

Гипотезы

Министерство путей сообщения СССР
Государственный проектно-исследовательский институт
„Гипотрансцентрализма“

Методические УКАЗАНИЯ

по проектированию
устройств автоматики,
телемеханики и связи
на железнодорожном
транспорте

И-179-89

Заземляющие устройства
оборудованных электровозов
и поездов устройств
централизации

Ленинград
1989

И-179-89

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

СОД

Инженерное дело

Учебно-методическое пособие по проектированию устройств сигнализации, попутной связи и радио на железнодорожном транспорте

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте

И-179-89

Заземляющие устройства сооружений электросвязи и попутных устройств централизации

Зав. кафедрой инженерного института

А.П.Тоголев
А.П.Тоголев

Ленинград
1989

- 2 -

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	6
1. Основные определения	8
2. Нормы и правила проектирования заземляющих устройств	13
2.1. Оконечные пункты /ОП/ и обслуживаемые усилительные пункты /ОЛУ/	13
2.2. Необслуживаемые усилительные пункты /НУП/	15
2.2.1. НУП в металлических термокамерах	15
2.2.2. Наземные НУП, размещенные с постами ЭЦ	16
2.3. Кабельные и воздушные линии связи	17
2.3.1. Кабельные линии связи	17
2.3.2. Воздушные линии связи	20
2.4. Заземляющие устройства для терминальных пунктов АСУ билетно-кассовых операций "Экспресс-2" и информационно-вычислительных пунктов АСУИТ	23
2.5. Служебно-технические здания сигнализации, централизации и блокировки	24
2.6. Сооружения радиосвязи	26
3. Конструкция заземлителей и их сооружение	32
4. Искусственное уменьшение сопротивления заземлителей	35
5. Выбор конструкций заземлителей	38
6. Устройство заземлителей в районах вечной мерзлоты	39

	Стр.
6.1. Общие положения	39
6.2. Конструкции заземлителей	43
6.2.1. Заземлители с использованием железобетонных фундаментов зданий	43
6.2.2. Глубинные заземлители	44
6.2.3. Углубленные заземлители под фундаментами зданий	44
6.2.4. Вносные заземлители	45
6.2.5. Углубленные заземлители с перфорированными трубами	46
6.2.6. Гуровое оборудование	47
7. Расположение заземлителей	49
8. Ввод заземляющих проводников в служебно-технические здания	51
9. Проводка заземления в служебно-технических зданиях	54
9.1. Узлы связи	54
9.2. НУПы	55
9.3. Посты централизации	55
10. Расчет сопротивления заземлителей	57
10.1. Расчет сопротивления заземлителя с использованием свайного фундамента здания	57
10.2. Расчет сопротивления заземлителя с использованием ленточного железобетонного фундамента здания	58

	Стр.
10.3. Расчет сопротивления прутковых, трубчатых и уголковых заземлителей	59
10.4. Расчет сопротивления горизонтальных заземлителей	64
10.5. Расчет многолучевых горизонтальных заземлителей	65
10.6. Расчет сопротивления заземлителей, погруженных в грунт-заполнитель	66
10.7. Расчет сопротивления заземлителей, вносимых в несоморозовые и перфорированные подполья	67
10.8. Расчет сопротивления глубинных заземлителей	69
ПРИЛОЖЕНИЯ:	
1. Нормы сопротивления	71
2. присоединение цепей и устройств к заземляющим устройствам в КМЛх	75
3. Удельные сопротивления грунтов	76
4. Эскизы конструкций заземляющих устройств	77
5. Схема для расчета сопротивления растекания тока свайного фундамента здания	80
6. Схемы заземления аппаратуры и выравнивания потенциалов информационных магистралей	81
7. Коэффициенты использования для многолучевых заземлителей	82

	Стр.
8. Параметры АТ для расчета контурных заземлителей.	83
9. Таблицы определения количества вертикальных заземлителей	84

В В Е Д Е Н И Е

В настоящих Методических указаниях рассмотрены вопросы проектирования заземляющих устройств, заземления и зануления стационарных /станционных и линейных/ сооружений проводной связи, радиосвязи и постовых устройств централизации /ЭЦ, ДЦ и ГЦУ/ на железнодорожном транспорте.

Методические указания составлены в соответствии со следующими нормативными документами:

ГОСТ 164-79² Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов и родного питания и системы систем коллективного питания телеузелами. Нодин соответствия;

ГОСТ 13.1.010-81. Электробезопасность, защита заземление, зануление;

Глава 1.7. Правила устройства электроустановок /М. Энергоиздат, 1985 г./;

Правила защиты устройств проводной связи и радиосвязи от влияния линий сети электрифицированных железных дорог переменного тока. 1983 г.

При составлении настоящих Методических указаний учтены рекомендации приведенные в следующих разработках:

Методические руководство по проектированию И-007-2-81
Заземляющие устройства

Гипросвязь - 4 1981 г.;

Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляцион-

ных узлов. М., Связь 1971 г.;

Временные рекомендации по проектированию и сооружению заземляющих устройств аппаратуры СЦБ и связи в районах с вечномёрзлыми грунтами ВНИИ ТС, 1988 г.

С введением в действие настоящих "Методических указаний" отменяются Методические указания "Устройство заземлений, для узлов и линий проводной связи, сооружений радиосвязи и постов электрической централизации И-103-80.

I. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Заземлением называется преднамеренное электрическое соединение оборудования или аппаратуры предприятия с заземляющим устройством.

Заземлителем называется металлический проводник или группа проводников любой формы /труба, уголок, проволока и т.д./ находящихся в непосредственном соприкосновении с землей /грунтом/.

Заземляющим проводником называется металлический проводник, соединяющий заземляемое оборудование с заземлителем.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

В зависимости от функций, которые выполняют заземляющие устройства в установках связи и СЦБ, различают: рабочее, защитное, рабочее-защитное, линейно-защитное и измерительное заземляющие устройства.

Рабочим заземляющим устройством называется устройство, предназначенное для соединения с землей аппаратуры проводной связи и радиотехнических устройств с целью использования земли в качестве одного из проводов электрической цепи.

Защитным заземляющим устройством называется устройство, предназначенное для соединения с землей проводов нейтрального обмотки силовых трансформаторных подстанций, молниеотводов, разрядников, экранов аппаратуры и проводов внутростанционного монтажа, металлических оболочек и бронепокровов кабеля, металлических термокамер промежуточных усилительных пунктов /НУП/.

металлических частей силового оборудования электроустановок, установок для содержания кабелей под давлением и другого оборудования, которое normally не находится под напряжением, но могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции токоведущих проводов. Защитные заземляющие устройства выравнивают потенциалы металлических частей оборудования с потенциалом земли и тем самым обеспечивают защиту обслуживаемого персонала и аппаратуры от возникновения на них опасных разностей потенциалов по отношению к земле.

Рабоче-защитным заземляющим устройством называется устройство, служащее одновременно как рабочим, так и защитным заземлением от устройства. Сопротивление рабоче-защитного заземляющего устройства должно быть не более наименьшего значения, предусмотренного для рабочего и защитного заземляющего устройства.

Линейно-защитным заземляющим устройством называется устройство, обеспечивающее заземление металлических оболочек кабелей и бронепроводов по трассе кабеля и на станциях /НЛП/, куда подходят кабельные линии, а также на воздушных линиях для заземления молниеотводов, труб и металлических оболочек и брони кабелей и т.д. В ряде случаев допускается объединять защитное и линейно-защитное устройство. Такое заземляющее устройство называется объединенным защитным.

Измерительным заземляющим устройством называется вспомогательное устройство, предназначенное для контроля измеренной сопротивлений рабочего, защитного и рабоче-защитного

заземляющих устройств. Сопротивление рабочего и защитного заземляющих устройств следует измерять, как правило, со щитка заземления на станции, видящая заземляющий проводник в сторону заземлителя. Сопротивление заземляющих устройств на воздушных и кабельных линиях измеряют непосредственно на линии, используя временные вспомогательные измерительные земли.

Индуксозаземленной нейтралью является нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Занулением в электроустановках называется допуск переменного тока называемого преднамеренное электрическое соединение металлических токоведущих частей, электроустановки, с индуксозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с индуксозаземленным выводом источника однофазного тока.

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через устройства, имеющие большое сопротивление.

Зануление обеспечивает автоматическое отключение электроустановки в случае замыкания токоведущих частей на корпус оборудования.

Защитное заземляющее устройство, используемое для заземления нейтрали трансформатора или генератора обеспечивает снижение опасных последствий при повреждении трансформатора

о замыкании между обмотками высшего и низшего напряжения, предотвращает недопустимое повышение напряжения по отношению к земле фазных проводов и зануленных частей при замыкании непосредственно на землю или на незаземленную часть.

Защитное заземляющее устройство, используемое для повторного заземления, обеспечивает снижение потенциала на корпусе /в промежуток времени до автоматического отключения/ и отключение в случае обрыва нулевого провода.

Защитное заземляющее устройство в установках с изолированной нейтралью обеспечивает безопасную величину тока, проходящего через тело человека.

Присоединение молниеотводов, разрядников и др. к защитному заземляющему устройству обеспечивает отвод импульсного тока молнии в землю.

Соединение металлических оболочек и бронепроводов кабеля с защитным или линейно-защитным заземляющим устройством на электрофицированных железных дорогах переменного тока обеспечивает снижение индуктированного в них и в жилах кабеля опасного напряжения.

Сопротивлением заземляющего устройства или совокупным сопротивлением растекающемуся току называется суммарное электрическое сопротивление заземляющих проводников и заземлителя относительно земли выраженное в Омх. Сопротивление заземляющего устройства, определяемое как отношение напряжения на заземляющем устройстве относительно земли к току, проходящему через заземлитель в землю.

Удельным сопротивлением грунта называется электрическое сопротивление, оказываемое грунтом объемом 1 м³ при прохождении тока от одной грани грунта к противоположной. Удельное сопротивление грунта, обозначаемое ρ и выражаемое в Омх на метр, следует измерять с учетом сезонных колебаний, принимая в качестве расчетной наиболее неблагоприятную величину.

Искусственным заземлителем называется заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

Естественным заземлителем называется находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений, производственного или иного назначения, используемые для целей заземления.

2. НОМЫ И ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

2.1. Особое внимание /СИ/ и обслуживаемые устройства /регистраторы/ цепи СИ /ОСН/

и СИ /ОСН/ /ОСН/ на которых отсутствуют соединительные линии или цепи защитного питания /ДП/ аппаратуры, использующие землю в качестве провода электрической цепи, сооружают:

защитное заземляющее устройство,

два измерительных заземляющих устройства.

В СИ и СИ /ОСН/ на которых имеются соединительные линии или цепи ДП, использующие землю в качестве провода электрической цепи, сооружают:

1) для заземления "плюса" источника цепей ДП /аппаратура К-601 и др./: рабочее-защитное заземляющее устройство, два измерительных заземляющих устройства,

2) при заземлении "плюса" источника цепей ДП /некоторая аппаратура специального назначения/:

рабочее заземляющее устройство;

защитное заземляющее устройство;

измерительное заземляющее устройство.

Двойно-защитное заземляющее устройство СИ и СИ /ОСН/ не сооружают. Его функции должны выполнять защитное или рабочее-защитное заземляющее устройство.

К заземляющим устройствам кратчайшим путем подключаются:

1) к рабочему заземляющему устройству:

одна из полюсов источника цепи ДП;

плюс источника питания телефонной станции, имеющей соединительные линии, использующие землю в качестве провода электрической цепи;

полюсов источников питания телеграфных аппаратов, использующих землю в качестве провода электрической цепи,

2) к защитному заземляющему устройству:

одна из полюсов электропитательной установки;

металлические части статического и коммутаторного оборудования;

экраны аппаратуры в кабелей;

металлические оболочки кабелей, элементы схем защиты, молниеотводы;

металлические части силового оборудования (шкивы и панели для ввода и распределения переменного тока, шины и шкафы питающей установки, шит автоматизации и корпус дизель-генератора резервной электростанции), которые подлежат заземлению при изолированной нейтрали и занулению при глухозаземленной нейтрали питающей сети переменного тока;

металлические трубопроводы видеопровода и центрального отопления и другие металлические конструкции внутри здания;

вывод источника однофазного тока, нейтраль трансформаторов силовой трансформаторной подстанции и собственной резервной электростанции, питающей оборудование, установленное в здании.

Заземляющее устройство для служебно-технического здания и для трансформаторной подстанции может быть общим, если трансформаторная подстанция расположена на территории этого здания (расстояние между служебно-техническим зданием и трансформаторной подстанцией менее 100 м). При этом устройстве заземлений должно входить в строительный раздел проекта служебно-технического здания.

При совмещении в одном здании СУПа и поста ЭЦ к рабочему или защитному заземляющему устройству дополнительно подключают устройства и цепи, указанные в пункте 2.5.

Сопротивление заземляющих устройств должны соответствовать нормам сопротивления заземления всех подключаемых устройств, в том числе трансформаторной подстанции при её расположении на территории служебно-технического здания и резервной электростанции или повторного заземления при расположении трансформаторной подстанции вне территории служебно-технического здания.

Нормы сопротивления заземляющих устройств приведены в табл. I приложения I.

2.2. Неослуживаемые усилительные пункты (НУП)

2.2.1. НУПы в металлических термокамерах.

При дистанционном питании по схеме "провод-земля" для последнего НУПа в полусекции ДП оборудуют:

при удельном сопротивлении грунта более 20 Ом.м: рабочее заземляющее устройство;

объединенное защитное заземляющее устройство;

измерительное заземляющее устройство;

при удельном сопротивлении грунта менее 20 Ом.м: *

рабочее заземляющее устройство;

защитное заземляющее устройство;

линейно-защитное заземляющее устройство.

При этом, в качестве защитного заземляющего устройства должны использоваться анодные электроды, устанавливаемые для защиты металлической термокамеры НУПа от почвенной коррозии.

При дистанционном питании по схеме "провод-провод" для всех НУПов /НРИ/, а также для промежуточных НУПов в полусекции ДП, питаемых по схеме "провод-земля", оборудуют:

при удельном сопротивлении грунта более 20 Ом.м: объединенное защитное заземляющее устройство;

два измерительных заземляющих устройства;

при удельном сопротивлении грунта менее 20 Ом.м:

защитное заземляющее устройство;

линейно-защитное заземляющее устройство;

измерительное заземляющее устройство.

При этом, в качестве защитного заземляющего устройства должны использоваться анодные электроды /протекторы/.

2.2.2. Наземные НУПы, совмещенные с постами ЭЦ.

При дистанционном питании по схеме "провод-земля" для последнего НУПа в полусекции ДП, независимо от удельного сопротивления грунта, оборудуют:

рабочее заземляющее устройство;

объединенное защитное заземляющее устройство;

измерительное заземляющее устройство.

При дистанционном питании по схеме "провод-провод" для всех НУПов /НРИ/, а также для промежуточных НУПов в полусекции ДП, питаемых по схеме "провод-земля" независимо от удельного сопротивления грунта, оборудуют:

объединенное защитное заземляющее устройство;

два измерительных заземляющих устройства.

Нормы сопротивления заземлений, учитывающие требования ГОСТ 464-79^х, "Правила устройства электроустановок" и "Правила защиты устройств проводной связи и проводного вещания от влияния тяговой сети электрифицированных железных дорог переменного

тока" приведены в табл.2 приложения I.

Нормы защитных заземляющих устройств согласованы с ВНИИЭА письмо И ШР-35/4 от 24.01.89.

Присоединения цепей и устройств к заземляющим устройствам в ИУПах указаны в таблице приложения 2.

2.3. Кабельные и воздушные линии дальней связи

2.3.1. Кабельные линии дальней связи

Заземление металлических оболочек и брони магистральных кабелей и кабелей ответвлений производят в соответствии с требованиями по технике безопасности, для выравнивания потенциала оболочек соседних кабелей в местах ввода и монтажа, для устранения блуждающих токов, повышения грозовых защитных свойств кабеля, а также обеспечения максимального защитного действия металлических оболочек кабеля от магнитного влияния тяговой сети переменного тока и высоковольтных линий напряжением свыше 35 кВ.

Заземление металлических оболочек и брони магистральных кабелей выполняют по концам и в середине усилительного участка в случае кабельных магистралей с аналоговыми системами передачи и на каждом регенерационном пункте при системах передачи с импульсно-кодовой модуляцией. В ОП или СУП металлические покрытия кабеля присоединяются к защитному или рабоче-защитному заземлению, в ИУП или ИИП к объединенному защитному или линейно-защитному заземлению, в середине усилительного участка - к линейно-защитному заземлению. Заземление металлических оболочек и брони магистральных кабелей и соединение их между собой выполняются

через КИП для возможности измерения сопротивления заземления и сопротивления изолирующих покрытий кабеля. Заземляющее устройство располагают, как правило, у соединительных или ответвительных муфт магистрального кабеля на расстоянии 3-5 м от трассы.

Нормы перечисленных заземлений в зависимости от вида тяги на ж.д. участке, приведены в табл. I приложения I.

Заземление металлических оболочек и брони кабелей и ответвлений выполняют при вводе их в служебные объекты (при этом используется заземление объекта). Оболочку и броню всех кабелей связи перепаяивают между собой медным тросиком сечением не менее 10 мм² и подключают к защитному заземляющему устройству объекта.

Подключение металлических оболочек и брони к защитному заземляющему устройству в постах ЭЦ производят на щитке трех земель, на других линейных служебных объектах - на клеммах кабельной концевой стойки или на двухштырных клеммах устанавливаемых в зданиях служебных объектов.

Соединения металлических оболочек и брони кабелей с заземляющими устройствами производят кабелем ВВГТх10 на участках с автономной тягой и кабелем ВВГТх16 на участках с электрической тягой. Сопротивление защитного заземления на линейных объектах в местах установки промежуточных пунктов избирательной связи должно быть не более значений, приведенных в табл.2 приложения I.

Оболочку кабеля ответвления к энергообъекту изолируют от оболочки магистрального кабеля с помощью одной (в случае ответвления к посту секционирования) или двух (при ответвлении к тяговой подстанции) изолирующих муфт. Кабель ответвления должен быть с металлической оболочкой в шланговом изолирующем покрытии (ТЭПАШп) и проложен по территории энергообъекта в асбестоцемент-

ной трубе. Кожух бокса и металлическая оболочка введенного в здание тяговой подстанции кабеля длиной $10 + 20$ м заземляется на контур заземления энергообъекта.

Металлические оболочки кабелей ответвления в других объектах тягового электроснабжения (посты секционирования ПС, пункты параллельного соединения ППС, автотрансформаторные пункты АТП) должны быть изолированы от металлоконструкций, металлических корпусов оборудования и внутрь указанных объектов не заходят. Включение кабелей ответвлений в ПС, ППС, АТП должно производиться на бокс стойки кабельной перегородки СКП-С, установленной вблизи объектов тягового электроснабжения. От СКП-С до ПС, ППС, АТП прокладываются кабели без металлической оболочки в асбестоцементных или пластмассовых трубах.

При вводе кабелей связи и СЦБ в релейные шкафы и стойки СКП на участке с электротягой металлические оболочки кабелей для избежания прожога и электрокоррозии необходимо изолировать от корпуса шкафа и перепаять между собой. Для заземления кабеля ответвления в релейный шкаф (РШ) необходимо оболочку, перепаянную с броней, соединить с металлической оболочкой кабеля электроснабжения РШ, а при отсутствии оболочки на последнем - с нивольными заземлением ВЛ СЦБ. Для этого от заземления до РШ прокладывают заземляющий стальной оцинкованный провод диаметром 5-8 мм или кабель ВВГ 1х16.

Если кабель ответвления не имеет наружного полиэтиленового манга, выполнять заземление не требуется.

2.3.2. Воздушные линии дальней связи

Заземления на линиях связи устраиваются для:

защиты вводных камер и кабельных вставок от пробоя изоляции или кабелей при возникновении перенапряжений на линии во время гроз;

защиты вводных устройств на телефонных и телеграфных станциях и усилительных пунктах при ударе молнии в линию поблизости от оконечных устройств;

защиты деревянных опор от расщепления их молниями.

Заземление производится молниезащитой, т.е. проводником, проложенным вдоль опоры сверху донизу и заземленным на конце.

Молниезащиты устанавливаются:

на всех угловых, переходных, кабельных, разрезных, контрольных опорах;

на опорах магистральных воздушных линий связи при подходе их к оконечным и промежуточным усилительным пунктам и кабельным вставкам (каскадная защита);

на поврежденных когда-либо молнией опорах, а также на новых опорах, установленных взамен поврежденных.

Молниезащиты выполняются из стальной оцинкованной проволоки диаметром 4-5 мм (или двумя проволоками диаметром 3 мм), которую прикрепляют к столбу оковами, расположенными на расстоянии 30 см друг от друга. Изгибы проволоки по столбу не допускаются.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала на участке обложения и пересечения воздушной линии с ВЛ и электрифицированной железной дорогой на опорах, оборудованных молниеотводами за включением опор, где включаются разрядники, молниеотводы должны иметь воздушный промежуток 50 мм на высоте $1,5 \pm 0,2$ м.

Заземление молниеводов, в зависимости от удельного сопротивления грунта и требуемой нормами величины сопротивления заземляющего устройства может быть выполнено в виде:

спуска молниевода, направленного вдоль подземной части столба;

вытянутого горизонтального луча (являющегося продолжением молниевода), закопанного в землю вдоль линии на глубине 0,5 - 0,7 м, нескольких вытянутых горизонтальных лучей из стальной проволоки, заложённых в землю на глубине 0,7 м;

вертикальных электродов.

При устройстве заземления молниевода в виде вытянутого горизонтального луча сопротивление заземляющего устройства в зависимости от длины вытянутой проволоки и грунтов будет иметь значения приведённые в табл. I.

Таблица I

ρ Ом.м	Сопротивление протяжённого проволочного заземлителя, R, Ом, при его длине l , м					
	1	2	3	4	5	6
100	80	45	32	25	20	17

В таблице даны значения сопротивления заземляющего устройства при удельном сопротивлении грунта $\rho = 100$ Ом.м, без учёта импульсного коэффициента. Для других значений ρ , сопротивление заземляющего устройства рассчитывается по формуле:

$$R = R^I \cdot \frac{\rho \cdot l}{100}, \text{ Ом}$$

где: R^I - сопротивление заземлителя по табл. I;

ρ - удельное сопротивление грунта, Ом.м

l - импульсный коэффициент, определяемый по табл. 2.

Таблица 2

Тип заземлителя	Длина заземлителя м	Величина импульсного коэффициента (l) при удельном сопротивлении грунта Ом.м				
		до 50	51+100	101+300	301+500	501+1000
Вертикальный из уголкового стали или прутковой	2 + 3	I	0,8	0,6	0,4	0,35
	5 + 10	I	0,9	0,7	0,5	0,4
Горизонтальный проволочный или полосовой	10+20	I,05	0,95	0,78	0,65	0,5
	20+30	I,2	I,1	0,95	0,73	0,52

В случае, когда при данном удельном сопротивлении грунта величина сопротивления одиночного заземлителя не удовлетворяет требуемой норме, устраивается многоэлектродный (многолучевой) заземлитель.

Нормы сопротивления защитных заземляющих устройств для воздушных линий связи ВЛС даны в табл. 3 приложения I.

Сопротивления заземляющих устройств для металлической оболочки кабеля, экрана кабеля с неметаллическими оболочками при подвеске их на опорах столбовых и стоечных линий, каната, применяемого для подвески кабелей, а также для корпуса телефонных распределительных шкафов типа ШР и ШРП, в которые включаются кабели,

должно быть не более значений, указанных в табл.3 (п.п.1-5) приложения I.

2.4. Заземляющие устройства для герметичных пунктов АСУ билетно-кассовых операций "Экспресс-2", информационно-вычислительных пунктов АСУЖТ.

При проектировании объектов АСУ с микропроцессорными техническими средствами, питаемыми от сети переменного тока напряжением 380/220 В без мотор-генераторов и раздельных трансформаторов) необходимо выполнять следующие требования:

1. Корпуса аппаратуры подлежат заземлению.

2. При трехпроводном шнуре питания (рис.1а приложения 6) соединение корпуса аппаратуры с нулевой жилой пункта распределительного (ПР) осуществляется через заземляющий контакт трехпроводной розетки (РН-П-20-01Р43-01-10/220).

3. При двухпроводном шнуре питания (рис.1б приложения 6) соединение корпуса аппаратуры с нулевой жилой ПР должно осуществляться самостоятельным проводником. Для этой цели используются специальные заземляющие зажимы на корпусах аппаратуры и ПР.

4. Сопротивление заземляющего устройства, к которому должен быть подключен корпус аппаратуры, не должно превышать величин, нормируемой техническими условиями на аппаратуру.

5. При проектировании объектов АСУ, в которых микропроцессорные технические средства размещаются в существующих зданиях, необходимо знать величину существующего заземляющего устройства, подключенного к вводному щиту. Если эта величина превышает нормируемую для данной аппаратуры, то необходимо предусмотреть дополнительные электроды заземления в количестве, обеспечивающем

вместе с существующим заземляющим устройством, нормируемую величину сопротивления.

6. В том случае, когда в микропроцессорных технических средствах имеются отдельные выводы (зажимы) информационных магистралей (рис.2 приложение 6) эти выводы (зажимы) должны соединяться с помощью штатных кабелей или перемычек с опорным узлом защитного заземляющего устройства.

2.5. Служебно-технические здания централизации, централизации и блокировки

В залах ЭЦ, горючей автоматической централизации (ГЦ), залах и вышках маневренных районов оборудуют:

защитное заземляющее устройство;

для измерительных заземляющих устройства.

К защитному заземляющему устройству должны быть подключены: каркасы релейных стоек, секции шкафов и пульта манипулятора, шкафы маневренного диспетчера;

стенды для проверки блоков;

металлические оболочки кабелей СЦБ и связи, элементы схем защиты, молниезащиты;

кабельности, кабельные шкафы, конструкции для прокладки кабелей в подполье;

каркасы аппаратуры станционной связи;

заземляющие проводки станционной и внешней радиосвязи;

полюсы источников постоянного тока для устройств связи;

металлические части силового оборудования (щит выключения питания, кожухи силовых трансформаторов ТС, каркасы панелей питающей установки, щит автоматики и корпус дизель-генератора ре-

вертной электростанции), которые подлежат заземлению при изолированной нейтралю и занулению при глухозаземленной нейтрали питающей сети переменного тока;

металлические трубопроводы водопровода и центрального отопления и другие металлические конструкции внутри здания;

провод нейтрали обмоток трансформаторов силовой трансформаторной подстанции и собственной резервной электростанции, питающей оборудование поста ЭЦ. При этом заземляющее устройство для поста ЭЦ и для трансформаторной подстанции может быть общим, если трансформаторная подстанция расположена на территории поста ЭЦ (расстояние менее 100 м).

Если трансформаторная подстанция расположена вне территории поста ЭЦ (на расстоянии более 100 м) то выполняют защитное заземление и соединяют его с заземленной нейтралю трансформаторной подстанции.

Сопротивление заземляющих устройств поста ЭЦ должны соответствовать нормам сопротивления заземления всех подключаемых устройств, в том числе трансформаторной подстанции при ее расположении на территории поста ЭЦ и резервной электростанции, питающей оборудование поста ЭЦ, или повторного заземления при расположении трансформаторной подстанции вне территории поста ЭЦ.

Приоединение рельсов к контуру заземления и использование их в качестве заземлителя поста ЭЦ, служебного помещения ДСП или релейной будки запрещается.

Нормы сопротивления заземляющих устройств приведены в табл. I приложения I.

2.6. Сооружения радиосвязи

Рекомендации раздела распространяются на сооружения передвижной (ПРС) станционной (СРС) радиосвязи, двусторонней парковой громкоговорящей связи (ДГС) и односторонней индуктивной связи.

При проектировании сооружений радиосвязи заземляющее устройство используется для обеспечения:

электробезопасности;

полноты связи;

заданной величины КЦД антенн гексаэдрового диагонального устройства подключения стационарных радиостанций к направляющим линиям.

Для обеспечения требуемой электробезопасности заземление всех видов аппаратуры сооружений радиосвязи, устанавливаемых внутри служебно-технических зданий, осуществляется и соединяется ее к защитному заземляющему устройству, предназначенному для заземления устройств СИБ и связи, при этом следует руководствоваться положениями, изложенными в главе I.7 "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ Энергоиздат г.Москва 1986 г.).

На участках электропитания постоянного и переменного тока по условиям электробезопасности заземления волноводных и запитываемых проводов, устройств высокочастотной обработки направляющих линий и громкоговорителей, размещаемых на конструкции контактной сети, должно осуществляться на рельсы в соответствии с рекомендациями, приведенными в "Правилах и нормах по проектированию передвижной радиосвязи" ЦИ 2901 и дополнения к ним - система об изменении "Правил и норм по проектированию передвижной радиосвязи" № ЦПроект Т-1/33 от 24.06.82, в альбоме "Конструкции волноводов передвижной радиосвязи" инв.№ 950/2 и в альбоме типовых проектных

решений "Двусторонняя парковая связь для двух и более руководителей" ИП-46-87, "Инструкции по заземлению устройств электрооборудования на электрифицированных железных дорогах" (ИЭ 4173).

Для снижения потенциалов до норм электробезопасности на устройствах ПРС, размещаемых на конструкциях высоковольтно-сигнальных линий автоблокировки, предусматривается заземление этих устройств.

В первую очередь при проектировании должен рассматриваться вариант совмещения заземления устройств ПРС с высоковольтным заземлением линии автоблокировки. Если такое совмещение трудно осуществлять, для устройств ПРС предусматривается самостоятельное заземляющее устройство, величина сопротивления которого выбирается в соответствии с рекомендациями ЭИ-7 для высоковольтного заземления и имеет значения, приведенные в табл.4.

Таблица 4

Приближенное удельное сопротивление грунта, Ом.м	50	100	200	300	500	1000	2000	4000
Максимальная величина сопротивления заземляющего устройства, Ом	10	10	15	15	15	20	30	30

Волноводные провода, подвешиваемые на самостоятельных опорах, сопрягающиеся через высокочастотные устройства с высоковольтными линиями, должны быть заземлены для защиты от опасных напряжений, которые могут возникнуть при нарушении электроизоляции в

высокочастотных устройствах. Помимо заземлений самих высокочастотных устройств, на волноводном проводе выполняются промежуточные заземления, расстояние между которыми должно быть не более 400 м. Заземления осуществляются через высокочастотный контур.

Величина сопротивлений заземляющих устройств выбирается по табл. 4.

Для защиты от опасных влияний кабелей сети ДПС, подверженных магнитному влиянию тяговой сети переменного тока, должно предусматриваться заземление их в соответствии с нормами на опасные напряжения и техническими решениями, принятыми для устройств СЦБ, приведенными в "Методических указаниях по проектированию автоматики, телемеханики и связи на ж.д. транспорте" И-81-77, раздел 2.10.

Парковые переговорные устройства ППУ-М не подлежат заземлению независимо от рода тяги участка, на котором проектируется ДПС.

Молниезащита антенн, установленных на служебно-технических зданиях и отдельно стоящих башнях или мачтах, осуществляется путем подсоединения токоотводов антенны к общему заземляющему устройству зданий, башен и мачт.

Если на расстоянии до 200 м от антенны имеется заземленная металлическая конструкция выше антенны на 10 м, антенны молниезащиты не подлежат.

При проектировании молниезащитного заземляющего устройства руководствоваться нормами и рекомендациями "Инструкции по проектированию молниезащиты радиообъектов" ВСН-1-77 Минсвязи СССР и "Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений" РД 34.21.123-87.

Для обеспечения расчетной дальности действия ПРС при использовании Г-образных антенн и запитывающих устройств на воздушных линиях связи и однопроводных волноводах, должен использоваться высокочастотный заземлитель с сопротивлением не более 10 Ом на частотах ПРС.

Этому условию во всех случаях удовлетворяет заземляющее устройство в виде блинчатых или лучевых, уложенных в грунт по рекомендациям, приведенным в "Правилах и нормах по проектированию поездной радиосвязи" ЦИ МПС 2901.

Если выполнение этих рекомендаций вызывает значительные трудности, допускаются следующие решения:

подключение Г-образных антенн к защитному заземляющему устройству служебно-технического здания, если антенна предназначена для обеспечения уверенной радиосвязи только в пределах ж.д. станции;

подключение Г-образной антенны к защитному заземляющему устройству служебно-технического здания, если расчеты, выполненные с учетом поправочного коэффициента K_T подтверждают обеспечение заданной дальности действия радиосвязи.

Значение поправочного коэффициента K_T приведено в табл.5.

На поправочный коэффициент K_T нужно умножить значение величины К.П.Д. антенны, при расчетах по методике, приведенной в "Правилах и нормах по проектированию поездной радиосвязи" ЦИ МПС 2901.

Таблица 5

Сопротивление растеканию тока промышленной частоты заземлителя, Ом	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Значение коэффициента K_T	0,92	0,88	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,62	0,6

Подключение запитывающих проводов защитному заземляющему устройству, если расчеты выполненные с учетом поправочной величины затухания $\Delta A_{\text{нв}}$ подтверждают обеспечение заданной дальности действия радиосвязи.

Значение поправочной величины затухания $\Delta A_{\text{нв}}$ приведено в табл.6.

Поправочную величину затухания $\Delta A_{\text{нв}}$ нужно добавлять к значению $A_{\text{нв}}$ при расчетах по методике, приведенной в "Правилах и нормах по проектированию поездной радиосвязи" ЦИ МПС 2901.

Таблица 6

Сопротивление растеканию тока промышленной частоты заземлителя, Ом	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Значение поправочной величины затухания $\Delta A_{\text{нв}}$, дБ	0,22	0,43	0,59	0,75	1,00	1,18	1,36	1,46	1,65

При проектировании сетей технологической радиосвязи в метровом и дециметровом диапазонах волн должны предусматриваться молниезащиты антенн, используемых в этих сетях, в соответствии с рекомендациями, изложенными в "Инструкции по проектированию молниезащиты радиосвязей (ВСН-1-77, Минсвязь СССР), с учетом категории грозоопасности этих сетей.

При грозовых антеннах (АВ-1) должна предусматриваться отдельный молниеприемник, возвышающийся над антенной на 1-2 м и отстоящий от антенны на расстоянии не менее 2-х метров.

Если расстояние 2 м связано со значительным увеличением конструкторских решений, оно может быть уменьшено до 1 м, но при этом коэффициент усиления антенны должен быть не более чем на 2 дБ.

При грозовых антеннах (АВ-2, АВ-3, АВ-4, АВ-5, ТССО-СГ4, ТССО-СГ6, четверть волновые диполь (ДВ-7) и др.) молниеприемник не требуется, т.е. грозовозащитная антенна обладает достаточной электрической прочностью для выполнения функций токоведущей.

На электрифицированных линиях при установке антенны на металлических мачтах, отстоящих от контактной сети на расстоянии менее 5 м, в целях исключения замыка потенциалов рельсов и служебно-техническое здание, в фидер, соединяющий антенну с радиостанцией должно включаться устройство гальванической развязки антенны (УГВА).

3. КОНСТРУКЦИЯ ЗАЕМЛИТЕЛЕЙ И ИХ СООРУЖЕНИЕ

Спротивление защитного или рабоче-защитного заземляющего устройства должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей (проложенные под землей металлические трубы, металлические конструкции, арматура зданий и их бетонных фундаментов и другое, за исключением трубопроводов горючих и взрывоопасных жидкостей, канализации, центрального отопления и питьевого водопровода, расположенных вне служебно-технического здания).

В качестве заземлителей могут быть использованы железобетонные фундаменты служебно-технических зданий, СЦБ и связи.

Железобетонные фундаменты этих зданий можно использовать в качестве заземлителей при воздействии неагрессивных или слабоагрессивных грунтовых вод, т.е. при отсутствии гидронефтяных или при защите поверхности фундаментов битумной или битумно-лакокрасочной пленкой. Не допускается использование железобетонных конструкций в заземляющих устройствах в средне- или сильноагрессивных средах, а также в грунтах с влажностью менее 3 %.

В случае невозможности использования естественных заземлителей необходимо соорудить искусственные заземлители.

Углубленные вертикальные заземлители изготавливаются из углеродистой стали 50х40х5 мм длиной 2,5 м и соединяются между собой при помощи стальной полосы 4х40 мм. При расположении заземлителей квадратной конфигурации, последние соединяют между собой вертикально из такой же полосы. Расстояние между вертикальными заземлителями должно быть не менее удвоенной длины заземлителя.

Искусственные вертикальные заземлители рекомендуется брать диаметром до 20 мм. Заземлители из прутка диаметром 12 мм и длиной

до 10 м целесообразно погружать в землю, посредством ввертывания. Для ввертывания используют переносные вращательные станки, электрические сверлилки, электродрели с редукторной приставкой; можно также применить двигатель от пилы "Дружба" и т.д. Для облегчения ввертывания конец прутка заостряют или приваривают к заостренному концу лопатки.

Заземлители из прутка диаметром 20 мм длиной 10 и 15 м делают из секций по 1,5 - 2,5 м. Для забивки используют вибраторы, козлы, гидропресс. Секции соединяют сваркой с помощью отрезка уголка. На верхний конец секции надевают съемный боек, предохраняющий при забивании торец секции от расплющивания.

Трубчатые вертикальные заземлители диаметром 150 или 200 мм длиной 10-15 м забивают в землю с помощью электрических пневматических молотков и копров. Длина секции - 3-5 м. Секции между собой свариваются. В верхний конец секции при забивке вставляют стальной вкладыш.

При монтаже многоэлектродных заземляющих устройств прутковые и трубчатые заземлители соединяют между собой, как и уголко-вые, стальной полосой 4x40 мм с помощью сварки.

При устройстве заземлений одновременно со строительными работами по установке фундамента (ленточного или плитного) до заливки котлована, заземлители размещают по периметру открытого котлована с внутренней стороны. Заземлители забивают так, чтобы верхний конец уголков был на 0,3 м выше дна котлована вырытого под фундамент. Расстояние между заземлителями 2,5 или 5,0 м и в зависимости от размеров здания.

В том случае, если общее сопротивление заземляющего устройства окажется выше нормы, то в непосредственной близости от зда-

ния устраняют дополнительное заземляющее устройство.

Глубинные (скважинные) заземлители в каменистом или скальном грунте, а также в районах вечной мерзлоты выполняют после предварительного бурения. Способ выполнения глубинных заземлителей приведен в разделе 6.

Устройство заземлений с использованием вертикальных заземлителей различной конструкции приведены на рис. I-4 приложения 4.

4. ИСКУССТВЕННОЕ УМЕНЬШЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Для уменьшения сопротивления заземляющего устройства следует применять вертикальные заземлители в котлованах с грунтом-заполнителем. Котлован рекомендуется делать радиусом 1 м и глубиной, равной длине заземляющей стержня (см. табл. 7 приложения 4). В качестве грунта-заполнителя могут быть применены любой грунт, имеющий удельное сопротивление в 10-15 раз меньше удельного сопротивления основного грунта. Например, если заземление устраивается в пещаном или известном грунте, то заземлителями могут быть - глина, торф, чернозем, суглинок, кон, влак и т.п.

В скальных и других грунтах, где рытье отдельных котлованов невозможно, рекомендуется при выполнении подобных работ делать один общий котлован для всего контура заземления. Размеры котлована зависят от количества заземлителей.

Наиболее целесообразны многорядные контуры заземлений.

При устройстве заземлений в глинах грунтах с грунтом-заполнителем
$$R_{расч} = \frac{\rho}{K}$$

Значение коэффициента К для вертикальных заземлителей из угловой стали 50x50x5 длиной 2,5 м при размещении их в котлованах радиусом (r) 1 м и 2 м приведено в табл. 7.

Таблица 7

Удельное сопротивление грунта, Ом.м	К при удельном сопротивлении грунта-заполнителя, Ом.м					
	2,5		60		150	
	поко камельчатый		чернозем		глина	
	r = 1 м	r = 2 м	r = 1 м	r = 2 м	r = 1 м	r = 2 м
300	3,0	5,0	2,22	3,0	1,53	2,0
500	"	"	2,49	3,5	1,93	2,5
1000	"	"	2,74	4,0	2,38	3,0
2000	"	"	2,88	4,5	2,67	4,0
3000	"	"	2,93	4,5	2,78	4,0
5000	"	"	2,97	5,0	2,87	4,5

При расположении заземлителей в общем котловане значения коэффициента К принимаются:

при расстоянии между заземлителями равным длине вертикального заземлителя - по графам r = 1 м,

при расстоянии между заземлителями равным двойной длине заземлителя - по графам r = 2 м.

При строительстве количество электродов должно уточняться по результатам измерений сопротивления заземления. Количество устанавливаемых электродов может отличаться от запроектированного как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения.

По окончании работ по устройству заземления должно быть измерено его электрическое сопротивление. Если норма не достигнута, количество вертикальных электродов или протяженность горизонтального заземлителя должны быть увеличены.

В исключительных случаях, с целью снижения удельного сопротивления грунта и получения необходимой нормы сопротивления заземления (если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта) может быть применена обработка грунта солью. Для указанной цели следует применять соли, не увеличивающие коррозии стали: нитрат натрия и гидрат окиси кальция. Не следует применять хлористый натрий, хлористый кальций, купорос и т.д.

5. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

В несоблюдаемых усилительных пунктах при схеме питания ДП "провод-земля", для устройства рабочего заземления рекомендуется применять только стержневые вертикальные заземлители длиной 2,5 м. Кроме того, уголкового заземлители этой длины рекомендуется применять во всех случаях, когда для получения необходимой величины сопротивления заземлений требуется их количество по превышает 40 шт.

Рекомендуется широко применять устройство заземлений, кроме рабочего заземления НУП с ДП по схеме "провод-земля", из прутковых вертикальных заземлителей диаметром 12 мм, длиной 5 м.

В стесненных территориальных условиях, а также в местах с удельным сопротивлением грунтов выше 300 Ом.м, кроме скальных грунтов и районов вечной мерзлоты, рекомендуется устройство заземлений из прутковых вертикальных заземлителей длиной 10 или 15 м, в исключительных случаях при наличии механизмов могут быть применены трубчатые заземлители диаметром 150 мм длиной 10 или 15 м.

В скальных грунтах рекомендуется применять уголкового вертикальные заземлители длиной 2,5 м, помещаемые в котлованы с грунтом-заполнителем.

Длина прутковых и скважинных заземлителей определяется в зависимости от нахождения грунтовых вод. Длина заземлителя должна быть выбрана таким образом, чтобы нижний конец его находился ниже на 0,5 м нижнего уровня грунтовых вод. В этом случае удельное сопротивление грунтов, определенное по таблицам в зависимости от геологических данных увеличивается примерно в 2,5 раза.

6. УСТРОЙСТВО ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗАЛОТ

6.1. Общие положения

В районах вечной мерзлоты исходными данными для рационального выбора и проектирования заземляющих устройств должны быть результаты геологических и геофизических исследований.

Изыскания следует производить на проводке, где будет строиться служебно-техническое здание СЛБ и связи и на прилегающей к ней территории, а также по трассе воздушной или кабельной линии автоматики и связи с целью выявления участков с повышенным удельным сопротивлением (глины, водосы, руды и угельные пласты и др.), в которых можно выполнять вертикальные заземлители по условиям, аналогичным районам умеренного климата (т.е. по нормативам, не требующим учета повышенного электрического сопротивления вечномёрзлого грунта), а также с целью определения структуры и специфических особенностей грунта на участках строительства.

В качестве заземлителей могут быть использованы стальные железобетонные фундаменты служебно-технических зданий.

В районах вечной мерзлоты электрические параметры верхнего слоя грунта подвержены сильным сезонным колебаниям. Вследствие этого рекомендуется применять глубинные заземлители, т.к. удельные сопротивления нижних слоев более стабильны.

Выгода применения глубинных заземлителей в случаях, когда удельное сопротивление грунта на большой глубине меньше, чем на поверхности, не вызывает сомнений. Даже при однородном строении грунта, глубинные заземлители дают экономию металла. При большом удельном сопротивлении грунта две электрода многоэлектродном

заземлителя (на коротких электродах) будет расти не пропорционально удельному сопротивлению грунта, а быстрее, так как применение большого числа электродов ведет к снижению коэффициента использования электродов и к значительно большему увеличению их веса. Конструкция заземлителей в этих же условиях в виде глубинного дает значительную экономию металла.

В табл.8 приведен для сравнения расход металла для устройства заземлителей различной конструкции и глубины. Из таблицы видно, что наиболее эффективным является устройство заземлителей из полосы 4x40 мм и уголка 50x50x5 мм, а также, что увеличение длины электродов более 10 м в однородном грунте к значительной экономии металла не приводит.

Таблица 8

Конструкция заземлителя	Длина вертикальных заземлителей, м	При удельном сопротивлении грунта 1000 Ом.м		
		количество заземлителей шт	R_z , Ом	Вес, кг
Уголок 50x50x5 мм	2,5	200	4,32	2490
	5,0	100	4,31	2490
	10	35	4,34	1748
	15	24	4,27	1798
	30	12	4,3	1798
	50	7	4,34	1748
	70	5	4,25	1748
	100	3	4,74	1498
	150	2	4,4	1309

Продолжение табл. 8

Конструктив заземлителя	Длина вертикального заземлителя, м	При удельном сопротивлении грунта 1000 Ом.м		
		Количество заземлителей шт.	R_{Σ} , Ом	Вес, кг
Полоса 4 x 40 мм	10	38	4,2	327
	15	26	4,12	1022
	30	13	4,05	1022
	100	3	4,33	795
	150	2	4,12	785
Труба $d = 100$ мм толщ. стенки 4 мм	10	34	4,0	3051
	15	21	4,1	3333
	30	11	4,2	3544
	100	3	4,7	3222
	150	2	4,1	3033
Труба $d = 150$ мм толщ. стенки 4 мм	10	30	4,17	4632
	15	21	4,07	4962
	30	11	3,95	5095
	100	3	4,7	4632
	150	2	4,1	4443

Горизонтальные заземлители зависят от природы и структуры грунта, места расположения в нем слоя высокой проводимости и наличия специального бурового оборудования.

Для глубоких заземлителей скважину следует бурить через всю толщу вечноммерзлого грунта до таких пород, обладающих более

высокой проводимостью по сравнению с верхними слоями мерзлых грунтов. В зависимости от мощности вечноммерзлого грунта глубина скважины может достигать нескольких десятков и сотен метров. При устройстве углубленного скважинного заземлителя глубина скважины обычно не превышает 20 м.

Углубленные заземлители целесообразно располагать в котлованах вдоль ленточных фундаментов зданий.

Расположение заземлителей в непосредственной близости от здания будет способствовать получению стабильных значений сопротивления заземления, мало подверженных воздействию сезонных колебаний температур.

Заземляющие устройства, устраиваемые под фундаментами зданий следует считать одним из основных видов заземлений для условий районов вечной мерзлоты.

В качестве сезонных заземлителей, рекомендуемых для заземления молниезащитов, искроопасных разрядников каскадной защиты и др., в южных районах распространения вечноммерзлых грунтов, где период грозовой деятельности совпадает со временем оттаивания деятельного слоя грунта, следует применять горизонтальные протяженные заземлители. В северных же районах распространения вечноммерзлых грунтов, в которых оттаивание деятельного слоя происходит позднее начала грозовой деятельности, целесообразно устраивать вертикальные заземлители, состоящие из углубленных вертикальных и горизонтальных протяженных заземлителей.

Для применения в районах с вечноммерзлыми грунтами ВНИИЭТом МПС и ЦНИИСом Минтрансотрса разработаны заземляющие устройства с электроподогревом грунта. В настоящее время эти устройства

промышленности не выпускаются и поэтому в данных "Методических указаниях" не рассмотрены.

Расчеты сопротивления заземлителей различных конструкций приведены в разделе 10.

6.2. Конструкции заземлителей

6.2.1. Заземлители с использованием железобетонных фундаментов зданий

Все металлические и железобетонные элементы здания должны быть соединены между собой таким образом, чтобы они образовывали непрерывную электрическую цепь. Вертикальная арматура свай должна быть соединена с арматурой ростверка или арматурой фундамента электродуговой сваркой.

В однопэтажных зданиях арматура фундамента должна быть соединена в четырех точках со стальными полосами сечением 4x40 мм, продолженными к внутреннему заземляющему контуру здания. В зданиях насчитывающих больше одного этажа, непрерывная электрическая цепь между железобетонными колоннами и фундаментами, а также соединение железобетонных колонн с фермами и балками должны осуществляться либо путем непосредственной сварки арматуры отдельных элементов железобетонных конструкций, либо путем приварки к рабочей арматуре каждого элемента закладных деталей с последующим привариванием к ним металлических перемычек.

Закладные перемычки рекомендуется выполнять в виде металлических равнобоких уголков 63x63x5 длиной 60 мм, а металлические перемычки - в виде арматурных стержней диаметром не менее 12 мм. Приварка закладных деталей к рабочей арматуре колонн,

арматурному каркасу стальных фундаментов или других железобетонных элементов производится ручной дуговой электросваркой.

6.2.2. Глубинные заземлители

Для установки электрода бурится скважина диаметром 220 мм. (Рис.5, приложение 4). Устье скважины обсаживается грубами на глубину, равную мощности наносов плюс 2 м. Это предотвращает осыпание грунта при бурении и установке заземлителя. Заземлитель может быть выполнен из полосовой стали с сечением 4x40 - 4x60 мм. К нижнему концу заземлителя из полосовой стали прикрепляется груз 30-60 кг, под воздействием которого заземлитель спускается в скважину. Скважина заполняется топкодисперсным грунтом, например, смесью глины с песком в равных долях с добавкой 10-15% поваренной соли (по объему). Приготавливается смесь при положительных температурах. Влажность смеси доводится до такой степени, при которой грунт еще не теряет свойства сыпучести. Однако, влажность должна быть не менее 20-25%. Бурение скважины ниже горизонта обсадки следует вести так, чтобы в скважине постоянно находился раствор поваренной соли. При бурении периодически контролируют сопротивление растекания опущенного в скважину бурового снаряда, которое приблизительно равно сопротивлению заземлителя, установленного в скважине. Такой контроль позволяет прекратить проходку при снижении сопротивления до заданной величины и избежать лишних затрат.

6.2.3. Углубленные заземлители под фундаментами зданий

Заземлители этого вида выполняются при ленточных фундаментах. Заземлители размещают по периметру открытого котлована для фундамента, с внутренней стороны.

С отметки установки фундаментов бурятся скважины глубиной 13 м с креплением обсадной трубой с муфтовыми соединениями и начальным диаметром 163 мм.

В скважину устанавливается вертикальный электрод из уголко-вой стали 50x50x5 длиной 15 м и заливается глинистый /суглини-стый/ раствор. Затем, обсадная труба должна быть извлечена для дальнейшего ее использования.

Для обеспечения хорошего контакта поверхности заземлителя с грунтом заливка должна производиться под давлением. В случае монтажа вертикальных заземлителей в холодное время заливку скважины вести горячим раствором с добавлением соли.

Между собой заземлители соединяют /сваркой/ стальной поло-сой размером 4x40 мм. Контур заземляющего устройства должен быть соединен с арматурой железобетонных конструкций здания.

В том случае, если общее сопротивление заземлителя, контур которого находится под фундаментом здания, окажется выше преду-смотренной нормы, то в непосредственной близости от здания ус-таивают дополнительный заземлитель.

6.2.4. Вносные заземлители.

Вносные заземляющие устройства устраивают:

- в местах с грунтом, имеющим значительно меньшее удельное сопротивление, чем в месте нахождения объекта;
- в водоемах /прудах, озерах, реках/, не промерзающих до дна;
- в талых грунтах /талых/.

Тип заземлителя выбирают после изысканий, расчета количества заземлителей и определения затрат.

Сопротивление соединительной линии /кабельной или воздушной/ для вносных заземлителей не должно превышать 10% от нскл-

нального сопротивления заземлителя.

Для вносных заземлителей в водоемах служат контуры типов "гребенка" (см. рис. 6 приложения 4), "решетка" или "клетка".

Внос заземлителя может быть выполнен в талые грунты - "талых".

При выборе размеров заземлителя, устраиваемых в грунтовых талых, необходимо учитывать, что в районах Крайнего Севера час-то встречаются грунтовые талых, которые летом оттаивают, а зи-мой промерзают на глубину 4-15 м, что зависит от характера та-лика, рельефа местности и толщины снежного покрова. Использовать такие талых следует только при более глубоком заложении элект-родов заземлителей (15-20 м).

Конструкции заземлителей приведены в разделе 3 .

6.2.5. Углубленные заземлители с перфорированными трубами.

В морзлых глинистых грунтах целесообразно применять сква-жины с трубчатыми электродами, перфорированными по всей длине, заглубляемые до 8-10 м. Эти трубы заполняются под давлением тон-кодисперсным грунтом, который через перфорацию поступает в сква-жину. Обсадная труба длиной до 3 м из скважины не извлекается и имеет крышку-выкладку для повторного введения тонкодисперсного грунтов. Для получения стабильных значений сопротивлений зазем-лителей в зимнее время должны приниматься меры по утеплению по-верхности земли в месте расположения заземлителей. Одной из та-ких мер является засыпка площадки над контуром заземлителя теп-лоизолирующими материалами (например, древесными опилками, шла-ком и др.) слоем, толщиной до 0,5 м. Засыпка производится в кон-це осени до наступления морозов. Весной материал обязательно очи-

маются до осени. Снежный покров поверх настла является дополнительным теплоизолирующим средством. Для задержки снега вокруг площадки рекомендуются установить щиты.

Для покрытия площадки, занимаемой заземлителем, применяют светопрозрачные полихлорвиниловые пленки. Полихлорвиниловые пленки имеют толщину 1 мм и шириной 5 м спаривают с помощью установки в полевых условиях или на заводе. Края пленки закрепляются шпильками в грунте.

6.2.6. Буровое оборудование

Для устройства глубинных заземлителей глубиной 20 м могут быть использованы следующие буровые установки БТС-150, БУ-20-2М, УГБ-50М; для заземлителей длиной до 100 м - БУ-20-2М, УГБ-50М, для заземлителей длиной более 100 м - УГБ-50 и АУЗ-ГМ.

Перечисленные установки могут быть использованы для бурения скважин в грунтах любых пород и обеспечения скважины диаметром достаточным для установки в них заземлителя (электродов диаметром 200 мм).

БТС-150. Установка смонтирована на тракторе, имеет помпу с компрессором ДК-9. Эта машина дает возможность бурить скважины диаметром от 150 до 225 мм, глубиной до 23 м. Работу ведут по роторному бурению. Компрессор ДК-9 используется для нагнетания под давлением в скважину после установки электрода глинистого раствора.

БУ-20-2М. Станок ударно-канатного бурения предназначен для бурения скважин под взрыв. Диаметр скважины 220 мм. Глубина скважин до 100 м (предпочтительно до 60 м).

УГБ-50М. Установка с вышкой на автоходу на базе машин ГАЗ-63 и 66. Способы бурения: шнековый, колонковый и ударный. Глубина скважины до 100 м и более.

АУЗ-ГМ. Установка на гусеничном ходу. Способ бурения шарошечный. Глубина скважины до 100 м и более. Используется для скальных грунтов.

Комплекс работ по погружению электродов заземлителя из круглой стали диаметром 14-16 мм и длиной до 5 м в грунт I-III групп и соединении их с кабелем сваркой рекомендуется выполнять с использованием агрегатов АУЗ и АУЗ-Г. Оба варианта агрегатов построены на базе сварочного агрегата АД-3П12У1. В агрегате АУЗ к нему подсоединены компрессор ПК-1,75 и пневмударная машина ПУМ-3 для забивки электродов. В агрегате АУЗ-Г к двигателю сварочного агрегата подсоединена электростанция с синхронным генератором ЕСС5-61-ЧУ2, щитом ЩУП64-4ЧУ2 и установкой для ввертывания электродов УВЭГ-16. Агрегаты АУЗ и АУЗ-Г смонтированы на одновосном прицепе ТАПЗ-755 или двухосном прицепе 2-ПН-2 модели УТОВ. Время забивки одного электрода 4-5 мин.

Погружение вертикальных электродов длиной 1,5 - 2,5 м производят с помощью копров, вибраторов, гидрпрессов методом ввертывания (при стержневом электродах).

При бурении скважин в грунте под вертикальные электроды заземлитель рекомендуется использовать устройство БР-2. Это устройство состоит из корпуса с рукояткой и штанги с лопаткой и предназначена для бурения скважины глубиной до 2,5 м, диаметром 0,25 м в грунтах I-III групп. Масса устройства 4,65 кг.

7. РАСПОЛОЖЕНИЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Заземители различного назначения на площадке служебно-технического здания размещают исходя из условий их удобного расположения на местности и исключения взаимного влияния между ними.

Рекомендуется основной заземлитель располагать по периметру здания и выполнять его одновременно со строительными работами по установке фундаментов до засыпки котлованов.

При расположении заземлителей на прилегающих к служебным объектам площадках, вертикальные заземлители могут быть расположены в ряд, по контуру или в виде многорядных контуров. Расположение заземлителей в ряд является предпочтительным, так как при таком расположении коэффициент использования заземлителей лучше, чем при расположении их по контуру.

На площадке служебно-технического здания контуры рабочего и защитного заземлителей следует располагать не далее 20 м от здания и не ближе 20 м от контура измерительного заземлителя.

Контур рабоче-защитного заземлителя следует располагать не далее 20 м от здания и не ближе 20 м от магистральных кабелей и контуров измерительных заземлителей.

Контуры защитного и линейно-защитного заземлителей подземных НУП (НРП) должны быть расположены не далее 10-15 м от металлического корпуса термокамеры НУП (НРП) и не ближе 20 м от контуров рабочего и измерительного заземлителей.

Расстояние от контура рабочего заземлителя до термокамеры НУП и кабеля без изолирующих покрытий должно быть не менее указанного в табл. 10.

Таблица 10

Рабочий ток в цепи ДП "провод-земля", А	Минимально допустимое расстояние (м) контура рабочего заземлителя до термокамеры и кабелей связи без изолирующих покрытий
0,25	15
0,5	20
1,0	30
1,5	40
2,0	60
3,5 - 5	100

Контур измерительного заземления следует располагать не ближе 40 м от кабелей.

Электроды протекторной защиты располагают около термокамеры с разных сторон на расстоянии 6 м.

Контур линейно-защитного заземлителя, оборудуемого в середине усилительного участка или у ответвления к тяговой подстанции, следует располагать от кабельной магистрали не далее 3-5 м.

8. ВВОД ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ ПРОВОДНИКОВ В СЛУЖЕБНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗДАНИЯ

Вводы от каждого контура заземлителя в здания выполняются: от защитного или рабоче-защитного - как правило, стальной шиной сечением не менее 100 мм²,

от рабочего и измерительных - силовыми неизолированными кабелями, с алюминиевой жилой сечением не менее 25 мм² и 6 мм² соответственно.

Все три ввода подаются на щиток трех земель, где соединяются параллельно и разъединяются лишь на период проведения измерений защитного или рабоче-защитного заземлений.

Количество вводов от защитного или рабоче-защитного заземлителей следует предусматривать:

при электроснабжении здания по схеме с глухозаземленной нейтралью - один ввод. В качестве второго ввода следует предусматривать нулевые защитные проводники силовых кабелей, проложенных от трансформаторных подстанций в здание, в котором они должны быть соединены с защитным или рабоче-защитным заземляющим устройством;

при электроснабжении здания по схеме с изолированной нейтралью - два ввода, присоединенные к контуру наружного заземления в разных местах.

Ввод от защитного и рабоче-защитного контуров заземлителей в здание до щитка заземлений выполняется полосовой сталью /шиной/ размерами 4x40 мм, изолированной от земли и стенов здания асфальтовым или каким-либо другим изолирующим и водостойким лаком. Соединение электродов со стальной полосой выполняется сваркой /см. рис. I-4,7 приложение 4/.

В местах прохода шин через стены здания она должна быть

защитная планка из индустриального материала (фибриновое или сабонитовая трубка). Внутри здания шина пропитана и оштукатурена толщиной 30 см.

Виды кабелей внешнего фидера предусматривать из стальной жилы (оплетки) стены здания.

Ввод от рабочего и измерительных контуров заземлителей в здание предусматривается оплетками изолированными кабелями с алюминиевой жилой.

Служебный кабель, выполненный алюминиевыми жилами, соединяется со стальной шиной контура при помощи сталеалюминиевой переходной вставки, штыри которой предварительно электроизолированы (покрыты слоем эпоксидной смолы). Переходная вставка на месте устройства заземления приваривается к стальной шине и соединительной шине контура, а алюминиевым концом - к алюминиевой жиле кабеля.

Место соединения жил кабеля с переходной вставкой должно быть покрыто эпоксидной смолой и залито битумной мастикой.

При установке у саркофага-монумента организационной массы для охраны разрабатывается программа следящего действия (соединения).

Если линия воздушная на расстоянии 50 м. Вдоль стальной шины устанавливается алюминиевый контакт при кабеле необходимого сечения. Задвижные колеса и направляющие устанавливаются в местах прохода и места ступицы прохода. На месте контура заземлителя стальной стержень приваривается к соединительной шине данного контура, а в качестве изолятора жила кабеля и соединяется с штырем-наконечником в 5-6 местах.

На стальной стержневой шине стальной проводник и направляющие устанавливаются битумной мастикой.

В подземные НУП (НРП) от контуров рабочего, защитного, линейно-защитного и измерительного заземлителей, а также от электродов протекторной защиты предусматривается прокладка заземляющих проводников в соответствии с типовыми проектными решениями соответствующих НУП (НРП) систем передачи.

9. ПРОВОДКА ЗАЗЕМЛЕНИЯ В СЛУЖЕБНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

9.1. Узлы связи

В узлах связи, оборудуется одно рабочее-защитное или защитное заземляющее устройство и два измерительных.

Для заземления аппаратуры ЛАЗов предусматривается от шитки трех земель или от общей заземленной шины выпрямительной или заземляющих проводки: неизолированная и изолированная от общих металлических масс аппаратуры.

К первой проводке, неизолированной, подключаются стойки, имеющие неизолированные заземляющие клеммы, а ко второй - клеммы заземления, изолированные от каркасов стоек. В ЛАЗах, в которых устанавливается только аппаратура, имеющая неизолированные от общих металлических масс аппаратуры заземляющие клеммы, прокладывается только одна проводка - неизолированная.

Каждая из проводок - изолированная и неизолированная подается в ЛАЗ и магистральным шином, прокладываемым вдоль главного прохода ЛАЗа. От магистральных шин делаются ответвления на рядовые шины, прокладываемые вдоль каждого ряда стоек. Магистральная и рядовые шины изолированной проводки изолируются от общих металлических масс аппаратуры. Отводы к аппаратуре от рядовых шин для заземления стоек, стоек осуществляется проводом АЛБВ.

Для магистральной и рядовой проводки используются алюминиевые шины, сечение которых определяется расчетом. Использование металлических конструкций ЛАЗа, а также каркасов стоек в качестве заземляющих проводок не допускается.

Для заземления стоек, стоек и других металлоконструкций АТС, УАК, АТ-ПС-ИД необходима прокладка от шитки трех земель или

от общей заземленной шины выпрямительной неизолированной стальной шины из полосовой стали сечением 4x25 мм. Вдоль рядов аппаратуры прокладываются рядовые шины из стальной ленты сечением 4x15 мм, а отводы к аппаратуре выполняются проводом АПВ 6.

Последовательное включение в заземляющую цепь каркасов или иных металлоконструкций не допускается. Все соединения стальных шин между собой выполняются при помощи сварки. В технологических помещениях шинная проводка проходит по кабельростам.

Для зануления каркасов аппаратуры, питаемой от сети переменного тока, используется третья жила питающей проводки, которая подключается к нулевой фазе в выпрямительной на входе ввода переменного тока.

9.2. НУПы.

Во всех НУПх, питаемых по схеме "провод-провод" и в промежуточных НУПх в полусекции ДП, питаемых по схеме "провод-земля", оборудуется одна проводка заземления - защитная, которая не изолируется от металлических конструкций. В отдельных НУПх проводка заземления обычно выполняется кабелем, в остальных НУПх проводка может быть выполнена аналогично ДАЭам.

В последнем НУПе в полусекции ДП, питаемом по схеме "провод-земля" выполняются две проводки: рабочая и защитная. Рабочая проводка рабочего заземления изолируется от металлических конструкций НУПа, а проводка защитного заземления не изолируется.

9.3. Посты централизации

При электроснабжении по схеме с централизацией питания следует предусматривать зануление всех корпусов на центральный

подключенных до разделительного трансформатора, в том числе и разделительного трансформатора.

Для заземления корпусов оборудования, устанавливаемого в постах централизации, включенного после разделительного трансформатора, предусматривается внутренний контур заземления.

Магистральная шина контура заземления, подключаемая к щитку трех земель, выполняется из полосовой стали, сечением 4x25 мм, ответвления - стальной лентой сечением 4x15 мм. Для заземления используются также стальные трубы для прокладки кабелей и проводов, а в резервной электрогенции и щитовой - металлическое обрамление кабельных каналов. Все соединения заземляющих элементов выполняются сваркой. На магистральной шине предусматривается приварка болтов М8x40 в количестве, достаточном для заземления оборудования СЦБ и связи, устанавливаемого при монтаже. Каждое устройство заземляется самостоятельным проводником, выполняемым для устройств СЦБ из круглой стали диаметром 5 мм, а для устройств связи - проводом АПВ 6.

Заземляющие шины прокладываются открыто: в сухих помещениях непосредственно по стенам, в котельной - на расстоянии от стен не менее 10 мм, в аппаратной - в каналах под съемными щитами, в коридорах - по стенам ниже подшивного потолка.

Для зануления корпусов однофазных электроприемников используется третья жила питающей проводки. Заземление светильников 220 В выполняется присоединением арматуры к нулевому проводу групповой сети непосредственно в светильнике, а в помещениях аккумуляторной, кислотной и шлюза заземление светильников выполняется отдельной жилой (третьей) в питающем кабеле.

Ю. РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЕМЛИТЕЛЕЙ

Ю.1. Расчет сопротивления заземлителя с использованием свайного фундамента здания.

Методика и пример расчета приведены во "Временных рекомендациях по проектированию и сооружению заземляющих устройств аппаратуры СЩБ и связи в районах с вечномарзлым грунтом". Изд. 1988 г.

Расчет выполняется на ЭВМ серии ЕС по программе НЗСЭИ, инвентарный номер 50870000384. Исходными данными для расчета являются размеры здания по периметру a и b , среднее расстояние между сваями, длина свай, мощность слоев (h_i), удельное сопротивление грунта по осям (ρ_i).

При расчете применяют шестислойную модель грунта (см. рис. приложение 6). Мощность слоев определяется как

$$\sum_{i=1}^6 h_i = 2\sqrt{a^2 + b^2}, \quad \text{где } a \text{ и } b \text{ размеры}$$

здания по периметру. Сваи расположены в трех верхних осях. Мощность слоев определяется в соответствии с данными геоэлектрического разреза. Мощность верхнего ося равна высоте деятельного ося.

Если $\rho_2 = \rho_3$, то $h_2 = h_3 = (H_{св} - h_{3c})/2$

если $\rho_4 = \rho_5 = \rho_6$, то $h_4 = (\sum_{i=1}^6 h_i - H_{св})/3$, $h_5 = 3h_4$, $h_6 = 9h_4$

если $\rho_5 = \rho_6$, то $h_5 = (\sum_{i=1}^6 h_i - H_{св} - h_4)/4$, $h_6 = 3h_5$

Ориентировочный расчет выполняется следующим образом:

$$R_3 = 0,52 \frac{\rho_3}{\sqrt{S}}, \quad \text{Ом}$$

где: S - площадь здания, м²

ρ_3 - эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом.м

При многослойной структуре грунта ρ_3 определяется из выражения

$$\frac{H_{св}}{\rho_3} = \frac{h_1}{\rho_1} + \dots + \frac{h_n}{\rho_n}; \quad H_{св} = h_1 + \dots + h_n$$

Ю.2. Расчет сопротивления заземлителя с использованием ленточного железобетонного фундамента здания.

Методике расчета приведена в ГОСТе 12.1.030-81 "Электробезопасность. Защитное заземление, зануление".

При использовании железобетонных фундаментов зданий в качестве заземлителей сопротивление растеканию заземляющего устройства (R) рассчитывается по формуле:

$$R = 0,5 \frac{\rho_3}{\sqrt{S}}, \quad \text{Ом}$$

где S - площадь здания, м²,

ρ_3 - удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли, Ом.м

ρ_3 - определяется по формуле:

$$\rho_3 = \rho_1 (1 - e^{-\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S}}}) + \rho_2 (1 - e^{-\beta \frac{\sqrt{S}}{h_1}}), \quad \text{Ом.м}$$

где ρ_1 - удельное электрическое сопротивление верхнего ося земли, Ом.м,

ρ_2 - удельное электрическое сопротивление нижнего ося земли, Ом.м,

h_1 - толщина верхнего ося земли, м

α, β - безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений ося земли

Если $\rho_1 > \rho_2$ $\alpha = 3,6$, $\beta = 0,1$

если $\rho_1 < \rho_2$ $\alpha = 1,1 \cdot 10^2$, $\beta = 0,3 \cdot 10^{-2}$

Под верхним слоем следует понимать слой земли, удельное сопротивление которого ρ_1 более чем в 2 раза отличается от удельного электрического сопротивления нижнего слоя ρ_2

Ю.3. Расчет сопротивления прутковых, трубчатых и угольных заземлителей

Количество одиночных электродов заземлителя определяется в зависимости от заданных нормативных (R_n) величин сопротивления заземляющих устройств и удельного сопротивления грунта (ρ , Ом.м).

Величину удельного сопротивления грунта желательно определять путем электрических измерений в месте размещения заземляющих устройств с учетом поправочных коэффициентов на влажность и промерзание грунта. В настоящем "Разделе" способ измерения удельного сопротивления грунта не рассматривается, для оценки величины удельного сопротивления грунта приведены таблицы средних величин (см. приложение 3).

При использовании в расчете средних величин удельное сопротивление грунта в соответствии с "Руководством по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов" следует вводить поправочный коэффициент $K = 1,75$, принимаемый одинаковым для всей территории СССР. Этот коэффициент введен при расчете таблицы для определения количества вертикальных угольных заземлителей длиной 2,5 м и горизонтальной соединительной полосою. (Приложение 9).

При многослойной структуре грунта среднее значение удельного сопротивления грунта ρ может быть рассчитано по равенству:

$$\rho = \frac{\sum h}{\frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2} + \dots + \frac{h_n}{\rho_n}}, \quad \text{Ом.м}$$

где h_1, h_2, \dots, h_n - толщина слоя грунта, м

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ - удельное сопротивление грунта соответствующих слоев, Ом.м

Расчет заземлителей в "Методических указаниях" произведен по нижеприведенным формулам.

Сопротивление вертикального заземлителя определяется из равенства:

$$Z_c = \kappa \frac{\rho}{2\ell} \left(\ln \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4\ell + 7h}{\ell + h} \right), \quad \text{Ом}$$

где κ - поправочный коэффициент,

ρ - удельное сопротивление грунта, Ом.м

ℓ - длина заземлителя, м

d - внешний диаметр трубы или прутка, м,

для заземлителя, выполненного из уголка $d = 0,95 b$ м

где b - ширина стороны уголка, м,

h - расстояние от поверхности земли до верхнего конца вертикального заземлителя, м.

Сопротивление группы вертикальных электродов $R\ell$ определяется равенством

$$R\ell = \frac{Z_c}{\eta \cdot n}, \quad \text{Ом}$$

где η - коэффициенты использования вертикальных заземлителей (см. приложение 7),

n - количество одиночных вертикальных заземлителей.

Сопротивление горизонтального заземлителя в виде вытянутой металлической полосы Z_r определяется по формуле

$$Z_r = \frac{\rho}{x \ell} \kappa \ln \frac{15 \ell}{\sqrt{b h}}, \text{ Ом}$$

где b - ширина полосы, м

h - глубина прокладки полосы, м.

Сопротивление горизонтальных заземлителей в ряду из вертикальных $R_{гр}$ и в контуре из вертикальных $R_{гк}$ определяется соответственно из равенств:

$$R_{гр} = \frac{Z_r}{\eta_{гр}}, \text{ Ом}$$

$$R_{гк} = \frac{Z_r}{\eta_{гк}}, \text{ Ом}$$

где $\eta_{гр}$, $\eta_{гк}$ - коэффициент использования горизонтальных заземлителей соответственно в ряду и в контуре (см. приложение 7).

Полное сопротивление R об вертикальных заземлителях, соединенных с помощью горизонтальных, определяется по формуле:

$$R_{об} = \frac{R_в \cdot R_r}{R_в + R_r}, \text{ Ом}$$

$R_r = R_{гр}$ - при расположении заземлителей в ряд;

$R_r = R_{гк}$ - при расположении - по контуру

При расчете сопротивления заглубленных (10-15 м) и глубоких (20-30 м) вертикальных заземлителей коэффициенты использования ($\eta_{гр}$, $\eta_{гк}$) принимались по таблице для соотношения $\frac{a}{L} = 2$.

При расчете окважинных заземлителей сопротивление соединительной полосы не учитывалось.

В двухслойном грунте Z_1 и Z_2 для контурного заземляющего устройства могут быть определены из выражения:

$$z = A_1 \rho_2$$

где A_1 - обобщенный параметр, определяемый по табл. I, 2 приложение 8.

В табл. I.2 дана зависимость параметра A_1 соответственно одиночного вертикального и горизонтального заземлителей от геоэлектрических параметров двухслойной земли.

ρ_2 - удельное сопротивление второго слоя грунта, Ом.м.

При геометрических размерах вертикальных электродов и соотношении ρ_1/ρ_2 , отличных от приведенных в табл. I, 2 приложение 8, сопротивление вертикального электрода рассчитывается по ранее приведенным формулам с заменой ρ на эквивалентное удельное сопротивление ρ_3 . Если электрод находится целиком в верхнем или нижнем слое, ρ_3 равно соответственно ρ_1 и ρ_2 . Если электрод находится в двух слоях, то эквивалентное удельное сопротивление определяется по формуле:

$$\rho_3 = \frac{\rho_1 \rho_2 \ell}{\rho_1 (\frac{\ell}{2} + h - h_1) + \rho_2 (\frac{\ell}{2} - h + h_1)} \text{ Ом, м}$$

где h_1 - высота верхнего слоя, м

Сопротивление многорядных контуров рассчитано по ранее приведенным формулам:

сопротивление $R_{об}^{\text{II}}$ двухрядного контура

$$R_{об}^{\text{II}} = \frac{R^{\text{I}} \cdot R^{\text{II}}}{(R^{\text{I}} + R^{\text{II}}) \eta_3^{\text{II}}}, \text{ Ом}$$

сопротивление трехрядного контура

$$R_{об}^{\text{III}} = \frac{R_{об}^{\text{II}} \eta_3^{\text{II}} \eta_3^{\text{III}} \cdot R^{\text{III}}}{(R_{об}^{\text{II}} \eta_3^{\text{II}} + R^{\text{III}}) \eta_3^{\text{III}}}, \text{ Ом}$$

сопротивление четырехрядного контура

$$R_{об}^{\text{IV}} = \frac{R_{об}^{\text{III}} \eta_3^{\text{III}} \eta_3^{\text{IV}} \cdot R^{\text{IV}}}{(R_{об}^{\text{III}} \eta_3^{\text{III}} + R^{\text{IV}}) \eta_3^{\text{IV}}}, \text{ Ом}$$

где

$\gamma_1^I, \gamma_2^II, \gamma_3^III$ - коэффициент использования соответственно второго, третьего и четвертого контура,
 $R_1^I, R_2^II, R_3^III, R_4^IV$ - сопротивления однорядных контуров.

При расчете $\gamma_1^I = 0,75, \quad \gamma_2^II = 0,73, \quad \gamma_3^III = 0,7.$

Количество электродов заземляющих устройств при реальном проектировании может быть определено в зависимости от заданной величины сопротивления R_n и удельного сопротивления грунта ρ по таблицам и номограммам, приведенным в приложении 2.

После определения количества вертикальных заземлителей может оказаться, что расположить их все контурами вокруг здания невозможно. В этом случае рекомендуется часть заземлителей расположить в любом удобном направлении в ряд, параллельный к контурам. Если расположить необходимое количество вертикальных заземлителей вокруг здания невозможно, размещаются дополнительные заземлители, расположенные в ряд или по контуру, размещать на прилегающей и техническому зданию свободной площадке, соблюдая требования, приведенные в разд. "Расположение заземляющих устройств".

Сопротивление дополнительного заземлителя R_g определяется по формуле:

$$R_g = \frac{R_k \cdot R_n}{R_k + R_n}, \quad \text{Ом}$$

где R_k - сопротивление основного контура или нескольких контуров, которые можно расположить вокруг здания, Ом

R_n - номинальное сопротивление из таблицы ном.

Расчет по соответствующим таблицам, определяют количество дополнительных вертикальных заземлителей.

При определении количества вертикальных заземлителей, помещаемых в котлованах с грунтом-заполнителем или в коксо-вую мелочь, следует руководствоваться указаниями по уменьшению удельного сопротивления основного грунта, приведенным в разделе 4.

10.4. Расчет сопротивления горизонтальных заземлителей.

Сопротивление заземлителя в виде вытянутой полосы определяется по формуле:

$$R = \frac{\rho}{\pi l} k \ln \frac{1,5 l}{\sqrt{b h}}, \quad \text{Ом}$$

где b - ширина полосы, м
 k - поправочный коэффициент

Сопротивление заземлителя круглого сечения определяется по формуле:

$$R = \frac{\rho}{\pi l} k \ln \frac{l}{\sqrt{d h}}, \quad \text{Ом}$$

где d - диаметр проволоки, м

Сопротивление протяженного заземлителя в виде сетки рассчитывается по формуле:

$$R = 0,5 k \frac{\rho}{\sqrt{S}}, \quad \text{Ом}$$

где $S = A \cdot B$, м где A - ширина сетки, м

B - длина сетки, м

Сопротивление заземлителя в виде проволочного кольца определяется по формуле:

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \kappa \ln \frac{5D}{\sqrt{a}h}, \text{ Ом}$$

где D - диаметр кольца заземлителя, м
 h - глубина заделки, м

Сопротивление кольцевого ленточного заземлителя определяется по формуле

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \kappa \ln \frac{7D}{\sqrt{b}h}, \text{ Ом}$$

где b - ширина полосы, м

10.5. Расчет сопротивления многоручевых горизонтальных заземлителей.

Общее сопротивление многоручевого заземлителя определяется по формуле:

$$R_{об} = \frac{\rho}{\pi \ell n} \left[\ln \frac{4\ell}{a} - 1 + N(n) \right], \text{ Ом}$$

где ℓ - длина луча, м
 n - число лучей

$$N(n) = \sum_{k=1}^{n-1} \ln \frac{1 + \sin \frac{\pi k}{n}}{\sin \frac{\pi k}{n}}$$

Значение функции N/n при некоторых значениях n приведены в табл.3.

Таблица 3

n	2	3	4	5	6	12
N/n	0,7	1,53	2,45	4,42	6,5	11,9

При $n > 6$ функция

$$N(n) \approx (n-1) \ln 3,4(4 - \ln n)$$

10.6. Расчет сопротивления заземлителей, погруженных в грунт - заполнитель

Сопротивление растекания тока одиночного вертикального заземлителя, помещенного в грунт-заполнитель, например, в конусную крестовку /молоч/, рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{1}{2\pi \ell} \left[\rho_n \ln \frac{2\ell}{z_0} + \frac{1}{2} (\rho - \rho_n) \ln \frac{\sqrt{z_0^2 + z_0^2} \cdot \ell}{\sqrt{z_0^2 + z_0^2} - \ell} \right], \text{ Ом}$$

где ρ - удельное сопротивление основного грунта, Ом.м
 ρ_n - удельное сопротивление грунта-заполнителя, Ом.м
 z_0 - радиус стержня заземлителя, м /для стального уголкового заземлителя $z_0 = 0,95r$, где r - сторона уголка/
 z - радиус выемки котлована, м
 ℓ - глубина котлована, приблизительно равная длине заземлителя, м.

10.7. Расчет сопротивления заземляющих устройств, вносимых в незамерзающие и непересыхающие водоемы

При расстоянии от заземленного объекта до заземляющего устройства 0,5 - 0,6 км расчет проводится по следующей упрощенной формуле:

$$R_{общ} = R_{кон} + R_{сп}$$

где $R_{кон}$ - сопротивление растеканию тока контура заземляющего устройства

$R_{сп}$ - сопротивление растеканию тока соединительной полосы /провода/.

Сопротивление контура подсчитывается так:

$$R_{кон} = \frac{R_{зуб} R_k}{R_{зуб} + R_k}$$

где $R_{зуб}$ - сопротивление растеканию тока с зубьев гребенки

R_k - сопротивление растеканию тока с коллектора гребенки

В свою очередь,

$$R_{зуб} = \frac{\xi_{зуб}}{n \eta}, \text{ Ом}$$

где $\xi_{зуб}$ - сопротивление растеканию тока с одного зуба.

n - число зубьев гребенки.

η - коэффициент использования зубьев

При длине зуба 50 м и шаге между ними $A=15$ м, при

количестве зубьев $n=10$, рекомендуется принимать $\eta=0,57$.

Величина $\xi_{зуб}$ отыскивается по приведенным в табл. II

данным для протяженных заземлителей при $\rho=100$ Ом.м в

зависимости от длины зуба.

Фактическое значение $\xi_{зуб}$

$$\xi_{зуб} = \xi_{зуб} \frac{\rho'}{\rho}$$

где $\xi_{зуб}$ - значение взятое по табл. II

За расчетное ρ - следует принимать удельное сопротивление для водоема, увеличенное за счет влияния речной воды или уменьшенное за счет влияния морской воды на 20-40%.

Сопротивление коллектора гребенки также отыскивается по табл. II, в зависимости от его длины, определенной по формуле:

$$l = (n-1) a$$

где n - число зубьев

a - шаг между зубьями

Полученное значение R_k также должно быть умножено на отношение $\frac{\rho'}{\rho}$, где ρ' - расчетное удельное сопротивление дна, а $\rho=100$ Ом.м.

Для получения общего сопротивления $R_{общ}$ растеканию системы и расчет принимается сопротивление полосы $R_{сп}$

Для стальной полосы сечением 4x40 среднее значение,

$$R_{сп} = 3,48 l \text{ См/км.}$$

Таблица II.

ξ зуб. Ом при $\rho=100$ Ом.м при длине полосы, м

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
l3	0	6	5	4	3,5	3,0	2,8	2,5	2,3	

10.8. Расчет сопротивления глубинных заземлителей

Расчет сопротивления глубинных заземлителей следует производить по формулам, учитывая, по крайней мере, двухслойную структуру грунта с различными удельными сопротивлениями.

Сопротивление растекания тока единичного глубинного заземлителя рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{ра}} = \frac{\rho_2}{2\pi l} \ln \frac{2l}{D}, \text{ Ом}$$

где l - глубина скважины, м

D - диаметр обсадной трубы, м

ρ_2 - эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом.м

Расчет заземлителей сооружаемых в районах вечной мерзлоты, следует вести исходя из двухслойной структуры многолетне-мерзлого грунта, и которой можно привести реальную многослойную структуру. В многослойной структуре грунта целесообразно для верхних слоев мощностью h_1 и h_2 заменить одним эквивалентным слоем с мощностью, равной суммарной толще первых двух слоев $/ h_{\text{экв}} = h_1 + h_2 /$ и удельным сопротивлением, определяем из следующих соотношений: $\frac{h_1 \rho_{\text{кв}}}{\rho_{\text{экв}}} = \frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2}$

За второй слой геоэлектрического разреза всей толщи вечномерзлого грунта принимается третий слой реальной структуры.

При расчете скважинного заземлителя в трехслойном мерзлом грунте следует учитывать, что верхний слой, обычно имеющий небольшую мощность, оказывает незначительное влияние на сопротивление заземлителя. Поэтому с некоторым запасом по сопротивлению скважинной заземлитель следует рассматривать в двух-

слойном грунте ρ_2 и ρ_3 . Для количественных оценок $\rho_{\text{экв}}$ можно принять равным 10000 Ом.м.

Для предварительных количественных оценок эквивалентное удельное сопротивление двухслойной структуры грунта в зимнее время можно ориентировочно найти на следующих обозначениях. Если длина электрода скважинного /глубинного/ превышает мощность верхнего слоя и заземлитель достигает слоя положитель-ных температур, то можно принять равным 1000 Ом.м в противном случае $\rho_{\text{э}} = 1/3 + 5/\rho_2$.

Методические указания составили:

Исполнитель инженер

Т.А. Козлова

Рук. группы

Г.А. Николаев

Главный специалист:

С.Е. Кузнецов

Отдел ДС

Отдела ГАИ связи и радио

А.И. Харин

Продолжение таблицы 1

Объект	Система ДЗ	Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Сопротивление заземляющих устройств, R, Ом						Примечание	
			Равнозначное	Равнозначное		Звончатое		Искри-тельное		Искри-тельное
Длина 10 м	Диаметр 10 мм	Длина 10 м		Диаметр 10 мм	Длина 10 м	Диаметр 10 мм				
Пост ЭЦ, совмещенный с ВУВ	Провод-земля	До 100 св. 100 до 300 св. 300 до 700 св. 700	—	R = $\frac{10}{L \cdot d^2}$, но не менее 10		—		100	800	—
	Без ДЗ	До 100 св. 100 до 300 св. 300 до 700 св. 700		—		4	10	100	100	
Пост ЭЦ, совмещенный с ВЭС	Провод-земля	До 100 св. 100 до 300 св. 300 до 700 св. 700	—	R = $\frac{10}{L \cdot d^2}$, но не менее 10		—		100	—	—
	Без ДЗ	До 100 св. 100 до 300 св. 300 до 700 св. 700		—		4	10	100	—	

- В ОП и ВУВ равнозначное или звончатое заземляющее устройство является одновременно и линейно-звончатым.
- Безличка сопротивления равнозначного или звончатого заземляющего устройства узла связи, в составе которых имеются кроме ОП и ВУВ, также телефонные и телеграфные связи, должна соответствовать нормам, приведенным в табл. 2, но не должна превышать норм, приведенных в данной табл. 1.
- В наземных ИСП, а также в подземных металлических ИСП, не требующих заземления, термостатеры от почвенной коррозии, заземляющее устройство одновременно является линейно-звончатым.
- В числителе даны нормы на сопротивление заземляющих устройств при автономной тяге и электротяге постоянного тока, а в знаменателе — при электротяге переменного тока.

2. Нормы сопротивления линейно-звончатого, равнозначного или звончатого заземлений могут быть уменьшены (уменьшены) при одновременном использовании для звончатого электропередачи, электрифицированных железных дорог на переменном токе и действия коррозии. В этих случаях величины сопротивлений заземлений должны определяться расчетом в соответствии с действующими правилами и нормами.

Нормы сопротивления заземляющих устройств И-09-89

Копировать в Формат 23

Нормы сопротивления защитного заземляющего устройства для воздушных линий связи (ВЛЗ)

Нормы сопротивления заземлений телефонных станций, ЦБ (РМТС и АТС), телеграфных станций, промежуточных станций измерительной связи

Объект	Заземляющее устройство	Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Эквивалентная длина, м	Число вводов в станцию	Сопротивление, Ом	
					в ст. вкл.	в ст. вкл.
Телефонные станции, имеющие соединительные линии без изоляционных вставок в местах взаимного присоединения проводов	Звончатое	св. 100 до 100	св. 100 до 100	До 2 вкл.	10	15
					св. 300 до 500	20
То же	То же	св. 100 до 100	св. 300 до 500	св. 500	8	15
					10	20
Телеграфные станции, имеющие соединительные линии без изоляционных вставок (координатные и др.)	Равнозначное	в любом	в любом	До 25 вкл.	25	12
					5	3
То же	Равнозначное	в любом	в любом	св. 25 до 50	3	2.5
					5	2.5
Телеграфные станции, имеющие соединительные линии без изоляционных вставок (координатные и др.)	Звончатое	св. 100 до 100	св. 100 до 100	До 5 вкл.	10	10
					св. 300 до 500	20
Промежуточные пункты измерительной связи	Звончатое	св. 100 до 100	св. 100 до 100	До 5 вкл.	15	23
					св. 300 до 500	35
То же	Звончатое	св. 100 до 100	св. 300 до 500	св. 500	10	20
					10	25

Для телеграфных станций, где установлено до пяти телеграфных аппаратов, допускается не предусматривать устройство измерительных заземлений.

Нормы сопротивления заземляющих устройств И-175-89

Копировать в Формат 23

Тип магистрали	Базисная	К заземлению							
		Наземный НУП и НУП, совмещенный с постом ЭЦ				Подземный металлический НУП			
Тип НУП	ВУС	Левый НУП при ДП „провод-провод“ и промежуточный НУП при ДП „провод-земля“		Правый НУП при ДП „провод-земля“		Левый НУП при ДП „провод-провод“ и промежуточный НУП при ДП „провод-земля“		Правый НУП при ДП „провод-земля“	
		Заземление	Рабочее	Заземление	Рабочее	Заземление	Рабочее	Заземление	Рабочее
Система ДП	Провод-земля	Левый НУП при ДП „провод-провод“ и промежуточный НУП при ДП „провод-земля“	Правый НУП при ДП „провод-земля“	Левый НУП при ДП „провод-провод“ и промежуточный НУП при ДП „провод-земля“	Правый НУП при ДП „провод-земля“	Левый НУП при ДП „провод-провод“ и промежуточный НУП при ДП „провод-земля“	Правый НУП при ДП „провод-земля“	Левый НУП при ДП „провод-провод“ и промежуточный НУП при ДП „провод-земля“	Правый НУП при ДП „провод-земля“
Уд. сопротивление, Ом·м	Длина защитного, м	Для всех значений ρ		Для всех значений ρ		$\rho > 20$		$\rho < 20$	
Заземляющее устройство	Зачищенное	Рабочее	Защитное	Рабочее	Защитное (защитное)	Защитное (защитное)	Защитное (защитное)	Рабочее	Защитное (защитное)
Цены ДП	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Знаки разности и кресты стандартного монтажа	+	-	+	-	+	+	+	-	-
Разрядники	+	-	+	-	+	+	+	-	-
Металлический корпус НУП	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Классы аппаратурной связи	+	-	+	-	+	+	+	-	-
Полосы изоляции вспомогательного тока	-	-	+	-	+	+	+	-	-
Устойчивость к взрывчатке	-	-	+	-	+	+	+	-	-
Классы стандартных СЦБ	-	-	+	-	+	+	+	-	-
Металлические оболочки в блоках питания	-	-	+	-	+	+	+	-	-
То же, изоляторы СЦБ	-	-	+	-	+	+	+	-	-

Планирование цепей и устройство и заземляющих устройств в НУП

И-179-89

Копия В.С.

Формат 23

Значение удельных сопротивлений грунтов (ρ) при положительных температурах

Таблица 1

Грунт	ρ , Ом·м	Грунт	ρ , Ом·м
Гемитит	800	Пески влажные	400-500
Глина	60		400-600
Глина известняковая (~50%)	100	Пески водонасыщенная	100-300
Гранит крупнозернистый	1000		300-4000
Известняк влажный мелкозернистый, тус	3000	Суглинки твердые	200-350
Известняк влажный	180		300-500
Ильменит для реки	200	Суглинки глинистые	100-200
Качелистый уголь	130		200-300
Кварц известняковый	2,5	Суглинки пластичные	20-50
Контражерт	5770		50-120
Лесс	250	Суглинки твердые	100-300
Песчаные для реки	180		200-400
Речная вода (на равнинах)	40	Суглинки полутвердые	100-200
Сланец глинистый	4370		200-400
Мергель, влажный	600	Суглинки тугопластичные	80-120
Морская вода	1		200-400
Средняя земля	40	Суглинки мелкоглинистые	50-80
Торф	25		80-120
Чернозем	30	Суглинки мелкопластичные	20-50
Пески влажные	300-2000		30-50
	200-2000	Суглинки гекучие	10-20
			30-50

В знаменателе приведены ρ для песка, суглинка и суглинка с влажностью до 35%.

* Значения ρ — при отсутствии грунтовых вод.

Значение удельных сопротивлений грунтов при различных температурах и влажности

Таблица 2

Грунт	ρ , Ом·м		
	в сухом состоянии при 10-20% влажности	в сыром состоянии при температуре 1°	в сыром состоянии при температуре 3°
Пески	500	2000	5000 и более
Суглинки	500	600	1500
Суглинки пылеватый	100	400	1000
Глина	50	200	500
Суглинок тяжелый гравелистый	—	150	500 и более
Суглинок тяжелый пылеватый	50	—	1200
Суглинок отороченный	—	250	—
Личейномерзлотный озёр	50	—	—
Вода водоемов, проточных и стоячих	40-60	—	—
Ледяная вода речная	1000	—	—
Морская вода	300	—	—
Морская вода у берега летом	100	—	—
Морская вода у берега зимой	5	—	—

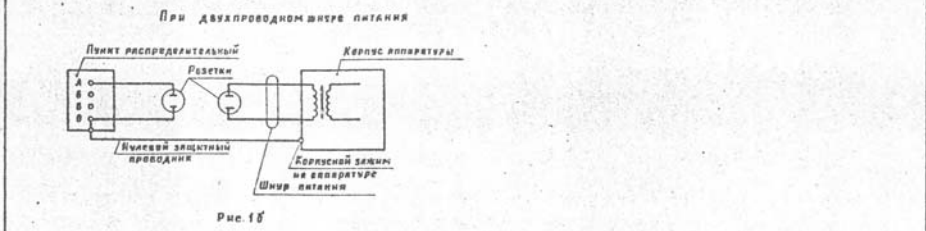
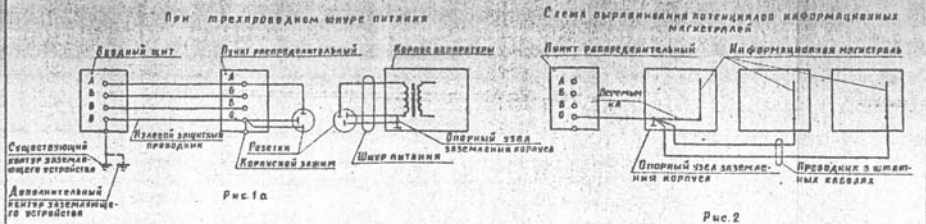
При устройстве свайного заземления в районах вечной мерзлоты ρ принимается при температуре грунта -1°С.

Удельное сопротивление грунтов

И-179-89

Копия В.С.

Формат 23



Схемы заземления аппаратуры и выравнивания потенциалов информационных магистралей
Копирова В. И-479-89

Коэффициент использования (k) для многоэлектродных заземлителей при $\rho \le 1$

Количество электродов	Коэффициент использования		Количество электродов	Коэффициент использования	
	по ряду	по контуру		по ряду	по контуру
2	0,8	0,67	12	0,32	0,56
3	0,79	0,8	13	0,31	0,55
4	0,77	0,76	14	0,30	0,54
5	0,74	0,72	15	0,30	0,53
6	0,74	0,72	16	0,29	0,52
7	0,67	0,65	17	0,29	0,51
8	0,67	0,62	18	0,28	0,51
10	0,58	0,53	19	0,28	0,50
12	0,5	0,57	20	0,27	0,50
14	0,47	0,55	22	0,27	0,49
16	0,42	0,52	24	0,26	0,48
18	0,42	0,52	26	0,25	0,47
20	0,42	0,52	28	0,24	0,46
22	0,40	0,58	30	0,24	0,45
24	0,40	0,58	32	0,23	0,44
26	0,38	0,63	34	0,23	0,44
28	0,36	0,61	36	0,22	0,44
30	0,35	0,6	40	0,21	0,43
32	0,34	0,58	44	0,20	0,42
34	0,33	0,57	48	0,19	0,39

Коэффициент использования (k) для многоэлектродных заземлителей при $\rho > 1$

Количество электродов	Коэффициент использования		Количество электродов	Коэффициент использования	
	по ряду	по контуру		по ряду	по контуру
2	0,90	0,82	12	0,39	0,70
3	0,90	0,88	13	0,39	0,70
4	0,85	0,85	14	0,38	0,69
5	0,86	0,83	15	0,37	0,68
6	0,82	0,81	16	0,36	0,68
7	0,79	0,79	17	0,35	0,68
8	0,76	0,77	18	0,34	0,67
10	0,72	0,75	19	0,33	0,67
12	0,70	0,73	20	0,32	0,66
14	0,65	0,72	22	0,31	0,65
16	0,65	0,72	24	0,31	0,65
18	0,56	0,70	26	0,30	0,64
20	0,55	0,70	28	0,30	0,63
22	0,55	0,70	30	0,30	0,62
24	0,48	0,78	32	0,29	0,62
26	0,45	0,75	34	0,29	0,61
28	0,43	0,74	36	0,28	0,60
30	0,42	0,73	40	0,28	0,59
32	0,41	0,72	44	0,26	0,57
34	0,40	0,71	48	0,24	0,55
36	0,40	0,71			

Коэффициент использования (k) для многоэлектродных заземлителей И-179-89

Приложение 8

Для одиночных стержневых вертикальных заземлителей

Таблица 1

Отношение удельного сопротивления грунта к удельному сопротивлению стержня заземлителя (ρ_1/ρ_2)	Значение A_i , м ² при								
	L=5 м при h_i , м			L=10 м при h_i , м			L=20 м при h_i , м		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5
0.5	0,182	0,142	0,145	0,107	0,093	0,082	0,060	0,056	0,052
	0,164	0,128	0,104	0,090	0,082	0,074	0,055	0,051	0,048
1	0,204	0,204	0,204	0,144	0,114	0,114	0,063	0,063	0,063
	0,187	0,187	0,187	0,104	0,104	0,104	0,057	0,057	0,057
5	0,225	0,322	0,626	0,120	0,144	0,170	0,063	0,070	0,076
	0,203	0,290	0,364	0,109	0,128	0,155	0,059	0,064	0,069
10	0,228	0,348	0,366	0,121	—	0,182	—	—	—
	0,205	0,314	0,280	0,110	—	0,165	—	—	—

d - диаметр электрода, м
 В числителе - значения параметра A_i при $d=0,02$ м
 в знаменателе - то же, при $d=0,04$ м
 Расстояние от поверхности земли до электрода $h_i=0,5$ м

Параметры A_i для расчета кон- турных заземлителей И-179-89

Угловые вертикальные заземлители 50x50x5 мм, L=2,5 м, d=5 мм

Таблица 1 Приложение 9

R, Ом·м	Число рядов заземлителей	Количество угловых заземлителей при сопротивлении заземления, Ом																							
		2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	200	300	600
40	В ряд	8	6	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	11	7	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
60	В ряд	14	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	20	11	8	6	5	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
80	В ряд	20	12	8	6	6	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	26	16	11	9	7	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
100	В ряд	16	11	8	7	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	36	22	14	11	9	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
150	В ряд	18	14	11	8	6	5	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	54	36	24	18	14	10	8	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
200	В ряд	21	16	11	8	7	6	5	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	77	47	36	26	22	14	11	9	8	7	6	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
250	В ряд	14	11	8	7	7	6	5	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	100	64	44	35	28	20	15	12	10	9	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
300	В ряд	18	14	11	8	7	7	6	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	156	78	54	43	36	24	18	15	12	11	10	9	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2
350	В ряд	16	13	11	10	10	8	7	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	92	68	50	40	28	22	18	14	14	12	11	10	8	6	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2
400	В ряд	21	16	13	12	11	10	8	7	6	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	110	76	60	48	36	26	22	17	16	15	13	12	9	7	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2
500	В ряд	17	14	12	11	10	8	7	6	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	160	100	78	66	46	36	28	24	22	20	17	16	11	9	8	6	5	4	4	3	2	2	2	2
600	В ряд	19	15	13	12	11	10	8	7	6	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	150	98	80	58	43	36	28	20	27	24	22	18	14	11	10	8	7	6	5	4	3	2	2	2
700	В ряд	21	16	14	13	12	11	10	8	7	6	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	120	90	70	52	42	36	32	28	26	20	17	14	12	10	8	8	6	5	4	4	3	2	2	2
800	В ряд	21	15	14	13	12	11	10	8	7	7	6	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	145	110	80	60	48	40	38	36	30	27	20	16	13	11	10	9	7	5	4	4	3	2	2	2
900	В ряд	22	16	15	14	13	12	11	10	8	8	6	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	135	90	70	56	46	43	40	36	30	23	18	16	13	11	10	8	6	5	4	4	3	2	2	2
1000	В ряд	22	16	15	14	13	12	11	10	8	7	7	6	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2
	В ряд	158	92	77	64	52	48	44	40	36	27	22	17	15	13	11	9	5	4	4	3	2	2	2	2

Определение количества вертикальных заземлителей И-179-89

Прутковые вертикальные заземлители, $d=20\text{мм}$, $l=15\text{м}$, $\alpha=15^\circ$

Таблица 4 Приложение 9

D, Ом-м	Ряды заземлителей	Количество прутковых заземлителей при сопротивлении заземления, Ом																						
		2	3	4	5	6	8	10	12	14	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90
40	В ряд	2	2	1																				
60	В ряд	3	2	2	1																			
80	В ряд	4	2	2	2	1																		
100	В ряд	4	3	2	2	2	1																	
150	В ряд	6	4	4	3	2	2	2	1															
200	В ряд	8	5	4	3	2	2	2	2	1														
250	В ряд	11	7	6	5	4	3	2	2	2	1													
300	В ряд	14	8	6	5	4	3	2	2	2	2	1												
350	В ряд	16	10	8	6	5	4	3	2	2	2	2	1											
400	В ряд	18	12	9	7	6	5	4	3	2	2	2	2	1										
500	В ряд	22	14	11	9	7	6	5	4	3	2	2	2	2	1									
500	В ряд	25	16	12	10	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	1								
700	В ряд	32	20	15	12	10	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	1							
1000	В ряд	40	25	18	14	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	1						
1000	В ряд	45	28	21	16	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	1					

Трехрядные вертикальные заземлители, $d=150\text{мм}$, $l=10\text{м}$, $\alpha=10^\circ$

Таблица 5 Приложение 9

D, Ом-м	Ряды заземлителей	Количество трехрядных заземлителей при сопротивлении заземления, Ом																						
		2	3	4	5	6	8	10	12	14	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	
40	В ряд	2	2	1																				
60	В ряд	3	2	2	1																			
80	В ряд	4	3	2	2	1																		
100	В ряд	4	3	2	2	2	1																	
150	В ряд	7	5	3	3	2	2	2	1															
200	В ряд	10	6	5	4	3	2	2	2	2	1													
250	В ряд	12	8	6	5	4	3	2	2	2	2	1												
300	В ряд	14	9	7	5	4	3	2	2	2	2	2	1											
350	В ряд	16	10	8	6	5	4	3	2	2	2	2	2	1										
400	В ряд	18	12	9	7	5	4	3	2	2	2	2	2	2	1									
500	В ряд	22	14	11	9	7	6	5	4	3	2	2	2	2	2	1								
500	В ряд	25	16	12	10	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	2	1							
700	В ряд	32	20	15	12	10	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	2	1						
1000	В ряд	40	25	18	14	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	2	1					
1000	В ряд	45	28	21	16	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	2	1				

Грунтовые вертикальные электроды $\phi=150\text{мм}$, $\epsilon=15\text{м}$, $\rho=15\text{М}$

Таблица 6 Приложение 9

89

Р. Ом.м	Расстояние между электродами, м	Количество грунтовых электродов при сопротивлении электрода, Ом																				
		2	3	4	5	6	8	10	12	14	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70
40	В ряд	2	1																			
	В шахматном порядке	2	2	1																		
60	В ряд	3	2	1																		
	В шахматном порядке	3	2	2	1																	
80	В ряд	4	3	2	1																	
	В шахматном порядке	4	3	2	2	1																
100	В ряд	5	3	3	2	2	1															
	В шахматном порядке	6	4	3																		
150	В ряд	7	4	3	3	2	2	2	1													
	В шахматном порядке	8	5	4	3																	
200	В ряд	8	6	4	3	3	2	2	2	2	1											
	В шахматном порядке	10	6	4	4	3																
300	В ряд	10	7	5	4	3	3	2	2	2	2	2	1									
	В шахматном порядке	12	8	6	4	4	3															
350	В ряд	12	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	1								
	В шахматном порядке	14	10	7	5	4	3															
400	В ряд	14	9	7	5	4	3	3	2	2	2	2	2	1								
	В шахматном порядке	16	11	8	6	5	4	3														
500	В ряд	18	12	8	7	6	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1						
	В шахматном порядке	22	14	10	8	6	5	4	3													
600	В ряд	15	10	8	7	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1						
	В шахматном порядке	26	17	12	10	8	6	4	4	3												
700	В ряд	18	13	10	8	6	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1					
	В шахматном порядке	33	20	14	11	9	7	5	4	4	3											
800	В ряд	15	12	10	7	5	6	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1				
	В шахматном порядке	38	24	17	13	11	8	6	6	4	4	4	3									
900	В ряд	16	13	11	8	6	6	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1			
	В шахматном порядке	45	27	20	15	12	9	7	6	5	4	4	4	3								
1000	В ряд	18	16	14	10	8	7	6	5	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
	В шахматном порядке	50	32	22	17	14	10	8	6	5	5	4	4	3								

Определение количества вертикальных электродов

И-179-89

Связанные стержневые электроды $50 \times 50 \times 6\text{мм}$, $\rho=20\text{М}$, $\alpha=20\text{М}$

Таблица 7

90

Р. Ом.м	Расстояние между электродами, м	Количество связанных электродов при сопротивлении электрода, Ом									
		20	30	40	50	100	150	200	300	450	95
50	В ряд	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	В шахматном порядке	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	В ряд	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1
	В шахматном порядке	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—
150	В ряд	6	4	3	1	1	1	1	1	1	1
	В шахматном порядке	6	4	3	—	—	—	—	—	—	—
200	В ряд	8	5	4	3	2	1	1	1	1	1
	В шахматном порядке	8	6	4	2	—	—	—	—	—	—
250	В ряд	10	6	5	4	2	1	1	1	1	1
	В шахматном порядке	12	7	6	4	—	—	—	—	—	—
300	В ряд	13	8	6	5	2	2	1	1	1	1
	В шахматном порядке	15	8	6	5	—	—	—	—	—	—
350	В ряд	15	9	7	5	3	2	1	1	1	1
	В шахматном порядке	16	10	8	6	3	—	—	—	—	—
400	В ряд	17	10	8	6	3	2	1	1	1	1
	В шахматном порядке	20	12	8	7	3	—	—	—	—	—
500	В ряд	13	10	8	4	3	1	1	1	1	1
	В шахматном порядке	15	12	8	4	3	—	—	—	—	—
600	В ряд	17	13	10	5	3	2	1	1	1	1
	В шахматном порядке	20	15	10	6	3	—	—	—	—	—
700	В ряд	20	15	12	5	4	2	1	1	1	1
	В шахматном порядке	16	12	6	4	—	—	—	—	—	—
800	В ряд	17	13	6	4	2	2	—	—	—	—
	В шахматном порядке	20	15	7	4	—	—	—	—	—	—
900	В ряд	20	15	7	5	2	2	—	—	—	—
	В шахматном порядке	20	10	8	5	—	—	—	—	—	—
1000	В ряд	—	16	8	5	3	2	—	—	—	—
	В шахматном порядке	—	20	6	5	3	—	—	—	—	—

Определение количества вертикальных электродов

И-179-89

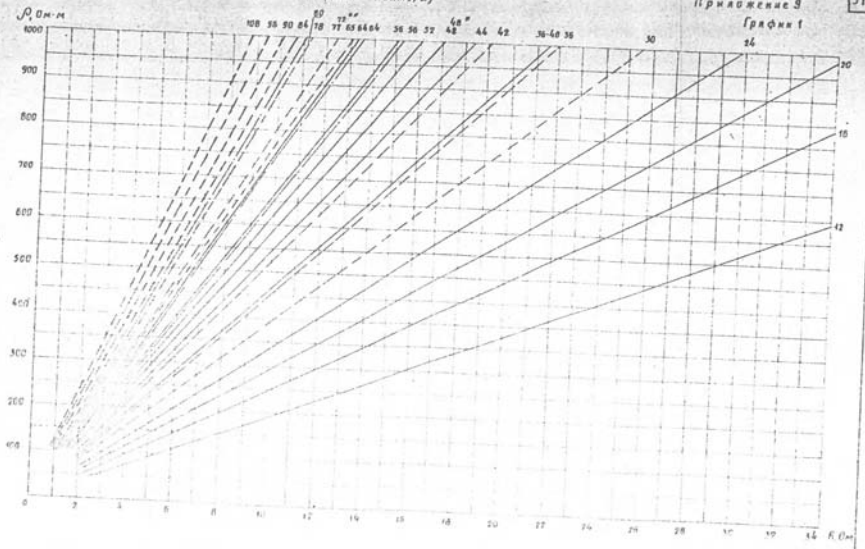
Связанные стержневые электроды $50 \times 50 \times 6\text{мм}$, $\rho=15\text{М}$, $\alpha=15\text{М}$

Таблица 8

Р. Ом.м	Расстояние между электродами, м	Количество связанных электродов при сопротивлении электрода, Ом									
		20	30	40	50	100	150	200	300	35	45
50	В ряд	5	3	3	2	1	1	1	1	1	1
	В шахматном порядке	6	4	3	3	—	—	—	—	—	—
100	В ряд	11	6	5	4	2	1	1	1	1	1
	В шахматном порядке	15	9	6	4	3	3	—	—	—	—
150	В ряд	20	11	8	6	3	2	1	1	1	1
	В шахматном порядке	16	10	8	3	—	—	—	—	—	—
200	В ряд	18	16	11	8	4	3	2	1	1	1
	В шахматном порядке	22	15	11	4	3	—	—	—	—	—
250	В ряд	23	16	12	5	3	2	2	1	1	1
	В шахматном порядке	20	14	6	4	3	—	—	—	—	—
300	В ряд	20	15	6	4	2	2	2	2	2	1
	В шахматном порядке	19	8	4	3	—	—	—	—	—	—
350	В ряд	18	12	4	3	2	2	2	2	2	2
	В шахматном порядке	22	10	6	3	—	—	—	—	—	—
400	В ряд	22	8	5	3	3	2	2	2	2	2
	В шахматном порядке	11	6	4	3	—	—	—	—	—	—
500	В ряд	11	6	4	4	3	2	2	2	2	2
	В шахматном порядке	15	9	4	4	3	—	—	—	—	—
600	В ряд	15	8	5	4	3	3	3	3	3	3
	В шахматном порядке	20	11	6	4	4	3	—	—	—	—
700	В ряд	18	10	5	4	4	4	4	4	4	4
	В шахматном порядке	14	7	5	4	3	—	—	—	—	—
800	В ряд	22	12	6	5	4	3	—	—	—	—
	В шахматном порядке	16	8	6	5	4	—	—	—	—	—
900	В ряд	15	7	6	5	4	—	—	—	—	—
	В шахматном порядке	20	10	8	6	4	—	—	—	—	—
1000	В ряд	17	8	6	5	4	—	—	—	—	—
	В шахматном порядке	22	11	9	7	5	—	—	—	—	—

Угловые вертикальные заземлители 50x50x5 мм, $\ell=2.5\text{ м}$, $a=5\text{ м}$
(Многоугольные контуры)

Приложение 9
График 1
91

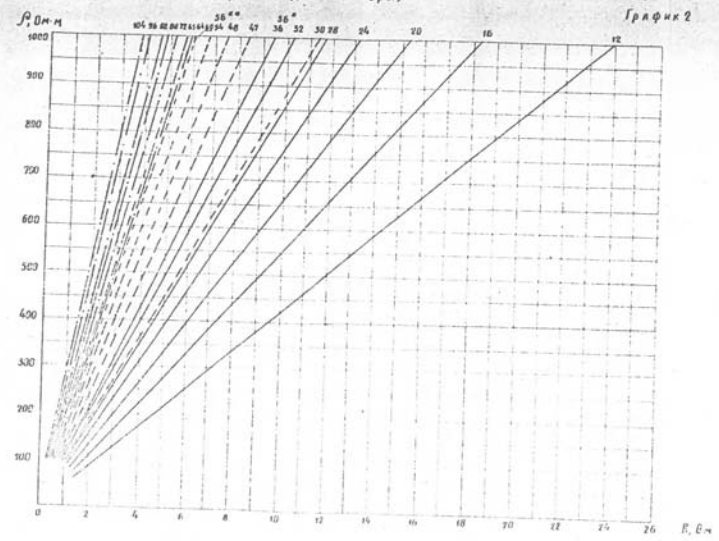


— — — — — Двухрядный контур
 - - - - - Трёхрядный контур
 ··········· Четырёхрядный контур
 * * * * * Четырёхрядный контур
 * * * * * Четырёхрядный контур

Определение количества
вертикальных заземлителей
И-179-89

Прямые вертикальные заземлители $d=12\text{ мм}$, $\ell=5\text{ м}$, $a=10\text{ м}$
(Многоугольные контуры)

Приложение 9
График 2
92

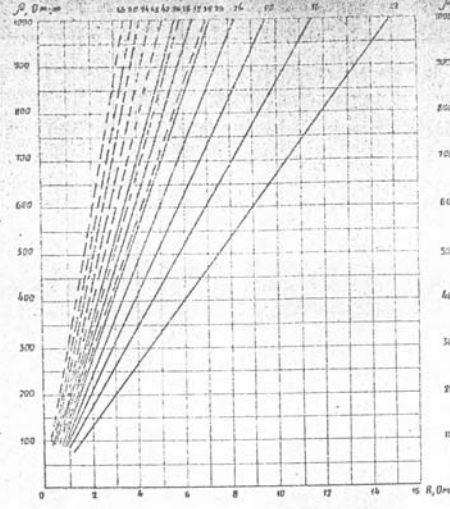


— — — — — Двухрядный контур
 - - - - - Трёхрядный контур
 ··········· Четырёхрядный контур
 * * * * * Четырёхрядный контур
 * * * * * Четырёхрядный контур

Определение количества
вертикальных заземлителей
И-179-89

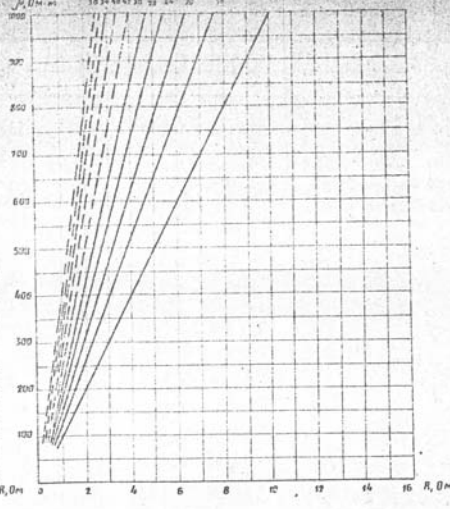
Приложение 9

Противопожарные вертикальные заземлители с 12-ю и 15-ю ст. ст. (Многорядные контуры) График 5



— двухрядный контур
 - - - трехрядный контур

Противопожарные вертикальные заземлители с 10-ю, 6-ю, 12-ю и 15-ю ст. ст. (Многорядные контуры) График 6



— двухрядный контур
 - - - трехрядный контур
 * 30 - количество заземлителей в трехрядном контуре

Определение количества вертикальных заземлителей
 И-179-89
 Канарев Ю. / Формат 25