.2);
- географического района расположения подстанции.

Значения сезонных коэффициентов сопротивления, отсутствующие в таблице П.3.1., определяются путем интерполяции.

Таблица П.3.1

Сезонные коэффициенты сопротивления заземлителей

Значение корня квадратного из площади п/ст \sqrt{S} , м	Электрическое строение грунта	K_p по табл. П.3.2	Сезонные коэффициенты в географических районах								
			Европейская часть южнее 48-й параллели			Европейская часть и Западная Сибирь между 48 и 57-й параллелями, Ленинградская, Новгородская, Сахалинская обл., Приморский край			Остальная территория России		
			при длине вертикальных электродов, м								
			0	30	50	0	30	50	0	30	50
10	Грунтовые воды	3	1,4	1,3	1,0	1,5	1,5	1,1	1,1	1,9	1,2
		20	1,9	1,5	1,1	2,8	2,1	1,1	5,4	4,8	1,4
		50	2,0	1,6	1,1	4,0	2,2	1,1	10	8,5	1,4
	Однород-	3	1,1	1,1	1,0	1,4	1,1	1,0	2,0	1,4	1,0

	ный	20	1,4	1,1	1,0	4,4	1,2	1,0	9,2	5,9	1,0
		50	1,8	1,1	1,0	9,5	1,3	1,0	22	14	1,0
		Подсти- лающие	3	1,2	1,0	1,0	2,3	1,0	1,0	2,7	2,6	1,0
	породы,	20	2,9	1,1	1,0	13	1,1	1,0	17	16	1,0
	скальные	50	5,7	1,1	1,0	32	1,1	1,0	43	40	1,0
	Грунтовые воды	3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,2	1,0	1,5	1,5	1,2
		20	1,4	1,2	1,0	1,7	1,7	1,1	2,5	2,9	1,3
		50	1,5	1,3	1,1	2,3	2,0	1,1	3,9	4,5	1,3
50	Однород- ный	3	1,1	1,1	1,0	1,3	1,2	1,0	1,5	1,3	1,0
		20	1,3	1,1	1,0	3,2	1,9	1,0	4,5	4,5	1,0
		50	1,6	1,2	1,0	6,8	2,2	1,0	11	10	1,0
	Подсти- лающие породы, скальные	3	1,2	1,1	1,0	2,1	1,3	1,0	2,4	2,4	1,0
		20	2,5	1,5	1,1	11	1,6	1,0	14	14	1,0
		50	4,8	2,0	1,1	28	1,6	1,0	35	35	1,0
500	Грунтовые воды	3	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1
		20	1,3	1,1	1,0	1,4	1,4	1,3	1,6	1,8	1,4
		50	1,3	1,2	1,0	1,8	1,8	1,4	2,3	2,5	1,6
	Однород- ный	3	1,1	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,2
		20	1,2	1,1	1,0	2,9	2,7	1,5	3,9	4,0	1,6
		50	1,5	1,2	1,0	5,8	4,7	1,6	8,4	8,6	1,7
	Подсти- лающие породы, скальные	3	1,2	1,1	1,0	2,0	1,8	1,2	2,2	2,3	1,2
		20	2,2	1,4	1,0	11	5,4	1,3	13	13	1,3
		50	4,1	1,5	1,0	25	10	1,5	31	31	1,5

Таблица П.3.2

Сезонные коэффициенты удельного сопротивления грунта K_p

Тип грунта	Сезонный коэффициент удельного сопротивления грунта при влажности		
	малой	средней	большой
Глина	2	3	10
Супесь, суглинок	3	5	20
Песок	3	10	50

П.3.2. Измерение электрохимического окислительно – восстановительного потенциала и удельного сопротивления грунта ЗУ

Измерения проводятся по схеме, изображенной на рис. П.3.1.

Рекомендуется провести по 10-12 измерений в различных точках каждого ОРУ. Для подстанций 6,10 / 0,4кВ можно ограничиться 1-3 измерениями.

Для измерений потребуются:

- пробный электрод из стали (сталь 3) диаметром 10 мм и длиной 0,6 м;
- электрод сравнения, в качестве которого следует использовать хлорсеребряный типа ЭВЛ (1 м) или медносульфатный типа ЭН-1;
- милливольтметр постоянного напряжения с большим входным сопротивлением, например Ф4318 или 43312.

Пробный электрод погружается на глубину 0,5 м в грунт таким образом, чтобы не обра-

зовалось случайного контакта с заземлителем. Электрод сравнения устанавливается в предварительно очищенный (от травы, щебня и т.п.) и увлажненный грунт на расстоянии 0,5-1 м от пробного электрода. Между ними измеряется разность потенциалов ($\varphi_{ов}$) составляющая обычно 200-500 мВ, причем пробный электрод более отрицателен. Затем измеряется разность потенциалов между заземлителем и электродом сравнения ($\varphi_з$).

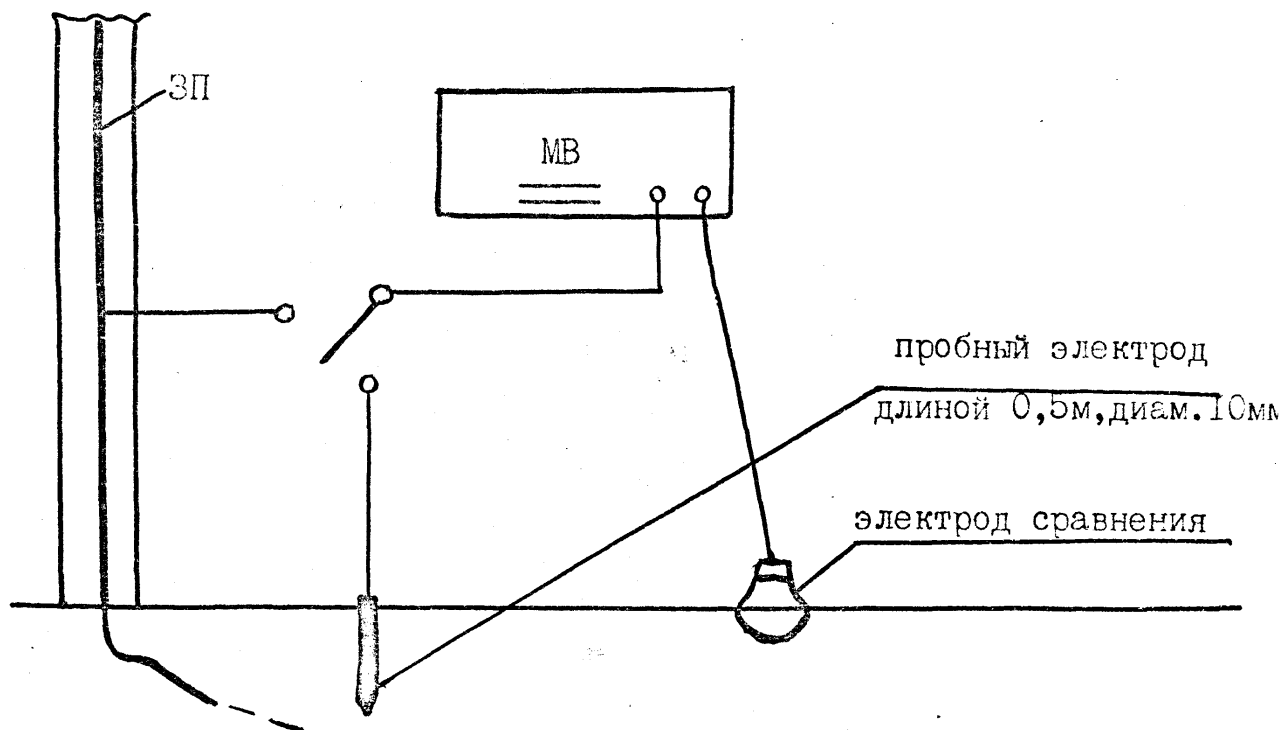


Рис.П.3.1. Схема измерения электрохимического потенциала

Если $\varphi_з$ отличается от $\varphi_{ов}$ более чем на 100 мВ, то это означает, что на процессы грунтовой коррозии наложены контактная коррозия и (или) электрокоррозия блуждающими токами. В этом случае следует для обследования коррозионного состояния следует пригласить специализированную организацию.

После измерения электрохимического потенциала проводится оценочное определение удельного сопротивления грунта путем измерения сопротивления пробного электрода $R_{пэ}$. Это измерение можно провести по схеме рис. 7., где вместо пластины подключен пробный электрод или (при низком сопротивлении грунта) по схеме рис.1. приборами МС-08, М416, Ф4103, располагая токовый электрод на расстоянии 4 м, а потенциальный -2,5 м от измеряемого пробного электрода. Удельное сопротивление грунта определяется по формуле:

$$\rho_1 = 0,6 R_{пэ}$$

По измеренному электрохимическому потенциалу определяется номер коррозионной зоны К:

$$K = 6,2 - 0,83 \ln \varphi_{ов} / \rho_1$$

Значения $K = 0, 1, 2$ соответствуют большой опасности коррозии, $K = 3, 4$ - средней степени опасности $K = 5$ - слабой степени опасности. По кривым рис. П.3.2, зная срок с момента сооружения ПС, можно сделать прогноз коррозионного снижения сечения заземлителей и на основе этого выводы о состоянии заземлителя и сроках очередной проверки.

В тех местах, где по результатам измерений вычислена наибольшая глубина коррозии рекомендуется (для $K < 3$ необходимо) произвести вскрытие горизонтальных заземлителей.

Если результаты вскрытия соответствуют прогнозируемым, то вносятся коррективы в сроки очередной проверки. Если осмотром и измерениями сечения обнаружено, что глубина коррозии выше прогнозируемой, следует обратиться к специализированной организации.

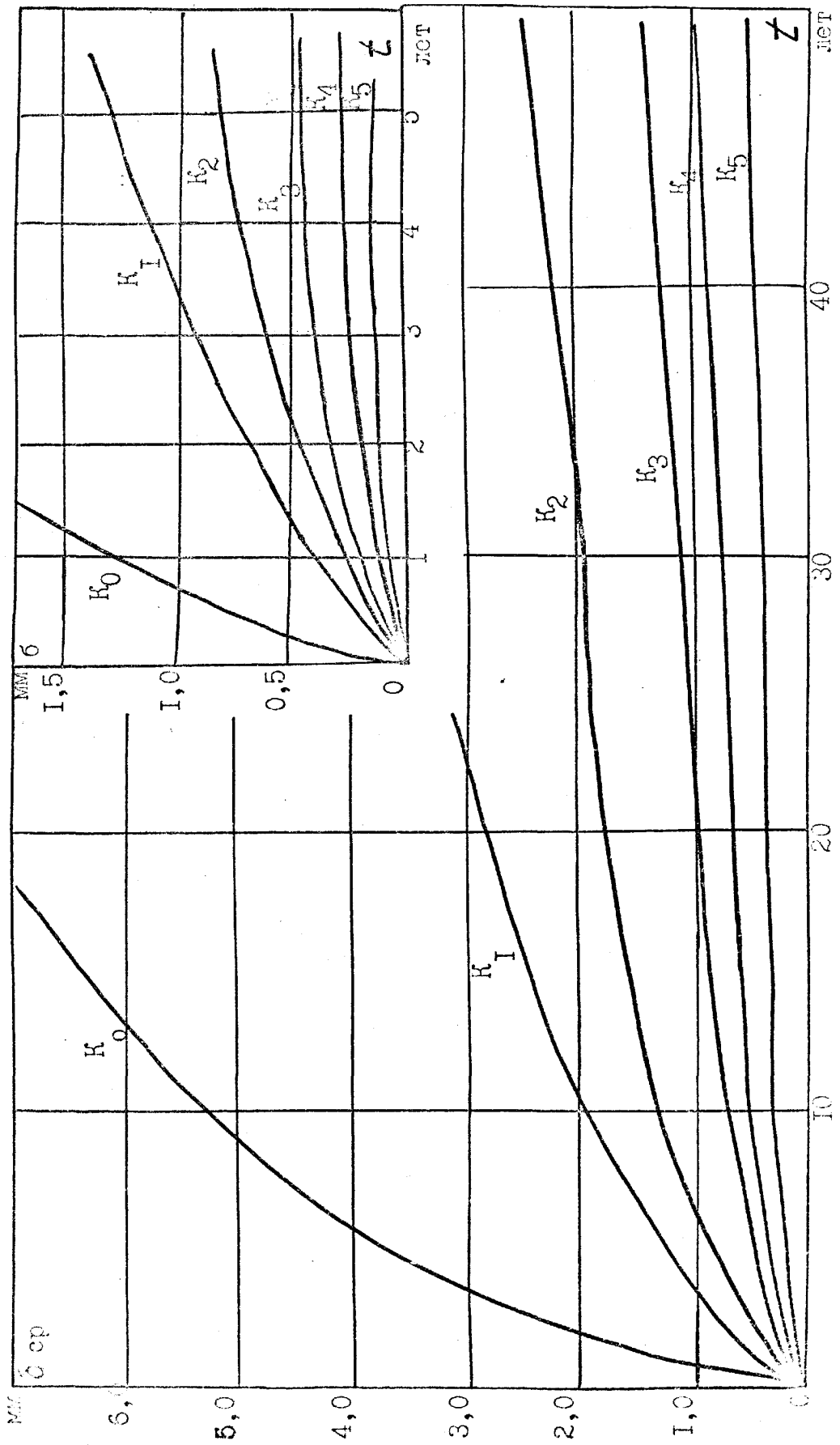


Рис.П.3.2. Рост средней глубины грунтовой коррозии стали

П.3.3. Определение наличия блуждающих токов в земле

Наличие блуждающих токов в земле определяют по результатам измерений разности потенциалов между проложенными в данном районе подземными металлическими сооружениями и землей.

При отсутствии подземных металлических сооружений наличие блуждающих токов следует определять, измеряя разность потенциалов по двум взаимно перпендикулярным направлениям при разnose измерительных электродов на 100 м (рис. П.3.3).

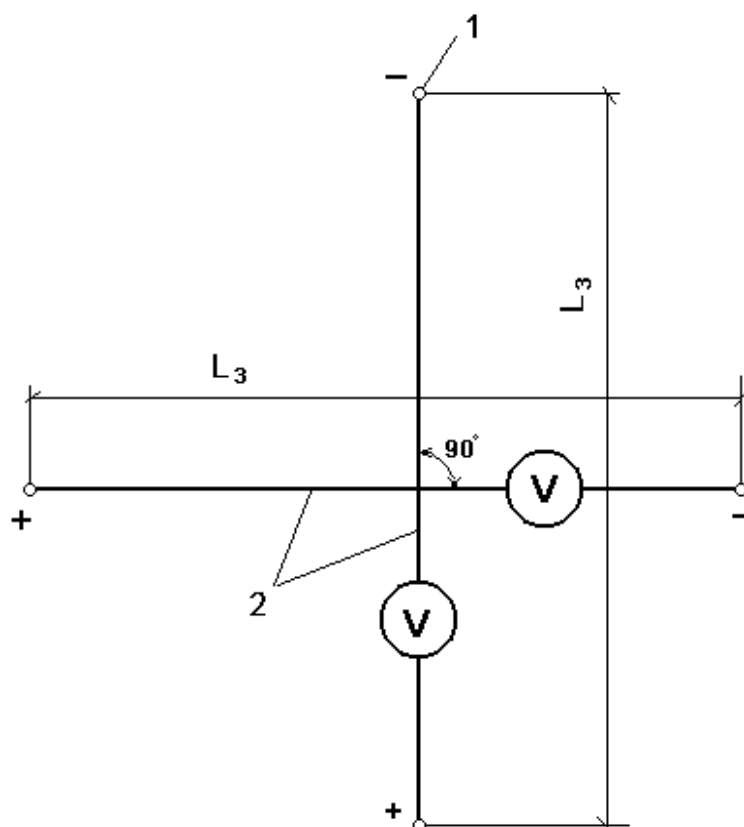


Рис.П.3.3. Схема измерений для обнаружения блуждающих токов в земле

1 – медно–сульфатные электроды

2 – изолированные провода

L_3 – расстояние между измерительными электродами

При проведении измерения используют медно–сульфатные электроды сравнения, которые подбирают так, чтобы разность э.д.с. двух электродов не превышала 2 мВ.

Возможны два варианта расположения измерительных электродов на местности: параллельно будущей трассе сооружения, а затем перпендикулярно к оси трассы и в соответствии со сторонами света. Второй вариант удобен в тех случаях, когда изучаются коррозионные условия целого района, а также при сложной трассе подземного сооружения.

При проведении измерений необходимо особенно внимательно следить за подключением осциллографа. Если измерительные электроды расположены по предполагаемой трассе сооружения, то измерительный щуп осциллографа должен быть подключен к электроду, направленному в сторону начала трассы. Электроды, установленные перпендикулярно, следует соединять так, чтобы “нижний” электрод подключался к измерительному щупу осциллографа, а

“верхний” – к экрану осциллографа. При расположении электродов по второму варианту к измерительному щупу осциллографа подключаются электроды, ориентированные на юг и запад, а к экрану – на север и восток.

Если измеряемая разность потенциалов устойчива, т. е. не изменяется по величине и знаку, в земле токов почвенного происхождения.

Если измеряемая разность потенциалов имеет неустойчивый характер, т. е. изменяется по величине и знаку или только по величине, это указывает на наличие блуждающих токов от посторонних источников.

Приложение 4

Определение сопротивления искусственного заземлителя электроустановки без учета отходящих коммуникаций

С помощью прибора КДЗ-1 определяется доля ($\alpha\%$) растекания тока по отходящим от электроустановки коммуникациям в процентах от суммарного тока источника (с учетом геометрических размеров коммуникаций). Указанная работа может быть выполнена с использованием селективных токоизмерительных клещей или измерителя ИПМ прибора КДЗ-1. Для этого заполняется таблицу П.7.2 (приложение 7):

- с помощью ИПМ фиксируется напряженность магнитного поля непосредственно на проводе, присоединенном к источнику ИПТ, а также на различных расстояниях от него, соответствующих радиусам кабелей, металлоконструкций опор ВЛ, имеющих тросы, и трубопроводов, отходящих от электроустановки; полученные значения напряженности магнитного поля соответствуют 100% протекания тока;

- определить магнитное поле на каждом из кабелей, трубопроводов и др. металлоконструкций, отходящих от электроустановки, не изменяя схемы соединений и величины тока источника ИПТ; результаты измерений записать в таблицу П.7.2;

- вычислить процент растекания тока по отходящим от электроустановки коммуникациям;

- сопротивление заземлителя $R_{\text{зазем}}$ оценивается с учетом $R_{3У}$ и доли тока ($\alpha\%$), протекающего по отходящим коммуникациям по выражению:

$$R_{\text{зазем}} = 100 \cdot R_{3У} / (100 - \alpha\%).$$

Приложение 5

Численный анализ ЗУ электроустановки

Численный расчет ЗУ проводится с целью анализа и выработки рекомендаций по реконструкции ЗУ энергообъекта. В ходе расчетов производится сопоставление с экспериментальными данными по измерению сопротивления ЗУ, напряжения прикосновения, определяются значения сопротивления ЗУ при предельно возможных удельных сопротивлениях грунта, определяются значения напряжения прикосновения по всей территории объекта при заданных значениях токов КЗ и времени отключения электрооборудования.

В Московском энергетическом институте разработана специальная программа ORU, позволяющая производить численный анализ ЗУ с удовлетворением следующих технических требований:

1. Возможность расчета ЗУ, состоящих из горизонтальных и вертикальных элементов и имеющих сетку произвольной конфигурации. Программа должна позволять достаточно подробно описывать конфигурацию ЗУ на достаточно большой территории (до 500x500 м).

2. Возможность учитывать наличие элементов, находящихся над землей и шунтирующих элементы ЗУ (заземляемые рамы аппаратов, порталы, заземленные трубы различного назначения, экраны кабелей вторичных цепей и т.п.), а также естественные заземлители.

3. Возможность учитывать сопротивление всех элементов ЗУ.

4. Рассчитывать параметры ЗУ:

- сопротивление растеканию току при условии эквипотенциальности всех элементов ЗУ (статический режим);

- сопротивление растеканию току ЗУ с учетом продольного сопротивления горизонтальных заземлителей (динамический режим);
 - распределение токов по всем (подземным и надземным) элементам ЗУ в режиме протекания по нему токов КЗ;
 - распределение потенциалов по ЗУ в режиме протекания по нему токов КЗ;
 - распределение потенциала по поверхности земли в режиме протекания по ЗУ токов КЗ.
- При этом должна иметься возможность рассчитывать распределение потенциала в любой, наперед заданной (или выделенной), части ЗУ;
- напряжение прикосновения и шаговое напряжение в любой точке ЗУ в режиме протекания по нему токов КЗ.

Приложение 6

"УТВЕРЖДАЮ"
Главный инженер

Паспорт на заземляющее устройство энергообъекта

РАЗРАБОТАНО:

Дата ввода в эксплуатацию _____

Дата капитального ремонта (реконструкции) _____

Материал заземлителей _____

Профиль соединительных шин _____

Сечение соединительных шин _____

Глубина залегания шин заземлителей _____

Исполнительные схемы заземляющих устройств

Исполнительная схема заземляющего устройства подстанции представлена на чертеже (рис. П.1) _____

Электромагнитная совместимость оборудования _____

Решение о пригодности заземляющего устройства к эксплуатации: _____

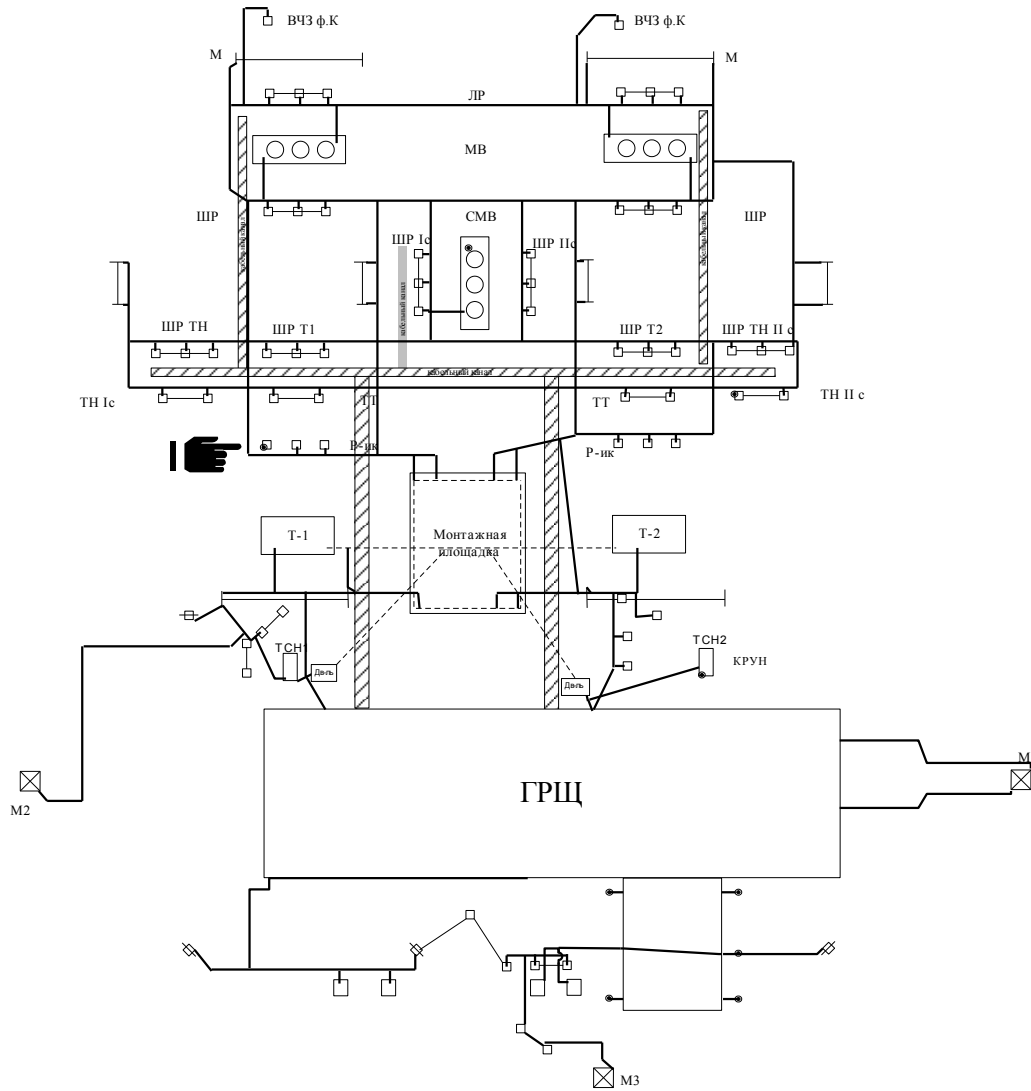
Сведения об изменениях после ремонта или реконструкции ЗУ

Перечень изменений	Вид работ (замена оборудования, ремонт, реконструкция)	Время проведения работ	Организация исполнитель	Отметка о внесении изменений в исполнительную схему ЗУ
1	2	3	4	5

Приложение 1
к Паспорту на заземляющее
устройство энергообъекта

ВЕДОМОСТЬ ДЕФЕКТОВ

№	Дата проверки	Оборудование или группа оборудования	Обнаруженные недостатки	Устранение замечаний		
				Организация исполнитель	Отметка	Дата
1	2	3	4	5	6	7



Условные обозначения:

М 1:400









	Кабельный канал		Портал
	Горизонтальный заземлитель		Молниевод
	Наземное соединение с заземляющим устройством		Присоединение заземляющего проводника к оборудованию
	Указатель незаземленного оборудования		Обрыв заземляющего проводника

Рис. П1. Схема заземляющего устройства подстанции "Шереметьевская" 110 кВ ОАО "Мосэнерго".

Приложение 7

**ПРОТОКОЛ
проверки состояния заземляющего устройства**

объект _____

1. Цель измерений. Место, время измерений, погодные условия. Организация исполнитель. Технические средства.
2. Результаты измерений.
 - 2.1. Определение состояния ЗУ, наличия и качества связей оборудования с ЗУ.
 - 2.1.1. Определение трассы прокладки искусственного заземлителя.
 - 2.1.2. Определение наличия и качества связей оборудования энергообъекта.
 - 2.2. Определение сопротивления растеканию тока ЗУ.
 - 2.3. Измерение напряжения прикосновения при КЗ на объекте.
 - 2.4. Определение путей растекания тока при имитации КЗ.
3. Расчет распределения токов и потенциалов на объекте при внутреннем и внешнем КЗ.
4. Заключение о состоянии ЗУ.
5. Рекомендации по реконструкции ЗУ (в случае необходимости).

Таблицы для оформления результатов измерений

Таблица П.7.1

Перечень незаземленного оборудования

<i>Наименование оборудования</i>	<i>Вид неисправности</i>
Корпус выключателя ВВ-3	Оборван заземляющий проводник
Разъединитель Ис.ш.	Нет связи с заземлителем

Таблица П.7.2

Растекание тока по заземляющему устройству объекта относительно внешнего заземлителя

На про- воде	<i>Суммарный ток</i>			<i>Кабели</i>			<i>Трубы и др. металлоконстр.</i>		
	На расстоянии от прово- да, мм			∅ мм	Ток	%	∅ мм	Ток	%
	10	...	...				

Таблица П.7.3

Сопротивление связи электрооборудования по ЗУ

Точки подключения источника питания		I _{изм} , А	U _{изм} , В	Z _{св400} х)	Z _{св50}
1	2				
...
...

Примечание: $Z_{св50} = Z_{св_{изм}} / Kп$

Таблица П.7.4

Удельное сопротивление грунта

D, м	0,5	1	1,5	...	...	...	...	...
ρ , Ом•м	...	...	...	...	...	...	...	...

Таблица П.7.5

Пути растекания тока с оборудования

Наименование оборудования	Растекание тока %		
	по заземляющему проводнику	по кабелям	по металлоконструкциям и трубам
...

Таблица П.7.6

Напряжение прикосновения

Место КЗ	Изм	Уизм	Ikз	Uпр _{400 х})	Uпр ₅₀
...
...

X) с применением КДЗ-1

Приложение 8

Рекомендации по ремонту и усилению ЗУ при характерных дефектах

При отклонении параметров ЗУ от нормы или при обнаружении повреждений ремонт и усиление заземляющего устройства в большинстве случаев можно выполнить силами предприятия. Для этого рекомендуются следующие, наиболее эффективные меры.

Если сопротивление ЗУ выше нормы:

- подключить к ЗУ подстанции все грозозащитные тросы, предварительно проверив их на термическую устойчивость к токам короткого замыкания ;
- подключить к заземляющему устройству рельсовые пути, соединив их с нейтралями трансформаторов и сварив все стыки за исключением изолирующих стыков устройств СЦБ (на подходе к подстанции);
- соединить ЗУ с водоводами, особенно в тех местах где трасса водовода пересекается горизонтальными заземлителями, места приварки соединительных электродов к водоводу - тщательно изолировать от грунта;
- подсоединить к ЗУ артезианские скважины, находящиеся на территории подстанции и вблизи неё, приняв меры по снижению напряжений прикосновения;
- проложить за территорией подстанции лучевые заземлители, лучше вдоль линий электропередачи, соединив их с ЗУ и заземлителями (фундаментами) опор ВЛ. Число лучей рекомендуется не более 4-х, по одному с каждой стороны подстанции. Ориентировочная суммарная длина лучей l определяется из выражения:

$$l = R_{изм} * 5\sqrt{S} / R_{норм} ,$$

где $R_{изм}$ - измеренное сопротивление заземления,
 S - площадь, занимаемая ЗУ,
 $R_{норм}$ - сопротивление, требуемое нормами.

Если напряжение прикосновения на заземляющем устройстве выше нормы:

- при значительном превышении измеренного значения над средним по подстанции провести откопку заземляющего проводника, отыскать место разрыва (в т.ч. плохой контакт в сварном соединении), и соединить сваркой;

- произвести подсыпку щебня, гальки толщиной 10...20 см с площадью, за пределы которой человек не выходит при производстве оперативного переключения на данном присоединении;

- уложить на глубину 0,1 м сетчатый заземлитель из круглой стали диаметром не менее 6 мм, соединив его с заземляющим проводником. Ячейка сетки 0,5 x 0,5;

- на бетонные плиты, находящиеся постоянно во влажном состоянии - постелить резиновые коврики;

- в отдельных случаях временно допускается распоряжением по предприятию обязать персонал проводить переключения в изолирующей обуви.

Если обнаружены коррозионные повреждения:

- при малом сечении заземляющих проводников, произвести их замену, на круглые, большего сечения, выбранных по термической устойчивости и увеличенных (по диаметру не менее чем на 2 мм) по условиям коррозии;

- при заметной коррозии изолировать места входа в грунт заземляющих проводников при помощи ПХВ - ленты на 20 см выше и ниже поверхности грунта;

- при обнаружении коррозии сварных соединений, проветрить и изолировать ПХВ - лентой сварные соединения.

- при повреждениях водовода, заменить трубу и к местам, соответствующим выявленным повреждениям приварить проводник из круглой стали диаметром не менее 12 мм, проложив его по кратчайшему пути к ближайшему горизонтальному заземлителю;

При обнаружении слабых металловых связей:

- при отсутствии - восстановить, используя круглые проводники соответствующего сечения;

- проложить связи между ОРУ и местом заземления нейтралей трансформаторов, сталью круглого сечения, диаметром не менее 12мм, максимально используя пути перекачки трансформаторов;

- использовать для усиления связи грозозащитный трос ВЛ перекидки от трансформаторов к ОРУ, проверив его на термическую устойчивость;

- проложить дополнительные проводники (не менее 2-х) из круглой стали диаметром не менее 12 мм, между заземляющими устройствами различных ОРУ, таким образом, чтобы шунтировать ОРУ с обеих сторон.

При прочих ненормальностях, в т.ч. в работе релейной защиты, автоматики, связи при коротких замыканиях на подстанции, по невыясненным причинам: обращаться в специализированные организации.

Оглавление

Стр.

Ошибка! Элементы оглавления не найдены.