ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58882— 2026

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА. СИСТЕМЫ УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ПРОВОДНИКИ

Технические требования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2026

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма. Электротехника: наука и практика» (ООО «НПФ ЭЛНАП»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 336 «Заземлители и заземляющие устройства различного назначения»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 февраля 2026 г. № 122-ст

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 58882—2020

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2026

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сокращения 4
5 Классификация и типы заземляющих устройств, заземлителей и заземляющих проводников 5
6 Общие технические требования 5
7 Общие требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок 6
7.1 Характеристики 6
7.2 Назначение 6
7.3 Требования к конструкции 6
8 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок выше 1 кВ 7
8.1 Нормируемые параметры 7
8.2 Требования к конструкции заземляющего устройства зданий и сооружений 8
8.3 Требования к системе выравнивания потенциалов 8
8.4 Требования к системе уравнивания потенциалов 10
8.5 Требования к заземлителям 12
8.6 Требования к соединениям заземлителей и заземляющих проводников 14
8.7 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам воздушных линий выше 1 кВ 14
8.8 Требования к конструкции заземляющих устройств кабельных линий электропередачи выше 1 кВ 16
8.9 Требования надежности заземляющих устройств, заземлителей и заземляющих проводников 17
9 Требования к заземляющим устройствам электроустановок до 1 кВ 19
9.1 Требования назначения 19
9.2 Характеристики заземляющих устройств 20
9.3 Требования к конструкции заземляющих устройств 20
9.4 Требования к системам уравнивания потенциалов 21
9.5 Требования к заземляющим устройствам опор воздушных линий 22
9.6 Требования к заземляющим проводникам 23
9.7 Требования надежности заземляющих устройств электроустановок до 1 кВ 24
10 Требования к заземляющим устройствам молниезащиты 25
10.1 Требования назначения 25
10.2 Требования к конструкции 25
10.3 Требования к заземлителям и заземляющим проводникам 27
11 Требования к заземляющим устройствам взрыво- и пожароопасных объектов 27
12 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам в стационарных лабораториях высоковольтных испытаний 28
12.1 Назначение заземляющих устройств 28
12.2 Требования к конструкции заземляющих устройств и системы уравнивания потенциалов . . . 28
12.3 Требования к заземлителям, заземляющим проводникам и проводникам системы уравнивания потенциалов 30
13 Требования к заземляющим устройствам электрохимической защиты 31
14 Требования к комплектности поставки 31
15 Требования к проверке состояния заземляющих устройств 32
16 Указания по монтажу и эксплуатации 32
17 Требования безопасности 32
17.1 Требования электробезопасности 33
17.2 Требования пожарной безопасности 33
17.3 Требования экологической безопасности 33
Приложение А (рекомендуемое) Паспорт заземляющего устройства 34

Приложение Б (справочное) Методы расчета параметров заземляющих устройств 43
Приложение В (справочное) Предельно допустимые напряжения и токи прикосновения и шага 55
Приложение Г (справочное) Материал, тип и размеры заземлителей 56
Приложение Д (справочное) Наибольшие допустимые значения сопротивления заземляющего устройства 60
Библиография 62

Введение

Национальный стандарт разработан в развитие требований [1].

Настоящий стандарт разработан в связи с введением основополагающего стандарта по безопасности ГОСТ Р 12.1.038, с целью обеспечения конкурентоспособности заземляющих устройств, обеспечивающих промышленную и социальную безопасность систем уравнивания потенциалов, заземлителей и заземляющих проводников, а также с целью добровольного подтверждения соответствия.

С целью терминологического обеспечения взаимопонимания между различными пользователями настоящего стандарта приведены уточнения стандартизованных терминов в их более узком смысле применительно к области распространения настоящего стандарта.

Целью разработки настоящего стандарта является обеспечение электробезопасности и надежной работы объектов электроэнергетики, систем электроснабжения административных и жилых зданий и различных объектов отраслей народного хозяйства.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА. СИСТЕМЫ УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ПРОВОДНИКИ

Технические требования

Earthing arrangements. Equipotential bonding systems. Earth electrodes. Earthing conductors. Technical requirements

Дата введения — 2026—04—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на заземляющие устройства для объектов электроэнергетики (электрические станции и подстанции, линии электропередачи, распределительные пункты, переходные пункты и др.), промышленных, жилых и административных зданий и сооружений, объектов связи и транспорта и устанавливает технические требования к системам выравнивания и уравнивания потенциалов, заземлителям и заземляющим проводникам, а также классификацию и типы заземляющих устройств.

Настоящий стандарт не распространяется на заземляющие устройства объектов связи и железнодорожного транспорта, если эти объекты не расположены на общей территории с электроустановками.

Настоящий стандарт обязателен к применению всеми организациями, осуществляющими проектирование, изготовление, монтаж, испытания, приемку и эксплуатацию заземляющих устройств.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9.005 Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, металлические и неметаллические неорганические покрытия. Допустимые и недопустимые контакты с металлами и неметаллами

ГОСТ 9.602 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения

ГОСТ 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.030 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

ГОСТ 12.1.044 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.124 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования

ГОСТ 10434 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования

Издание официальное

ГОСТ 21130 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры

ГОСТ 24291 Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения

ГОСТ 26522 Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения

ГОСТ IEC 60715 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на направляющих электрических аппаратов в устройствах распределения и управления

ГОСТ IEC 61439-1 Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Общие требования

ГОСТ Р 9.607 Единая система защиты от коррозии и старения. Электрохимическая защита. Аноды установок электрохимической защиты от коррозии подземных металлических сооружений. Общие технические условия

ГОСТ Р 12.1.038 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

ГОСТ Р 50397 (МЭК 60050-161:1990) Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения

ГОСТ Р 50571.5.54—2024 (МЭК 60364-5-54:2021) Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники

ГОСТ Р 51164 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ Р 57190 Заземлители и заземляющие устройства различного назначения. Термины и определения

ГОСТ Р 58344 Заземлители и заземляющие устройства различного назначения. Общие технические требования к анодным заземлениям установок электрохимической защиты от коррозии

ГОСТ Р 58577 Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ проектируемыми и действующими хозяйствующими субъектами и методы определения этих нормативов

ГОСТ Р 59789 (МЭК 62305-3:2010) Молниезащита. Часть 3. Защита зданий и сооружений от повреждений и защита людей и животных от электротравматизма

ГОСТ Р МЭК 60050-195 Заземление и защита от поражения электрическим током. Термины и определения

ГОСТ Р МЭК 62305-1 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы

ГОСТ Р МЭК 62305-4 Защита от молнии. Часть 4. Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений

ГОСТ Р МЭК 62561.2—2014 Компоненты системы молниезащиты. Часть 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам

ГОСТ Р МЭК 62561-7 Компоненты системы молниезащиты. Часть 7. Требования к смесям, нормализующим заземление

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 57190, ГОСТ Р МЭК 60050-195, ГОСТ 24291, ГОСТ Р 50397, ГОСТ 12.1.009, ГОСТ 26522, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

аварийный режим электроустановки: Режим функционирования электроустановки в условиях единичного или множественных повреждений.

Примечание — В аварийном режиме электроустановки могут быть единичное или множественные повреждения средств защиты от поражения электрическим током, увеличивающие вероятность поражения людей и домашних животных электрическим током.

[ГОСТ 30331.1—2013, статья 20.1]

3.2 **вторичное оборудование:** Оборудование (устройство), используемое для управления, автоматики, защиты, сигнализации, измерения и электропитания, и контрольные кабели, соединяющие оборудование.

3.3

вынос потенциала: Появление напряжений со значениями выше допустимых на коммуникациях, выходящих за территорию распределительных устройств электроустановок (например, грозозащитный трос).

[ГОСТ Р 70366—2022, пункт 3.5]

3.4

гальваническая связь: Связь электрических цепей посредством электрического поля в проводящей среде.

[ГОСТ Р 52002—2003, статья 140]

3.5 **двойное замыкание на землю:** Замыкание на землю двух фаз в различных точках сети с изолированной (заземленной через дугогасящий реактор или резистор) нейтралью.

3.6

заземлитель: Проводящая часть или совокупность электрически соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с локальной землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

Примечание — Заземляющий электрод представляет собой элемент заземлителя.

[ГОСТ Р 50571.5.54—2024, пункт 541.3.3]

3.7

заземляющее устройство: Совокупность заземлителей, находящихся в непосредственном соприкосновении со средой, и заземляющих проводников, соединяющих подлежащие заземлению части электроустановки с заземлителем, выполняющая рабочие и защитные функции.

[ГОСТ Р 57190—2016, статья 01-10-17]

3.8

контур заземления: Замкнутый горизонтальный заземлитель.

[ГОСТ Р 57190—2016, статья 01-10-43]

3.9 **электрическое замыкание на землю (замыкание на землю):** Аварийное электрическое соединение токоведущей части непосредственно с землей или нетоковедущими проводящими конструкциями или предметами, не изолированными от земли.

3.10 **импульсный потенциал на заземляющем устройстве:** Напряжение между какой-либо точкой заземляющего устройства и точкой на поверхности грунта, расположенной не ближе 20 м от рассматриваемой точки (зоной нулевого потенциала).

Примечание — Наибольший импульсный потенциал имеют точки, в которые вводится импульсный ток.

3.11 **ожидаемое напряжение прикосновения:** Напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек или животное их не касается.

3.12 **опорная точка заземляющего устройства:** Точка на заземляющем устройстве, являющаяся наиболее частым местом ввода тока при проведении измерений.

Пример — Такими точками могут быть места заземления нейтралей трансформаторов.

3.13 **рабочее (функциональное) заземление:** Заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

3.14 **разность потенциалов на заземляющем устройстве:** Разность потенциалов, возникающая между различными точками заземляющего устройства при коротком замыкании в электрической сети, вызванная протеканием тока короткого замыкания по элементам заземляющего устройства и растеканием его в земле.

3.15 **термическое воздействие тока:** Нагрев заземляющих проводников и заземлителей протекающим по ним током электроустановки.

3.16 **эквивалентное удельное сопротивление грунта с неоднородной структурой:** Удельное электрическое сопротивление грунта с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в грунте с неоднородной структурой.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АЗ — анодное заземление;
ВЛ — воздушная линия (электропередачи);
ВЧ — высокочастотный;
ВЭЗ — вертикальное электрическое зондирование;
ГЩУ — главный щит управления;
ЗУ — заземляющее устройство;
КЗ — короткое замыкание;
КЛ — кабельная линия (электропередачи);
КРУ — комплектное распределительное устройство;
КРУЭ — комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией;
ЛР — линейный разъединитель;
ОКГТ — оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос;
ОПУ — общеподстанционный пункт управления;
ОРУ — открытое распределительное устройство;
ПВХ — поливинилхлорид;
ПС — подстанция;
РЗА — релейная защита и автоматика;
РУ — распределительное устройство;
РЩ — релейный щит;
СИП — самонесущий провод;
ТСН — трансформатор собственных нужд;
ТН — трансформатор напряжения;
ТП — трансформаторная подстанция;
ТТ — трансформатор тока;
ЭС — электрическая станция;
ЭМС — электромагнитная совместимость;
ЭХЗ — электрохимическая защита.

5 Классификация и типы заземляющих устройств, заземлителей и заземляющих проводников

5.1 ЗУ классифицируются по следующим признакам:

а) по назначению:

- электроустановок до 1кВ;
- электроустановок выше 1 кВ;
- молниезащиты;
- взрыво- и пожароопасных объектов;
- высоковольтных испытательных лабораторий;
- ЭХЗ;

б) по выполняемым функциям:

- защитное заземление — для обеспечения электробезопасности;
- помехозащитное заземление — для обеспечения ЭМС оборудования;
- молниезащитное заземление — для отвода в грунт токов молнии;
- рабочее заземление — для обеспечения требуемых режимов и надежной работы электроустановки, системы или оборудования.

5.2 Заземлители классифицируются по следующим признакам:

а) по типу исполнения:

- искусственные заземлители;
- естественные заземлители;

б) по расположению в общей конструкции заземлителя:

- вертикальные;
- горизонтальные;
- наклонные;
- радиально расходящиеся;
- комбинированные.

5.3 Заземляющие проводники классифицируются по следующим признакам:

а) по назначению:

- защитные;
- уравнивания потенциалов;

б) по расположению:

- основные (магистральные);
- радиальные.

5.4 Выбор типа, конструкции, количества и расположения ЗУ, заземлителей и заземляющих проводников осуществляется на этапе проектирования на основании данных предпроектных изысканий.

6 Общие технические требования

6.1 В случае противоречий требований настоящего стандарта требованиям нормативных документов приоритетными являются требования настоящего стандарта.

6.2 ЗУ должно изготавливаться в соответствии с требованиями настоящего стандарта и стандартов или технических условий на ЗУ конкретного типа по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

6.3 ЗУ должно соответствовать требованиям [1], [2] и настоящего стандарта и изготавливаться по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

В технически обоснованных случаях в стандартах или технических условиях на ЗУ конкретных типов могут быть установлены и другие требования, не предусмотренные настоящим стандартом.

6.4 Защитное заземление выполняют для защиты от поражения электрическим током (обеспечения электробезопасности). Электробезопасность характеризуется предельно допустимыми значениями напряжения прикосновения по ГОСТ Р 12.1.038 и должна быть обеспечена при любых условиях эксплуатации объекта.

6.5 Помехозащитное заземление выполняют для обеспечения ЭМС оборудования.

6.6 Рабочее заземление должно обеспечивать нормальное функционирование оборудования при эксплуатации.

6.7 Молниезащитное заземление должно обеспечивать электробезопасность и ЭМС при стекании тока молнии в землю.

6.8 Анодные заземлители предназначены для передачи защитного постоянного тока в электропроводную среду, в которой располагается защищаемое металлическое сооружение.

6.9 Марки (рецептуры) материалов, применяемых для изготовления заземлителей, должны быть указаны в стандартах или технических условиях на заземлители конкретных типов. Выбор и замена материалов проектными и эксплуатирующими организациями, а также применение новых материалов и материалов, применяемых для ремонта и монтажа заземлителей, должны производиться по согласованию с предприятием-изготовителем.

6.10 На электрических станциях и подстанциях должен быть паспорт ЗУ (см. приложение А).

6.11 В процессе эксплуатации должен проводиться периодический контроль состояния ЗУ с оформлением результатов контроля (см. приложение А).

7 Общие требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок

7.1 Характеристики

Характеристики ЗУ должны отвечать требованиям обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и надежной работы оборудования в нормальных и аварийных условиях в течение всего срока службы электроустановки. ЗУ должно обладать высокой эксплуатационной надежностью, долговечностью.

7.2 Назначение

7.2.1 ЗУ должны обеспечивать следующие эксплуатационные функции электроустановок:

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

7.2.2 ЗУ, используемое для заземления электроустановок одного или различных назначений и напряжений, должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к заземлению электроустановок конкретных типов:

- защита людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции;
- условия режимов работы сетей;
- защита электрооборудования от перенапряжения и др.

Требования, предъявляемые к защитному заземлению, являются приоритетными.

7.3 Требования к конструкции

7.3.1 Для заземления в электроустановках различных назначений и напряжений, территориально сближенных, рекомендуется применять одно общее ЗУ.

7.3.2 При выполнении отдельного (независимого) заземлителя для рабочего заземления по условиям работы информационного или другого чувствительного к воздействию помех оборудования должны быть приняты специальные меры защиты от поражения электрическим током, исключающие одновременное прикосновение к частям, которые могут оказаться под опасной разностью потенциалов при повреждении изоляции.

7.3.3 Для объединения ЗУ различных электроустановок в одно общее ЗУ могут быть использованы естественные и искусственные заземлители, количество которых должно быть не менее двух.

8 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок выше 1 кВ

8.1 Нормируемые параметры

8.1.1 ЗУ электроустановок выше 1 кВ (ЭС, ПС, пунктов переключения и переходных пунктов) должно обеспечивать нормируемые параметры по условиям обеспечения электробезопасности и ЭМС для нормальных и наиболее опасных аварийных режимов:

- однофазное (двухфазное) КЗ на землю на РУ напряжением 110 кВ и выше;
- однофазное (двухфазное) КЗ на землю на линиях, отходящих от РУ напряжением 110 кВ и выше;
- двойное замыкание на землю в сети с изолированной нейтралью;
- стекание токов молнии от молниеотводов и токов через ограничители перенапряжений.

8.1.2 Нормируемые параметры, определяющие электробезопасность ЗУ и ЭМС, должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года в течение всего срока эксплуатации с учетом коррозионного износа заземлителей и заземляющих проводников.

8.1.3 Расчет параметров ЗУ рекомендуется проводить с помощью специализированного программного обеспечения или апробированных аналитических выражений (см. приложение Б).

Нормируемые параметры ЗУ, определяющие электробезопасность ЗУ и ЭМС, приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Нормируемые параметры ЗУ

Нормируемый параметр	Допустимое значение
1 Напряжение прикосновения	Предельно допустимое напряжение прикосновения в зависимости от времени воздействия для переменного тока 50 Гц (см. ГОСТ Р 12.1.038) приведены в таблице В.1. В качестве расчетного времени воздействия следует принимать сумму времени действия защиты и полного времени отключения выключателя (см. [2], пункт 1.7.91). У рабочих мест, где при производстве оперативных переключений могут возникнуть КЗ на конструкции, доступные прикосновению производящему переключения персоналу, следует принимать время действия резервной защиты, а для остальной территории — основной защиты (см. [2], пункт 1.7.91). Рабочее место следует понимать как место оперативного обслуживания электрических аппаратов
2 Напряжение на ЗУ относительно зоны нулевого потенциала	Напряжение на ЗУ при стекании с него тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ. Напряжение выше 10 кВ на ЗУ допускается, если исключен вынос потенциала за пределы электроустановки. При напряжении выше 5 кВ должны быть предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасных потенциалов за пределы электроустановки
3 Напряжение между точкой заземления силового оборудования и точками ЗУ в месте расположения вторичного оборудования, к которому приходят контрольные кабели от силового оборудования	Напряжение определяют при КЗ на землю на силовом оборудовании, наиболее удаленном от места расположения вторичного оборудования. Напряжение не должно превышать 2 кВ для цепей с номинальным напряжением не более 250 В. При использовании контрольных кабелей, электрическая прочность изоляции которых ниже 2 кВ, допустимое напряжение должно быть принято равным испытательному напряжению изоляции
4 Температура нагрева экранов и брони кабелей	200 °С — для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 10 кВ, 160 °С — для кабелей с ПВХ изоляцией, 250 °С — для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена или пропиленовой резины, 220 °С — для кабелей с изоляцией из бутиловой резины
5 Импульсный потенциал на ЗУ при коммутациях силового оборудования и КЗ на землю в РУ, не более	10 кВ

Окончание таблицы 1

Нормируемый параметр	Допустимое значение
6 Температура нагрева заземляющих проводников и заземлителей при КЗ, не более	400 °С, 300 °С — для проводников, присоединяемых к оборудованию

8.2 Требования к конструкции заземляющего устройства зданий и сооружений

8.2.1 ЗУ зданий и сооружений на ЭС и ПС должны быть объединены в одно общее ЗУ, обеспечивающее выполнение условий электробезопасности и ЭМС (см. [3]) по нормированным параметрам.

Допускается применение отдельного ЗУ для объектов (отдельно стоящие молниеотводы, переходной пункт, вспомогательные здания и сооружения), расположенных на территории ЭС или ПС при соблюдении следующих условий:

- между объектом и ЗУ ЭС или ПС отсутствуют гальванические связи по металлу: броня, оболочки, PEN-проводники, металлоконструкции;
- исключается пробой между ЗУ при КЗ и ударах молнии;
- к объекту не подходят контрольные кабели и кабели сети 0,4 кВ от ТСН (или они подключены через разделительный трансформатор);
- отдельное ЗУ на объекте должно обеспечивать выполнение условий электробезопасности и ЭМС.

8.2.2 Должны быть выполнены системы выравнивания и уравнивания потенциалов. Все сторонние проводящие части должны быть заземлены путем присоединения с помощью заземляющих проводников к заземлителю или магистрали заземления.

8.2.3 ЗУ административных зданий и вспомогательных сооружений, расположенных на территории ЭС или ПС, должно быть соединено с помощью заземлителей или заземляющих проводников с общим ЗУ.

По периметру здания или сооружения должен быть оборудован контурный заземлитель, который присоединяют к системе уравнивания потенциалов здания или сооружения не менее чем в четырех точках.

8.2.4 Внутри зданий или сооружений выполняют основную и дополнительную систему уравнивания потенциалов. Магистрали заземления должны образовывать замкнутые контуры по внутренним периметрам помещений здания. Магистрали заземления, расположенные на разных отметках зданий, должны последовательно соединяться между собой не менее чем в двух точках.

Конкретные магистрали заземления внутри помещений или на разных отметках здания или сооружения, должны определяться проектом и при условии соблюдения требований по электробезопасности ГОСТ 12.1.030.

Для заземления корпусов оборудования, экранов кабелей следует использовать систему уравнивания потенциалов здания.

К ЗУ присоединяют все находящиеся в здании металлические конструкции (рамы, рельсы, балки, железобетонная арматура, кабельные лотки и каналы и т. д.).

8.3 Требования к системе выравнивания потенциалов

8.3.1 Для выравнивания потенциалов вокруг зданий и сооружений необходимо соблюдение одного из следующих условий:

а) прокладка в земле на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлителя, соединенного с системой уравнивания потенциалов этого здания или этой территории, а у входов и у въездов в здание — укладка проводников на расстоянии 1 и 2 м от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

б) использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей, если при этом обеспечивается допустимый уровень выравнивания потенциалов.

8.3.2 Обеспечение условий выравнивания потенциалов с помощью железобетонных фундаментов, используемых в качестве заземлителей, определяется в соответствии с ГОСТ 12.1.030.

Не требуется выполнение условий, указанных в 8.3.1 [перечисления а) и б)], если вокруг зданий имеются асфальтовые отмостки, обеспечивающие электробезопасность, в том числе у входов и

у въездов. Если у какого-либо входа (въезда) отмостка отсутствует, у этого входа (въезда) должно быть выполнено выравнивание потенциалов путем укладки двух проводников, как указано в 8.3.1, перечисление а), или соблюдено условие по 8.3.1, перечисление б).

Примечание — Напряжение прикосновения не должно превышать предельно допустимые значения в местах возможного нахождения человека на расстоянии 0,7 м от места прикосновения.

8.3.3 Для внешней ограды должны быть выполнены требования по электробезопасности в соответствии с 8.1. Ограда должна быть присоединена к ЗУ, если на ограде установлены электроприемники (освещение, видеонаблюдение и др.), питающиеся от собственных нужд без разделительного трансформатора. Металлические части ограды следует присоединить к ЗУ и выполнить выравнивание потенциалов так, чтобы напряжение прикосновения и шага с внешней и внутренней сторон ограды не превышало допустимых значений. Количество точек соединения ограды с ЗУ определяется расчетом.

При выходе ЗУ за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м.

Внешняя ограда, не присоединенная к ЗУ ПС, должна быть заземлена с помощью отдельных заземлителей или с помощью фундаментов стоек. Расстояние от ограды до элементов ЗУ ПС, расположенных вдоль нее с внутренней, внешней или с обеих сторон, должно быть не менее 2 м. Выходящие за пределы ограды горизонтальные заземлители, трубы и кабели с металлической оболочкой или броней и другие металлические коммуникации должны быть проложены посередине между стойками ограды на глубине не менее 0,5 м.

8.3.4 Во избежание выноса потенциала не допускается питание электроприемников, находящихся за пределами ЗУ электроустановок выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью, от обмоток до 1 кВ с заземленной нейтралью трансформаторов, находящихся в пределах контура ЗУ электроустановки выше 1 кВ.

Питание таких электроприемников (при необходимости) может осуществляться от трансформатора с изолированной нейтралью на стороне до 1 кВ по КЛ, выполненной кабелем без металлической оболочки и без брони, или по ВЛ. Питание таких электроприемников может также осуществляться от разделительного трансформатора. При этом напряжение на ЗУ не должно превышать напряжение срабатывания пробивного предохранителя, установленного на стороне низшего напряжения трансформатора с изолированной нейтралью.

Разделительный трансформатор и линия от его вторичной обмотки к электроприемнику, если она проходит по территории, занимаемой ЗУ электроустановки выше 1 кВ, должны иметь изоляцию от земли на расчетное значение напряжения на ЗУ.

Питание электроприемников на переходных пунктах 110 кВ и выше, расположенных за пределами территории ПС, от внешней сети до 1 кВ может также осуществляться от разделительного трансформатора.

8.3.5 Для выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории с ОРУ прокладывают продольные и поперечные горизонтальные искусственные заземлители и соединяют их между собой в заземляющую сетку.

8.3.6 Горизонтальные заземлители должны быть проложены по краю территории, занимаемой ЗУ, так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур.

8.3.7 При выходе искусственного ЗУ за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м. Внешний контур ЗУ в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами.

8.3.8 Продольные заземлители должны быть проложены вдоль рядов электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5—0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8—1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены одна к другой, а расстояние между основаниями или фундаментами двух рядов не превышает 3,0 м.

8.3.9 Поперечные заземлители следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5—0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними рекомендуется принимать увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. В скальных грунтах глубина прокладки горизонтальных заземлителей может быть уменьшена до 0,15 м. В грунтах с повышенной коррозионной опасностью глубина укладки горизонтальных заземлителей выбирается по условиям коррозии.

8.3.10 Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями обеспечения нормируемых параметров ЗУ и удобством присоединения заземляемого оборудования.

8.3.11 Для снижения импульсного сопротивления плотность сетки искусственного заземлителя должна быть повышена вблизи высоковольтного силового оборудования. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей к ЗУ, не должны превышать 6 × 6 м.

8.3.12 Продольные и поперечные горизонтальные заземлители следует прокладывать в четырех направлениях вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей, шунтирующих реакторов, ограничителей перенапряжений. При этом непосредственно у мест присоединения оборудования заземляющими проводниками к ЗУ растекание тока должно осуществляться не менее чем в двух направлениях.

8.3.13 Все стыки рельсов в районе расположения силовых трансформаторов и реакторов должны быть шунтированы стальными проводниками сечением не менее 100 мм^2, привариваемыми к рельсам.

Соединение с рельсами мест заземления нейтралей трансформаторов и/или нейтральных точек автотрансформаторных групп, а также конструкций РУ, питающихся от этих трансформаторов, следует выполнять с помощью не менее двух горизонтальных заземлителей сечением не менее 300 мм^2.

Запрещается подсоединять непосредственно к рельсам заземляющие проводники от молниеотводов и ограничителей перенапряжений.

8.3.14 Для снижения напряжения прикосновения до допустимых значений на территории РУ должны быть применены дополнительные мероприятия: уменьшение шага ячеек сетки заземлителей, местное выравнивание потенциала и использование высокоомных (гравий, щебень) или изоляционных (асфальт) покрытий.

8.3.15 Местное выравнивание потенциала должно быть выполнено у оборудования на рабочих местах. Для местного выравнивания потенциала рекомендуется выполнить квадратную решетку размером не менее 1 м с ячейками не более 0,1 × 1 м из стали круглого сечения диаметром не менее 10 мм. Решетка должна быть присоединена к оборудованию.

Выравнивание потенциалов для обеспечения допустимого напряжения прикосновения рекомендуется сочетать или допускается заменять покрытиями из асфальта толщиной не менее 5 см, щебня толщиной не менее 10 см или изоляционного бетона.

8.3.16 В качестве основных элементов ЗУ закрытых РУ в пределах здания в первую очередь должны быть использованы металлоконструкции под оборудование и металлические кабельные конструкции.

Дополнительные элементы в виде горизонтальных заземлителей прокладываются только со стороны обслуживания оборудования, расположенного на первом этаже при наличии наливных и бетонных полов. При этом заземлители должны быть проложены в бетоне при укладке полов.

Все естественные и искусственные элементы ЗУ должны быть соединены между собой и не менее чем в четырех местах присоединены к контурному горизонтальному заземлителю, который прокладывается по периметру здания. В качестве контурного заземлителя рекомендуется использовать арматуру фундамента здания. При выполнении гидроизоляции с помощью синтетических материалов фундамент здания не может быть использован в качестве заземлителя.

8.4 Требования к системе уравнивания потенциалов

8.4.1 Заземление оборудования закрытого РУ осуществляется с помощью магистралей заземления, прокладываемых по стенам с учетом удобства присоединения оборудования. Закладные элементы металлоконструкций здания должны быть присоединены к магистралям заземления. Магистрали заземления и уравнивания потенциалов должны соединяться не менее чем в четырех местах вертикальными спусками между этажами и с контурным заземлителем. Для снижения импульсного сопротивления заземления оборудования в помещениях РУ рекомендуется выполнить сетку с шагом не более 2 м.

8.4.2 В помещениях РУ с элегазовым оборудованием для выравнивания высокочастотных импульсных напряжений выполняют сетку на поверхности пола и ВЧ-сетку.

Сетку на поверхности пола помещений РУ с элегазовым оборудованием выполняют из стальных (медных) проводников сечением не менее 300 мм^2 и закладных под оборудование КРУЭ.

Шаг сетки определяют расчетом, но не более 2 м.

Сетку соединяют с закладными металлоконструкциями, ВЧ-сеткой и шиной уравнивания потенциалов по периметру помещения; от сетки делают выводы для заземления оборудования КРУЭ. Сетку на полу допускается размещать внутри плиты перекрытия или под слоем выравнивающей стяжки.

В качестве ВЧ-сетки в КРУЭ используют арматуру железобетонной конструкции пола. ВЧ-сетку при помощи сварки присоединяют к металлоконструкциям здания, к сетке на поверхности пола КРУЭ в точках пересечения ее проводников, к закладным для установки оборудования КРУЭ и к выводам для заземления оборудования КРУЭ.

8.4.3 Заземление оборудования КРУЭ выполняется в соответствии с заводскими чертежами. Для заземления оборудования КРУЭ оборудуют выводы от сетки и закладных металлоконструкций, число которых должно быть не менее двух для каждого присоединения КРУЭ. Все оборудование КРУЭ присоединяют к замкнутой шине уравнивания потенциалов.

Корпус элегазового оборудования присоединяют к сети заземления у основания каждой опоры (кронштейна). Данные соединения выполняют не менее чем двумя заземляющими проводниками.

От магистрального заземляющего проводника к внешнему заземлителю прокладывают заземляющие проводники. Количество заземляющих проводников определяют расчетом, но не менее четырех.

8.4.4 Для уравнивания потенциалов в помещении КРУ 10 — 20 кВ корпуса ячеек КРУ должны быть присоединены к металлоконструкциям и соединены между собой проводниками уравнивания потенциалов (например, стальной полосой).

Связи между рядами ячеек КРУ и внутренним контуром заземления выполняют с шагом не более 10 м.

8.4.5 Для уравнивания потенциалов в камерах трансформаторов выполняют следующие действия:

- внутри помещений трансформаторных (и автотрансформаторных) камер по периметру по стене прокладывают стальную полосу системы уравнивания потенциалов на высоте 0,5 м от пола;
- на полу трансформаторной камеры укладывают сетку из стальной полосы с шагом не более 6 × 6 м (допускается укладывать сетку в бетоне полов);
- корпус трансформатора присоединяют к точке пересечения проводников сетки для обеспечения растекания тока в четырех направлениях;
- в местах заземления нейтралей силовых трансформаторов прокладывают продольные и поперечные заземляющие проводники в четырех направлениях, соединенные с сеткой на полу трансформаторной камеры.

8.4.6 Внутри зданий (ГЩУ, РЩ и ОПУ), а также других зданий и сооружений, содержащих вторичное оборудование и системы связи, применяют замкнутую сеть заземления (систему уравнивания потенциалов).

Магистрали заземления должны образовывать замкнутые контуры по внутренним периметрам помещений здания. Магистрали заземления, расположенные на разных отметках зданий, должны соединяться между собой не менее чем в четырех точках.

К системе уравнивания потенциалов присоединяют все находящиеся в здании металлические конструкции (рамы, рельсы, балки, железобетонную арматуру, кабельные лотки и каналы и т. д.).

8.4.7 Для заземления корпусов оборудования, экранов кабелей следует использовать систему уравнивания потенциалов здания.

8.4.8 Ряды рамных конструкций оборудования (шкафов, панелей) соединяют между собой проводниками. Каждый ряд рамной конструкции присоединяют к магистралям заземления не менее чем в четырех местах.

Если несколько различных корпусов оборудования (шкафов, панелей) установлены в ряд, то от одной стены до другой вдоль оборудования прокладывают металлическую шину, объединяющую все указанное оборудование (шкафы, панели).

Кабельные лотки из проводящих материалов присоединяют к системе уравнивания потенциалов на обоих концах и в местах пересечения других металлических элементов.

8.4.9 Соединения и присоединения заземляющих проводников, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными, видимыми и контролируемыми и обеспечивать непрерывность электрической цепи.

Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять при помощи сварки. Допускается в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред выполнять соединения заземляющих и нулевых защитных проводников другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434 ко второму классу соединений.

Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений. Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

8.4.10 Внутреннее устройство заземления присоединяют к наружному контурному заземлителю не менее чем в четырех точках.

8.4.11 Защитное заземление внутри шкафов должно соответствовать требованиям ГОСТ IEC 61439-1.

8.4.12 Систему уравнивания потенциалов внутри шкафа следует выполнять таким образом, чтобы создать эквипотенциальную плоскость, к которой подключаются короткими соединительными проводниками все устройства.

Эквипотенциальной плоскостью внутри шкафа может служить проводящая задняя стенка (или специальная металлическая плоскость, возможно сетчатой структуры), к которой присоединяются все корпуса устройств и отдельные крепежные элементы, например монтажные рейки по ГОСТ IEC 60715.

8.4.13 Все подвижные и неподвижные элементы должны иметь не менее двух связей с системой уравнивания потенциалов шкафа (в том числе каждый элемент внутренней перегородки, монтажные рейки по ГОСТ IEC 60715, двери).

Соединение с общей эквипотенциальной плоскостью выполняют либо при помощи гибкой связи, либо при помощи надежного контакта (контактная поверхность, освобожденная от покрытия или неокрашенная). Длина соединительных проводников должна быть не более 25 см.

8.4.14 Для заземления различных элементов, в том числе резервных жил вторичных цепей, должны быть предусмотрены шинки вдоль боковин, соединенные с корпусом шкафа.

8.4.15 Экраны контрольных кабелей следует заземлять с двух сторон: в шкафах в зданиях ОПУ, РЩ, вспомогательных сооружений и в РУ.

Экраны кабелей и параллельные заземляющие проводники присоединяют к шинам заземления (корпусам) шкафов/панелей.

8.4.16 Для заземления экранов рекомендуется использовать специальные зажимы или разъемы. Конструкция зажимов или разъемов зависит от вида контрольного кабеля.

8.5 Требования к заземлителям

8.5.1 При выполнении ЗУ электроустановок выше 1 кВ используют искусственные и естественные заземлители.

Материал, конструкция и размеры заземлителей должны обеспечивать устойчивость к механическим, химическим и термическим воздействиям в течение всего периода эксплуатации.

8.5.2 В качестве естественных заземлителей могут быть использованы:

- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;
- металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
- обсадные трубы буровых скважин;
- подъездные рельсовые пути при устройстве стыковых соединителей между рельсами;
- металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле;
- заземлители опор ВЛ, соединенные с ЗУ электроустановок при помощи грозозащитного троса ВЛ, если трос не изолирован от опор ВЛ;
- другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения.

8.5.3 В качестве естественных заземлителей не рекомендуется использовать:

- трубопроводы горючих жидкостей;
- трубопроводы горючих или взрывоопасных газов и смесей;
- трубопроводы канализации и центрального отопления. Указанные ограничения не исключают необходимости присоединения таких трубопроводов к ЗУ с целью уравнивания потенциалов. При этом должны быть приняты меры, исключающие искрение в местах присоединения и на стыках труб при протекании электрического тока по трубопроводу.

8.5.4 Возможность использования естественных заземлителей по условию плотности протекающих по ним токов, необходимость сварки арматурных стержней железобетонных фундаментов и конструкций и необходимость приварки анкерных болтов стальных колонн к арматурным стержням железобетонных фундаментов, а также возможность использования фундаментов в сильноагрессивных средах должны быть определены расчетом.

8.5.5 Использование естественных заземлителей в качестве элементов ЗУ не должно приводить к их повреждению при протекании по ним токов КЗ или к нарушению работы устройств, с которыми они связаны.

При включении в систему уравнивания потенциалов трубопроводов с горючими и взрывоопасными жидкостями, газами и смесями должны быть обеспечены меры, исключающие искрение в местах присоединения проводников уравнивания потенциалов и во фланцах трубопроводов (шунтирующие перемычки).

Допускается для подключения проводников уравнивания потенциала заземления к трубопроводам с горючими и взрывоопасными жидкостями, газами и смесями применять механические зажимы (хомуты) при наличии на них сертификата соответствия требованиям [4].

8.5.6 Для снижения напряжения (сопротивления) на ЗУ выполняют следующие действия:

а) используют вертикальные заземлители увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается, а естественные углубленные заземлители (например, скважины с металлическими обсадными трубами) отсутствуют;

б) используют выносные заземлители, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением земли;

в) укладывают в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах влажный глинистый грунт с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем до верха траншеи;

г) применяют искусственную обработку грунта с целью снижения его удельного сопротивления (например, применяют электролитические заземлители), если другие способы не могут быть использованы или не дают необходимого эффекта.

Требования к проводящим смесям, применяемым для обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления установлены ГОСТ Р МЭК 62561-7.

В районах многолетней мерзлоты следует руководствоваться следующими рекомендациями (см. [2], пункт 1.7.107) (кроме указанных выше):

а) помещать заземлители в непромерзающие водоемы и талые зоны;

б) использовать обсадные трубы скважин;

в) в дополнение к углубленным заземлителям применять протяженные заземлители на глубине около 0,5 м, предназначенные для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли;

г) создавать искусственные талые зоны.

Выбор дополнительного мероприятия должен быть технико-экономически обоснован с учетом условий конкретного места расположения ЗУ, структуры и сезонного изменения удельного сопротивления грунта.

8.5.7 Вертикальные заземлители должны быть установлены равномерно по периметру ЗУ. Длина и число вертикальных заземлителей должны быть определены расчетом.

8.5.8 Выносной заземлитель сооружается в местах с низким удельным сопротивлением грунтов, недоступных для частого пребывания людей и животных.

Выносной заземлитель представляет собой горизонтальный контур с вертикальными заземлителями или без них, который выполняется в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами и прокладывается на глубине не менее 1 м.

Соединение выносного заземлителя с ЗУ электроустановки осуществляется с помощью горизонтальных заземлителей длиной не более 0,5 км, а также ВЛ и КЛ длиной не более 2 км.

Число горизонтальных заземлителей должно быть не менее двух. Их прокладка осуществляется на глубине не менее 1 м. Число и сечение проводов или жил кабеля выбирают так, чтобы продольное сопротивление линии было меньше сопротивления выносного заземлителя.

При устройстве выносного заземлителя должны быть предусмотрены меры по защите людей и животных от поражения электрическим током. Для этого необходимо, чтобы линия была изолирована от земли на напряжение не менее напряжения на ЗУ и исключена возможность прикосновения к проводнику, соединяющему линию с выносным заземлителем.

8.5.9 Искусственные заземлители могут выполняться из черной, нержавеющей, омедненной или оцинкованной стали или меди (см. приложение Г). Материал, тип и размеры искусственных заземлителей выбирают по условиям обеспечения нормируемых параметров ЗУ с учетом условий конкретного места расположения ЗУ.

Рекомендуемые материалы и наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле, для ЗУ электроустановок приведены в приложении Г. Оцинкованную сталь для заземлителей допускается применять, если площадь оцинкованной поверхности, находящейся в грунте, существенно больше площади поверхности заземляемой арматуры железобетонных фундаментов

и других подземных, не изолированных от грунта, связанных с ЗУ, металлических сооружений. Искусственные заземлители не должны иметь цветовой индикации.

Минимальные размеры обычно используемых заземляющих электродов, проложенных в грунте или в бетоне, применяемых для предотвращения коррозии и обеспечения механической стойкости ЗУ в низковольтных электрических установках с целью обеспечения электрической безопасности приведены в ГОСТ Р 50571.5.54—2024 (таблица 54.1).

8.6 Требования к соединениям заземлителей и заземляющих проводников

8.6.1 Соединения и присоединения заземляющих проводников, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять при помощи сварки.

Соединение может быть выполнено с помощью сварки, в том числе экзотермической, опрессовки, соединительного зажима или другим механическим соединителем. Механические соединители, посредством которых выполняют электрические соединения, следует монтировать в соответствии с инструкцией изготовителя. Установка соединительного зажима не должна приводить к повреждению электрода или заземляющего проводника.

Соединения в грунте рекомендуется выполнять при помощи сварки.

8.6.2 Допускается в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред выполнять соединения заземляющих проводников другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434. Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений. Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

8.6.3 При использовании в качестве искусственных заземлителей и заземляющих проводников разнородных в электротехническом отношении металлов, для предотвращения контактной коррозии и обеспечения нормируемого переходного сопротивления, их соединения должны быть выполнены с учетом требований к допустимости контактов в соответствии с ГОСТ 9.005.

8.7 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам воздушных линий выше 1 кВ

8.7.1 Характеристики заземляющих устройств воздушных линий выше 1 кВ

8.7.1.1 На ВЛ напряжением выше 1 кВ должны быть заземлены:

а) опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства молниезащиты;

б) железобетонные и металлические опоры ВЛ 3—35 кВ;

в) опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другие аппараты;

г) металлические и железобетонные опоры ВЛ 110—500 кВ без тросов, защитные аппараты и других устройств молниезащиты при необходимости (определяется при проектировании).

8.7.1.2 Деревянные опоры и деревянные опоры с металлическими траверсами ВЛ без грозозащитных тросов, защитных аппаратов или других устройств молниезащиты не заземляются.

8.7.1.3 ЗУ опор ВЛ, на которых установлено дополнительное оборудование (например, реклоузер), должно обеспечить электробезопасность персонала при проведении работ на этом оборудовании.

8.7.1.4 Наибольшее сопротивление ЗУ опор ВЛ приведено в таблице 2.

8.7.1.5 Сопротивление ЗУ опор ВЛ, на которых подвешен ОКГТ, должно соответствовать таблице 2. Допускается увеличение этих сопротивлений при обеспечении термической стойкости ОКГТ.

Таблица 2 — Наибольшее сопротивление ЗУ опор ВЛ

Удельное эквивалентное сопротивление грунта ρ, Ом·м	Наибольшее сопротивление ЗУ, Ом
До 100 включ.	10
От 100 до 500 включ.	15
От 500 до 1000 включ.	20
От 1000 до 5000 включ.	30
Более 5000	$6 \cdot 10^{-3}\ \rho$

Примечания

1 Сопротивления ЗУ опор, имеющих грозозащитный трос или защитные аппараты, при их высоте до 50 м должны быть не более приведенных в таблице 2, а при высоте опор более 50 м — в два раза ниже.

2 На двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, независимо от напряжения линии и высоты опор, рекомендуется снижать сопротивления ЗУ в два раза по сравнению с приведенными в таблице 2.

3 Допускается превышение сопротивлений заземления части опор ВЛ по сравнению с нормируемыми значениями, если имеются опоры с пониженными значениями сопротивлений заземления, а ожидаемое число грозовых отключений не превышает значений, получаемых при выполнении требований таблицы 2 для всех опор ВЛ.

4 Для опор горных ВЛ, расположенных на высотах более 700 м над уровнем моря, указанные в таблице 2 значения сопротивлений заземления, могут быть увеличены в два раза.

5 Сопротивления ЗУ железобетонных и металлических опор для ВЛ 6—20 кВ, проходящих в населенной местности, а также всех ВЛ 35 кВ должны быть не более приведенных в таблице 2, для ВЛ 6—20 кВ в ненаселенной местности в грунтах с удельным сопротивлением ρ до 100 Ом·м — не более 30 Ом, а в грунтах с ρ выше 100 Ом·м — не более 0,3ρ Ом.

6 Сопротивления ЗУ опор ВЛ 110 кВ и выше, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другие аппараты, должны быть не более приведенных в таблице 2, а для ВЛ 6—35 кВ не должны превышать 30 Ом.

7 Сопротивления ЗУ металлических и железобетонных опор ВЛ 110 кВ и выше без тросов, защитных аппаратов и других устройств молниезащиты определяются при проектировании ВЛ.

8.7.1.6 Сопротивление ЗУ опор, на которых подвешен ОКГТ, должно соответствовать таблице 2. Увеличение этих сопротивлений допускается только, если это не приводит к нарушению условий термической стойкости ОКГТ.

8.7.2 Требования к заземлителям воздушных линий выше 1 кВ

8.7.2.1 В качестве заземлителей опор ВЛ рекомендуется применять искусственные и естественные заземлители.

8.7.2.2 В качестве естественных заземлителей могут быть использованы стальные фундаменты опор, железобетонные фундаменты опор при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента при отсутствии гидроизоляции железобетона и стали полимерными материалами. Битумная обмазка на железобетонных и стальных опорах и фундаментах не влияет на их использование в качестве естественных заземлителей.

Примечания

1 В грунтах с удельным сопротивлением ρ > 1000 Ом · м естественная проводимость железобетонных фундаментов не должна учитываться, а требуемое значение сопротивления ЗУ должно обеспечиваться только применением искусственных заземлителей.

2 Использование в качестве заземлителей арматуры железобетонных опор и железобетонных приставок у опор, ограничивающих пролет пересечения электрифицированных и подлежащих электрификации железных дорог, не допускается.

3 Если естественной проводимости фундаментов достаточно для обеспечения нормируемого значения сопротивления, искусственные заземлители не требуются.

8.7.2.3 В качестве искусственных заземлителей применяют горизонтальные (лучевые), вертикальные электроды из стали и меди и комбинированный заземлитель из горизонтальных и вертикальных электродов. Рекомендуемые материал и размеры заземлителей и заземляющих проводников приведены в приложении Г.

При применении новых материалов должны проводиться их испытания и приемка в установленном порядке.

8.7.2.4 Заземлители опор ВЛ должны находиться на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле — 1 м. При установке опор в скальных грунтах допускается прокладка лучевых заземлителей непосредственно под разборным слоем над скальными породами при толщине слоя не менее 0,1 м. При меньшей толщине этого слоя или его отсутствии рекомендуется прокладка заземлителей по поверхности скалы с заливкой их цементным раствором.

8.7.2.5 Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников следует использовать те элементы напряженной и ненапряженной продольной арматуры стоек, металлические элементы которых соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю.

Элементы арматуры, используемые для заземления, должны удовлетворять термической стойкости при протекании токов КЗ. Нагрев элементов арматуры при протекании по ним токов КЗ не должен превышать 60 °С.

В качестве заземляющего проводника допускается использовать проложенный снаружи или внутри стойки специальный проводник.

Оттяжки железобетонных опор должны использоваться в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре.

8.7.2.6 Соединения заземлителей между собой и присоединение заземляющих проводников к заземлителю в грунте выполняют сваркой.

Допускается на ВЛ, расположенных на местности без агрессивных сред, выполнять соединения заземляющих проводников другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434 ко второму классу соединений.

Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений. Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

8.7.2.7 При выборе конструктивного выполнения ЗУ опор ВЛ в районах с высоким удельным сопротивлением грунта для повышения грозоупорности рекомендуется применять лучевые горизонтальные заземлители с вертикальными электродами.

Примечания

1 При выборе конструкции ЗУ следует учитывать структуру грунта (удельное сопротивление грунта по слоям).

2 При наличии слоев с низким удельным сопротивлением рекомендуется применять вертикальные электроды, достигающие этих слоев.

3 Если верхние слои грунта имеют существенно меньшие значения удельного сопротивления грунта, чем нижние, то рекомендуется применять лучевые горизонтальные электроды.

4 Применение сплошных противовесов, проложенных в земле от опоры к опоре, не рекомендуется, так как даже в грунтах высокого удельного сопротивления большая часть импульсного тока стекает с противовеса в землю на участке 60—100 м от опоры.

5 Не рекомендуется прокладка параллельных лучей (более четырех) из-за снижения коэффициента их использования вследствие взаимного экранирования. При применении двух лучей их следует направлять в противоположные стороны вдоль оси ВЛ.

8.7.2.8 Для снижения сопротивления ЗУ опор применяют дополнительные мероприятия:

- увеличение размеров горизонтальных и вертикальных электродов;
- уменьшение сопротивления грунта вблизи электродов путем замены и искусственной обработки грунта (например, с использованием электролитических электродов).

Примечания

1 Применение дополнительных мероприятий должно быть технико-экономически обосновано.

2 Снижение сопротивления ЗУ опор при применении дополнительных мероприятий должно быть обеспечено при наиболее неблагоприятных условиях в летнее время (в период грозового сезона) и в течение всего срока эксплуатации ВЛ.

8.7.2.9 При выборе ЗУ опор ВЛ в районах с высоким удельным сопротивлением грунта для повышения грозоупорности следует учитывать снижение импульсного сопротивления по сравнению со стационарным сопротивлением вследствие частотных характеристик электропроводности грунта и искрообразования в грунте.

8.8 Требования к конструкции заземляющих устройств кабельных линий электропередачи выше 1 кВ

8.8.1 Кабели с металлическими оболочками или броней, а также кабельные конструкции, на которых прокладываются кабели, должны быть заземлены.

8.8.2 При заземлении металлических оболочек силовых кабелей оболочка и броня должны быть соединены гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных и др.). Заземление оболочки и брони кабелей 6 кВ и выше с алюминиевыми оболочками должно выполняться отдельными проводниками.

8.8.3 Если на опоре установлена наружная концевая муфта и комплект разрядников, то броня, металлическая оболочка и муфта должны быть присоединены к ЗУ разрядников.

Использование в качестве заземлителя только металлических оболочек кабелей не допускается.

8.8.4 На маслонаполненных КЛ низкого давления заземляются концевые, соединительные и стопорные муфты.

8.8.5 У кабелей с алюминиевыми оболочками маслоподпитывающие устройства должны подсоединяться к линиям через изолирующие вставки, а корпуса концевых муфт должны быть изолированы от

алюминиевых оболочек кабелей. Указанное требование не распространяется на КЛ с непосредственным вводом в трансформаторы.

8.8.6 При применении для маслонаполненных КЛ низкого давления бронированных кабелей в каждом колодце броня кабеля с обеих сторон муфты должна быть соединена сваркой и заземлена.

8.8.7 Стальной трубопровод маслонаполненных КЛ высокого давления, проложенных в земле, должен быть заземлен во всех колодцах и по концам, а проложенных в кабельных сооружениях — по концам и в промежуточных точках, определяемых расчетами в проекте.

Экран кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена должен быть заземлен не менее чем в одной точке.

8.8.8 Заземление экранов выполняют с одной стороны КЛ (одностороннее заземление), или одновременно с двух сторон (двустороннее заземление), или с двух сторон с использованием полного цикла транспозиции.

Заземление экрана кабеля с одной стороны используется для кабелей длиной не более 1 км. При заземлении экранов кабелей с двух сторон необходимо учитывать возникновение дополнительных потерь в экранах кабелей и снижение пропускной способности кабелей. Заземление экранов кабелей с обоих концов с применением транспозиции используется в протяженных (более 1 км) КЛ.

8.8.9 Заземляющие проводники от экранов и концевых коробок следует присоединять к заземляющему устройству РУ. В местах расположения (кабельные колодцы) транспозиционных коробок и промежуточных муфт должна быть выполнена система выравнивания и уравнивания потенциалов.

Примечания

1 Сечение экрана кабеля и заземляющих проводников должно соответствовать уровню токов КЗ и длительности их протекания.

2 Все присоединения к системе уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть выполнены сваркой. Допускается применение болтовых соединений только внутри транспозиционного колодца.

3 Соединения должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи, должны быть защищены от коррозии и механических повреждений. Для болтовых соединений необходимо предусмотреть меры против ослабления контакта.

8.9 Требования надежности заземляющих устройств, заземлителей и заземляющих проводников

8.9.1 В электроустановках выше 1 кВ сечения заземляющих проводников должны быть выбраны такими, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью или тока двухфазного КЗ в электроустановках с изолированной нейтралью температура заземляющих проводников не превысила 400 °С (кратковременный нагрев, соответствующий полному времени действия защиты и отключения выключателя).

8.9.2 Соединения и присоединения заземляющих проводников, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений. Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

8.9.3 Присоединение каждой открытой проводящей части электроустановки к нулевому защитному или защитному заземляющему проводнику должно быть выполнено при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в защитный проводник открытых проводящих частей не допускается. Присоединение проводящих частей к основной системе уравнивания потенциалов должно быть выполнено также при помощи отдельных ответвлений.

8.9.4 Определение коррозионного износа стальных заземляющих проводников и заземлителей включает в себя:

- определение коррозионных характеристик грунта и расчетную оценку возможного снижения сечения в результате коррозии;
- определение наличия блуждающих постоянных токов;
- прогноз развития подземной коррозии.

Коррозионные характеристики грунта определяют путем измерения окислительно-восстановительного потенциала стали в грунте $\varphi_{ов}$ и эквивалентного удельного сопротивления верхнего слоя грунта $\rho_{экв}$. По полученным данным выполняют расчетную оценку возможного снижения сечения в результате коррозии.

По измеренному электродному потенциалу и удельному электрическому сопротивлению грунта определяют номер зоны коррозионной опасности $З_к$ по формуле

$$З_к = 6{,}167 - 0{,}833 \cdot \ln\left(\frac{|\varphi_{ов}| - 125}{\rho_{экв}}\right). \quad (1)$$

Рассчитанные по этому выражению значения округляют в меньшую сторону до целого значения.

Значения $З_к$, равные 0; 1; 2, соответствуют большой степени опасности коррозии; значения $З_к$, равные 3 и 4, — средней степени опасности; значения, равные 5 и более, — слабой степени опасности.

Динамика изменения глубины коррозии во времени для различных коррозионных зон показана на рисунке 1.

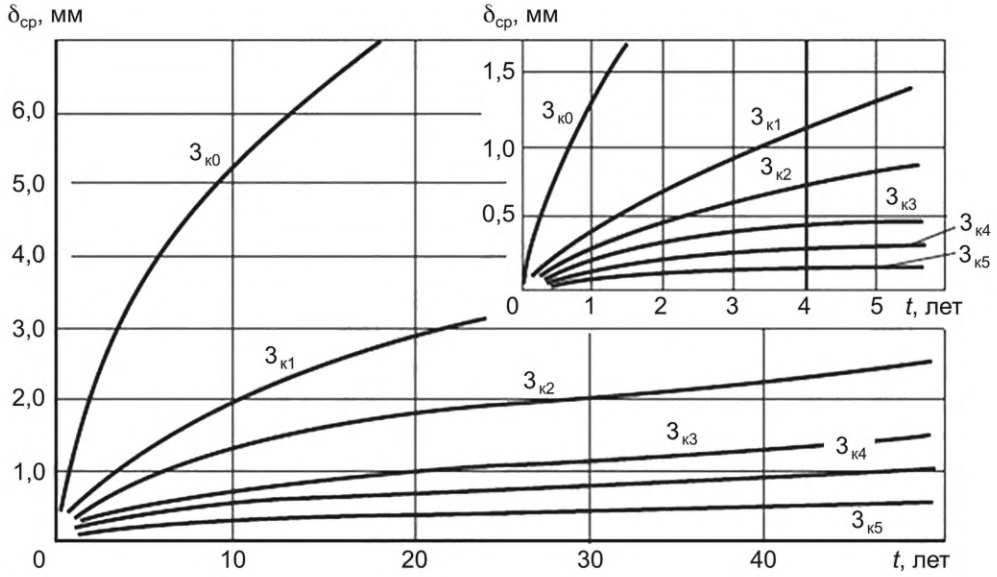


Рисунок 1 — Зависимость глубины коррозии стальных заземлителей $\delta_{ср}$ от времени для различных коррозионных зон

По кривым, приведенным на рисунке 1, можно сделать прогноз коррозионного уменьшения сечения заземлителей.

При отсутствии данных по значениям окислительно-восстановительного потенциала коррозионную зону можно определить по таблице 3.

Таблица 3 — Определение коррозионной зоны по физико-химическим параметрам грунта

Удельное сопротивление верхнего слоя грунта $\rho_{экв}$, Ом·м	Естественная влажность *W*, %	Степень насыщения пор влагой k_w, о.е.	Концентрация агрессивных ионов в грунтовом растворе *C*, %	Коррозионная зона	Качественная оценка коррозии
До 2	От 10 до 20	От 0,5 до 0,7	0,1	$К_0$	Очень сильная
От 2 до 5	От 10 до 20	От 0,5 до 0,7	От 0,05 до 0,1	$К_1$	
От 5 до 10	От 20 до 25	От 0,7 до 0,85	От 0,015 до 0,05	$К_2$	Сильная
От 10 до 20	От 2 до 10	От 0,05 до 0,5	От 0,005 до 0,013	$К_3$	Средняя
От 20 до 100	От 2 до 10	От 0,05 до 0,5	От 0,001 до 0,005	$К_4$	
Св. 100	Св. 20 или до 2	Св. 0,085 или до 0,05	До 0,001	$К_5$	Слабая

Параметры грунта, входящие в таблицу, определяются при изысканиях на площадке:

а) естественная влажность *W*, %, рассчитываемая по формуле

$$W = \frac{m_{вл} - m_{сух}}{m_{сух}} \cdot 100\ \%, \quad (2)$$

где $m_{вл}$ — масса стаканчика с пробой грунта до высушивания;

$m_{сух}$ — масса стаканчика с сухим грунтом;

б) степень насыщения пор влагой k_w, о.е., рассчитываемая по формуле

$$k_w = \frac{W}{100} \cdot \frac{d_{мин}}{\left(d_{мин} - d_{сух}\right)}, \quad (3)$$

где $d_{мин}$ — средняя плотность минералов грунта (плотность частиц грунта);

$d_{сух}$ — плотность сухого грунта;

в) концентрация агрессивных ионов в грунтовом растворе С, %, массовое количество ионов хлора и сульфатов ($Cl^-+SO_4^{--}$), отнесенное к массе грунта в процентах.

Глубину коррозии $\delta_к$ рассчитывают по формуле

$$\delta_к(t) = a_k \cdot \ln^3 t + b_k \cdot \ln^2 t + c_k \cdot \ln t + d_k, \quad (4)$$

где t — расчетное время эксплуатации заземлителя в месяцах (рекомендуется не менее 30 лет);

a_k, b_k, c_k, d_k — коэффициенты, принимаются по таблице 4.

Таблица 4 — Коэффициенты уравнения для прогноза глубины коррозии стальных заземлителей

Коррозионная зона	Коэффициенты уравнения				Расчетная глубина коррозии через 30 лет, мм
	a_k	b_k	c_k	d_k	
$К_0$	0,0206	0,1054	0,0410	0,0593	8,8
$К_1$	0,0118	0,0350	–0,0612	0,1430	3,4
$К_2$	0,0056	0,0220	–0,0107	0,0408	2,0
$К_3$	0,0050	0,0031	–0,0410	0,2430	1,1
$К_4$	0,0026	0,0092	–0,0104	0,0224	0,8
$К_5$	0,0013	0,0030	–0,0068	0,0440	0,4

При наличии блуждающих токов должны быть приняты меры и определены средства защиты.

8.9.5 В случае опасности коррозии ЗУ следует выполнять одно из следующих действий:

- увеличивать сечение заземлителей и заземляющих проводников с учетом расчетного срока их службы;
- применять заземлители и заземляющие проводники с гальваническим покрытием или медных.

При этом следует учитывать возможное увеличение сопротивления ЗУ, обусловленное коррозией.

8.9.6 Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

8.9.7 Не следует располагать (использовать) заземлители в местах, где грунт подсушивается под действием тепла трубопроводов и т. п.

9 Требования к заземляющим устройствам электроустановок до 1 кВ

9.1 Требования назначения

9.1.1 Основные требования к ЗУ, защитным проводникам и проводникам уравнивания потенциалов, применяемым для обеспечения безопасности в электроустановках определены ГОСТ Р 50571.5.54.

9.1.2 ЗУ, используемое для заземления электроустановок до 1 кВ одного или различных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок:

- защита людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции;
- условия режимов работы сетей;
- защита электрооборудования от перенапряжения и т. д. в течение всего периода эксплуатации.

Приоритетными являются требования, предъявляемые к защитному заземлению.

9.2 Характеристики заземляющих устройств

9.2.1 Допустимые значения напряжений прикосновения и сопротивления ЗУ при стекании с них токов замыкания в грунт и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года. Предельно допустимые значения напряжения прикосновения приведены в ГОСТ Р 12.1.038.

При определении сопротивления ЗУ должны быть учтены искусственные и естественные заземлители.

9.2.2 При определении удельного сопротивления грунта в качестве расчетного следует принимать его сезонное значение, соответствующее наиболее неблагоприятным условиям.

Наибольшие допустимые значения сопротивлениям ЗУ приведены в приложении Д.

9.3 Требования к конструкции заземляющих устройств

9.3.1 В электроустановках различных назначений и различных напряжений, территориально приближенных относительно друг друга должно применяться одно общее ЗУ.

9.3.2 ЗУ должны быть механически прочными и термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

9.3.3 При выполнении отдельного (независимого) заземлителя для рабочего заземления по условиям работы информационного или другого чувствительного к воздействию помех оборудования должны быть приняты специальные меры защиты от поражения электрическим током, исключающие одновременное прикосновение к частям, которые могут оказаться под опасной разностью потенциалов при повреждении изоляции.

9.3.4 Для ЗУ электроустановок до 1 кВ могут быть использованы искусственные и естественные заземлители.

Если сопротивление ЗУ или напряжение прикосновения имеют допустимые значения, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на ЗУ и допустимые плотности токов, протекающих по естественным заземлителям, выполнение искусственных заземлителей в электроустановках до 1 кВ не является обязательным.

9.3.5 Использование естественных заземлителей в качестве элементов ЗУ не должно приводить к их повреждению при протекании по ним токов КЗ, возникновению искрения в местах присоединения или на стыках труб или к нарушению работы устройств, с которыми они связаны.

9.3.6 При применении заземления типа TN при питании по КЛ на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах рекомендуется выполнять повторное заземление PE- и PEN-проводников.

Для повторного заземления в первую очередь следует использовать естественные заземлители.

Сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется. Внутри больших и многоэтажных зданий функцию повторного заземления выполняет дополнительное уравнивание потенциалов при помощи присоединения нулевого защитного проводника к сторонним проводящим частям. Такие присоединения рекомендуется выполнять как можно более равномерно.

9.3.7 При применении в качестве защитной меры автоматического отключения питания, указанные сторонние проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания в системе TN и заземлены в системах IT и TT. В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

9.3.8 Не требуется преднамеренно присоединять к нейтрали источника в системе TN и заземлять в системах IT и TT:

а) корпуса электрооборудования и аппаратов, установленных на металлических основаниях: конструкциях, РУ, щитах, шкафах, станинах станков, машин и механизмов, присоединенных к системе

уравнивания потенциалов, при условии обеспечения надежного электрического контакта между этими корпусами и основаниями;

б) конструкции оборудования при условии надежного электрического контакта между этими конструкциями и установленным на них электрооборудованием, присоединенным к защитному проводнику;

в) съемные или открывающиеся части металлических каркасов камер РУ, шкафов, ограждений и т. п., если на съемных (открывающихся) частях не установлено электрооборудование или если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного тока или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного тока или 15 В постоянного тока — во всех остальных случаях.

г) арматуру изоляторов ВЛ и присоединяемые к ней крепежные детали;

д) открытые проводящие части электрооборудования с двойной изоляцией;

е) металлические скобы, закрепы, отрезки труб механической защиты кабелей в местах их прохода через стены и перекрытия и другие подобные детали электропроводок площадью до 100 $см^2$, в том числе коробки для установки выключателей и розеток.

9.4 Требования к системам уравнивания потенциалов

9.4.1 В зданиях и сооружениях должна быть выполнена основная и дополнительная система уравнивания потенциалов.

9.4.2 Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части:

а) нулевой защитный (PE) проводник или PEN-проводник питающей линии в системе TN;

б) заземляющий проводник, присоединенный к ЗУ электроустановки, в системах IT и TT;

в) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если заземлитель имеется);

г) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: трубы горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т. п. Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется только та часть трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания;

д) металлические части каркаса здания;

е) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине PE-щитов питания вентиляторов и кондиционеров;

ж) ЗУ системы молниезащиты второй и третьей категории;

и) заземляющий проводник рабочего (функционального) заземления, если имеется и если отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к ЗУ защитного заземления;

к) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их входа в здание.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине при помощи проводников системы уравнивания потенциалов.

9.4.3 Система дополнительного уравнивания потенциалов, должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые проводящие части и сторонние проводящие части, если они удовлетворяют требованиям к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

9.4.4 Главная заземляющая шина может быть выполнена внутри вводного устройства электроустановки напряжением до 1 кВ или отдельно от него. Внутри вводного устройства в качестве главной заземляющей шины следует использовать шину PE. При отдельной установке главная заземляющая шина должна быть расположена в доступном, удобном для обслуживания месте вблизи вводного устройства.

В местах, доступных только квалифицированному персоналу (например, щитовых помещениях жилых домов), главную заземляющую шину следует устанавливать открыто. В местах, доступных посторонним лицам (например, подъездах или подвалах домов), она должна иметь защитную оболочку — шкаф или ящик с запирающейся на ключ дверцей.

На дверце или на стене над шиной должен быть выполнен знак заземления ⏚ по ГОСТ 21130.

Если здание имеет несколько обособленных вводов, главная заземляющая шина должна быть выполнена для каждого вводного устройства. При наличии встроенных ТП главная заземляющая шина должна устанавливаться возле каждой из них. Эти шины должны соединяться проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения PE- (PEN-) проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения ПС, которая имеет наибольшее сечение.

Для соединения нескольких главных заземляющих шин допускается использовать сторонние проводящие части, если они соответствуют требованиям к непрерывности и проводимости электрической цепи.

9.4.5 Главная заземляющая шина должна быть, как правило, медной. Допускается применение главной заземляющей шины из стали. Применение шин из алюминия не допускается.

Сечение отдельно установленной главной заземляющей шины должно быть не менее сечения PE- (PEN-) проводника питающей линии.

9.4.6 Для выполнения измерений сопротивления ЗУ в удобном месте должна быть предусмотрена возможность отсоединения заземляющего проводника. В электроустановках до 1 кВ таким местом, как правило, является главная заземляющая шина. Отсоединение заземляющего проводника должно быть возможно только при помощи инструмента.

9.5 Требования к заземляющим устройствам опор воздушных линий

9.5.1 На опорах ВЛ до 1 кВ должны быть выполнены ЗУ, предназначенные для повторного заземления, защиты от грозовых перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ.

Примечания

1 Повторное заземление выполняют на концах ВЛ или ответвлений от них длиной более 200 м, а также на вводах ВЛ к электроустановкам. Повторные заземления выполняют, если более частые заземления по условиям защиты от грозовых перенапряжений не требуются.

2 Общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений PEN-проводника каждой ВЛ в любое время года должно быть не более: 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. При этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть, не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях. При удельном сопротивлении земли ρ >100 Ом·м допускается увеличение указанной нормы в 0,01ρ раз, но не более десятикратного.

3 В населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой ВЛ должны иметь ЗУ, предназначенные для защиты от атмосферных перенапряжений. Сопротивления этих ЗУ должны быть не более 30 Ом, а расстояния между ними должны быть не более 200 м для районов с числом грозовых часов в году до 40, 100 м — для районов с числом грозовых часов в году более 40.

Проводящие части опор ВЛ и установленное на опорах оборудование должны быть присоединены к PEN-проводнику ВЛ.

9.5.2 Металлические опоры, металлические конструкции и арматура железобетонных элементов опор должны быть присоединены к PEN-проводнику.

Оттяжки опор ВЛ должны быть присоединены к заземляющему проводнику.

На железобетонных опорах PEN-проводник следует присоединять к арматуре железобетонных стоек и подкосов опор.

Крюки и штыри деревянных опор ВЛ, а также металлических и железобетонных опор при подвеске на них СИП с изолированным несущим проводником или со всеми несущими проводниками жгута заземлению не подлежат, за исключением крюков и штырей на опорах, где выполнены повторные заземления и заземления для защиты от атмосферных перенапряжений.

Крюки, штыри и арматура опор ВЛ напряжением до 1 кВ, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых проводится совместная подвеска, должны быть заземлены.

На деревянных опорах ВЛ при переходе в КЛ заземляющий проводник должен быть присоединен к PEN-проводнику ВЛ и металлической оболочке кабеля.

Защитные аппараты, устанавливаемые на опорах ВЛ для защиты от грозовых перенапряжений, должны быть присоединены к заземлителю отдельным заземляющим проводником.

9.6 Требования к заземляющим проводникам

9.6.1 Сечения заземляющих проводников в электроустановках до 1 кВ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50571.5.54 к защитным проводникам.

Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается.

9.6.2 Заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1 кВ, должен иметь сечение не менее: медный — 10 мм^2, алюминиевый — 16 мм^2, стальной — 75 мм^2.

У мест ввода заземляющих проводников в здания должен быть выполнен знак заземления ⏚.

9.6.3 В качестве PE-проводников в электроустановках до 1 кВ допускается использовать:

а) специально предусмотренные проводники: жилы многожильных кабелей; изолированные или неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами; стационарно проложенные изолированные или неизолированные проводники;

б) открытые проводящие части электроустановок: алюминиевые оболочки кабелей; стальные трубы электропроводок; металлические оболочки и опорные конструкции шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления.

Примечание — Металлические короба и лотки электропроводок допускается использовать в качестве защитных проводников при условии, что конструкцией коробов и лотков предусмотрено такое использование и что данное указание приведено в документации изготовителя, а их расположение исключает возможность механического повреждения. При демонтаже конструкцией коробов и лотков, используемых в качестве защитных проводников, должен быть выполнен монтаж дополнительных проводников, обеспечивающих непрерывность защитной цепи;

в) некоторые сторонние проводящие части: металлические строительные конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны и т. п.), арматуру железобетонных строительных конструкций зданий, металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамления каналов и т. п.);

г) ЗУ электроустановки выше 1 кВ, если электроустановка до 1 кВ (сеть собственных нужд) расположена на территории ЭС или ПС.

9.6.4 Использование открытых и сторонних проводящих частей в качестве PE-проводников допускается, если они отвечают требованиям к проводимости и непрерывности электрической цепи.

Сторонние проводящие части могут быть использованы в качестве PE-проводников, если они, кроме того, одновременно отвечают следующим требованиям: непрерывность электрической цепи обеспечивается либо их конструкцией, либо соответствующими соединениями, защищенными от механических, химических и других повреждений; их демонтаж невозможен, если не предусмотрены меры по сохранению непрерывности цепи и ее проводимости.

9.6.5 Сечения заземляющих проводников в электроустановках до 1 кВ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50571.5.54 к защитным проводникам.

9.6.6 Не допускается использовать в качестве PE-проводников: металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металлорукава, а также свинцовые оболочки проводов и кабелей; трубопроводы газоснабжения и другие трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, трубы канализации и центрального отопления; водопроводные трубы при наличии в них изолирующих вставок.

9.6.7 Нулевые защитные проводники цепей не допускается использовать в качестве нулевых защитных проводников электрооборудования, питающегося по другим цепям.

9.6.8 Запрещается использовать открытые проводящие части электрооборудования в качестве нулевых защитных проводников для другого электрооборудования, за исключением оболочек и опорных конструкций шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления, обеспечивающих возможность подключения к ним защитных проводников в нужном месте.

Использование специально предусмотренных защитных проводников для иных целей не допускается.

9.6.9 В многофазных цепях в системе TN для стационарно проложенных кабелей, жилы которых имеют площадь поперечного сечения не менее 10 мм^2 по меди или 16 мм^2 по алюминию, функции

нулевого защитного (PE) и нулевого рабочего (N) проводников могут быть совмещены в одном проводнике (PEN-проводник).

9.6.10 Не допускается совмещение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников в цепях однофазного и постоянного тока. В качестве нулевого защитного проводника в таких цепях должен быть предусмотрен отдельный третий проводник. Это требование не распространяется на ответвления от ВЛ напряжением до 1 кВ к однофазным потребителям электроэнергии.

9.6.11 Не допускается использование сторонних проводящих частей в качестве единственного PEN-проводника. Это требование не исключает использования открытых и сторонних проводящих частей в качестве дополнительного PEN-проводника при присоединении их к системе уравнивания потенциалов.

9.6.12 Когда нулевой рабочий и нулевой защитный проводники разделены начиная с какой-либо точки электроустановки, не допускается объединять их за этой точкой по ходу распределения энергии.

В месте разделения PEN-проводника на нулевой защитный и нулевой рабочий проводники необходимо предусмотреть отдельные зажимы или шины для проводников, соединенные между собой. PEN-проводник питающей линии должен быть подключен к зажиму или шине нулевого защитного PE-проводника.

9.6.13 В качестве проводников системы уравнивания потенциалов могут быть использованы открытые и сторонние проводящие части, или специально проложенные проводники, или их сочетание.

9.6.14 Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее половины наибольшего сечения защитного проводника электроустановки, если сечение проводника уравнивания потенциалов при этом не превышает 25 мм^2 по меди или является равноценным ему из других материалов. Применение проводников большего сечения, как правило, не требуется.

Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее: медных — 6 мм^2, алюминиевых — 16 мм^2, стальных — 50 мм^2.

9.6.15 Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее:

- при соединении двух открытых проводящих частей — сечения меньшего из защитных проводников, подключенных к этим частям;
- при соединении открытой проводящей части и сторонней проводящей части — половины сечения защитного проводника, подключенного к открытой проводящей части.

9.7 Требования надежности заземляющих устройств электроустановок до 1 кВ

9.7.1 Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи.

9.7.2 Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки. Допускаются другие способы, соответствующие ГОСТ Р 50571.5.54—2024 (пункты 542.2.8, 542.3.2). Допускается в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред соединять заземляющие и нулевые защитные проводники другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434.

9.7.3 Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений. Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

9.7.4 Присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников, а также проводников уравнивания потенциалов к открытым проводящим частям должны быть выполнены при помощи болтовых соединений или сварки.

9.7.5 Присоединения оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся частях или частях, подверженных сотрясениям и вибрации, должны выполняться при помощи гибких проводников.

9.7.6 При использовании естественных заземлителей для заземления электроустановок и сторонних проводящих частей в качестве защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов контактные соединения следует выполнять методами, предусмотренными ГОСТ 12.1.030.

9.7.7 Места и способы присоединения заземляющих проводников к протяженным естественным заземлителям (например, к трубопроводам) должны быть выбраны такими, чтобы при разъединении естественных заземлителей для ремонтных работ ожидаемые напряжения прикосновения и расчетные значения сопротивления ЗУ не превышали безопасных значений.

9.7.8 Шунтирование водомеров, задвижек и т. п. следует выполнять при помощи проводника соответствующего сечения в зависимости от того, используется ли он в качестве защитного проводника системы уравнивания потенциалов, нулевого защитного проводника или защитного заземляющего проводника.

9.7.9 Присоединение каждой открытой проводящей части электроустановки к нулевому защитному или защитному заземляющему проводнику должно быть выполнено при помощи отдельного ответвления.

Последовательное включение в защитный проводник открытых проводящих частей не допускается.

Присоединение проводящих частей к основной системе уравнивания потенциалов должно быть выполнено при помощи отдельных ответвлений.

Присоединение проводящих частей к дополнительной системе уравнивания потенциалов может быть выполнено при помощи как отдельных ответвлений, так и присоединения к одному общему неразъемному проводнику.

9.7.10 Не допускается включать коммутационные аппараты в цепи PE- и PEN-проводников, за исключением случаев питания электроприемников при помощи штепсельных соединителей.

9.7.11 Допускается одновременное отключение всех проводников на вводе в электроустановки индивидуальных жилых, дачных и садовых домов и аналогичных им объектов, питающихся по однофазным ответвлениям от ВЛ. При этом разделение PEN-проводника на PE- и N-проводники должно быть выполнено до вводного защитно-коммутационного аппарата.

9.7.12 Если защитные проводники и/или проводники уравнивания потенциалов могут быть разъединены при помощи того же штепсельного соединителя, что и соответствующие фазные проводники, розетка и вилка штепсельного соединителя должны иметь специальные защитные контакты для присоединения к ним защитных проводников или проводников уравнивания потенциалов.

10 Требования к заземляющим устройствам молниезащиты

10.1 Требования назначения

10.1.1 ЗУ молниезащиты должны обеспечивать:

- отвод в грунт токов молнии;
- снижение электромагнитных влияний на низковольтные цепи и оборудование;
- действие защит от перенапряжений;
- обеспечение взрыво- и пожаробезопасности;
- защите людей от поражения импульсным электрическим током.

10.2 Требования к конструкции

10.2.1 Молниезащита зданий и сооружений должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 62305-1, ГОСТ Р МЭК 62305-4, ГОСТ Р 59789, [5], [6] и может быть выполнена:

- стержневыми (отдельно стоящими или установленными на конструкциях) молниеотводами;
- тросовыми молниеотводами или молниеприемной сеткой.

Во всех случаях, за исключением использования отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель молниезащиты совмещается с заземлителями электроустановок и средств связи.

Если эти заземлители разделяются по каким-либо технологическим соображениям, их следует объединить в общую систему с помощью системы уравнивания потенциалов.

10.2.2 Для ЗУ молниезащиты рекомендуется два основных типа конфигурации: горизонтальные или вертикальные заземлители, присоединенные к каждому заземляющему проводнику.

Заземлители должны устанавливаться за пределами защищаемого сооружения на глубине не менее 0,5 м (для верхнего конца) и размещаться как можно более равномерно во избежание эффекта взаимного влияния в грунте.

10.2.3 Снаружи сооружения должен быть контурный заземлитель, или его функцию выполняет арматура фундамента.

Контурный заземлитель рекомендуется прокладывать на глубине не менее 0,5 м и на расстоянии около 1 м от внешней части стен.

Для скальных грунтов без почвы, а также сооружений с электронными системами или пожароопасных сооружений рекомендуется прокладка только контурного заземлителя.

10.2.4 Под зданием и вокруг него сооружается ЗУ с использованием электрически соединенной арматуры железобетонных фундаментов здания и контурного заземлителя.

От молниеприемников, установленных на крыше здания, к заземлителю прокладываются искусственные и естественные токоотводы (заземляющие проводники — спуски).

10.2.5 Контур из заземлителей вокруг здания и/или в бетоне на периферии фундамента соединяется с системой заземления заземляющими проводниками обычно через каждые 5 м.

10.2.6 Заземляющие проводники следует устанавливать таким образом, чтобы они образовывали непосредственное продолжение молниеприемников, насколько это возможно.

Заземляющие проводники должны быть прямыми и вертикальными, чтобы обеспечивать наиболее короткий и прямой путь к земле.

Заземляющие проводники не должны устанавливаться в водосточных желобах или сливах, даже если они покрыты изоляционным материалом.

10.2.7 Заземляющие проводники неизолированной системы молниезащиты могут устанавливаться следующим образом:

- если стена выполнена из негорючих материалов — допускается расположение на поверхности стены;
- если стена выполнена из легко воспламеняющихся материалов — допускается расположение на поверхности стены при условии, что их температура при прохождении тока молнии не представляет опасности для материала стен;
- если стена выполнена из легко воспламеняющихся материалов и температура заземляющих проводников при прохождении тока молнии представляет опасность для материала стен — расстояние между стеной и заземляющим проводником должно быть не менее 0,1 м. Крепления могут находиться в контакте со стеной.

Если нормируемое расстояние обеспечить надежно невозможно, поперечное сечение проводника должно быть не менее 100 мм^2.

10.2.8 При применении в качестве молниеприемника сетки на крышах зданий рекомендуется использовать металлические конструкции зданий в качестве токоотводов, заземляющих проводников и заземлителей системы молниезащиты.

10.2.9 Для зданий с железобетонными конструкциями необходимо максимально использовать естественные элементы. В качестве молниезащитных заземлителей используют железобетонные фундаменты зданий и внешние заземлители. В качестве токоотводов используют стальные каркасы зданий (стальные колонны, фермы и балки). Молниеприемную часть зданий выполняют из искусственных молниеприемников в виде сетки и (или) стержневых молниеприемников в соответствии с требованиями нормативных документов.

Обеспечивают электрическую непрерывность стального каркаса и фундамента здания следующими способами:

- не менее 50 % соединений арматурных стержней фундамента между собой выполняют сваркой или вязкой проволокой;
- выполняют сварное соединение всех стальных колонн здания с арматурой его железобетонного фундамента;
- выполняют сварное или болтовое соединение всех стальных колонн здания с расположенными под крышей поперечными фермами;
- выполняют сварное или болтовое соединение поперечных ферм с продольными балками.

Если в здании применяются не стальные, а железобетонные колонны, то в каждой колонне по всей ее высоте необходимо обеспечить электрическую непрерывность не менее двух арматурных стержней, которые следует присоединять к арматуре фундамента и фермам. Часть расположенных по периметру здания стальных колонн присоединяют проводниками к внешнему заземлителю электросетевого объекта. Среднее расстояние между присоединяемыми к заземлителю колоннами должно быть не более 20 м. Соединяют горизонтальные молниеприемные проводники, прокладываемые по периметру крыши, с колоннами здания. Расстояние между точками присоединений — не более 20 м.

10.2.10 При наличии нескольких зданий, между которыми проложены вторичные кабели, необходимо прокладывать параллельно кабелям дополнительные заземлители (заземляющие проводники) для снижения разности потенциалов на ЗУ и токовой нагрузки на экраны кабелей. Количество параллельных заземляющих проводников определяется расчетом.

10.3 Требования к заземлителям и заземляющим проводникам

10.3.1 Рекомендуется использовать следующие типы заземлителей:

- вертикальные (или наклонные) заземлители,
- радиально расходящиеся заземлители, один или несколько заземляющих контуров, в том числе уложенные на дне котлована, заземляющие сетки.

10.3.2 Заземлители повышенной длины применяют, когда удельное сопротивление грунта уменьшается с глубиной и на большой глубине оказывается существенно меньше, чем на уровне обычного расположения.

10.3.3 Заземлитель в виде наружного контура следует прокладывать на глубине не менее 0,5 м от поверхности земли и на расстоянии не менее 1 м от стен.

Вертикальные заземлители должны располагаться на глубине не менее 0,5 м за пределами защищаемого объекта и быть как можно более равномерно распределенными по контуру.

10.3.4 Глубина закладки и тип заземляющих электродов должны обеспечивать минимальную коррозию, а также возможно меньшую сезонную вариацию сопротивления заземления в результате высыхания и промерзания грунта.

10.3.5 В качестве заземляющих электродов может использоваться соединенная между собой арматура железобетона или иные подземные металлические конструкции.

Если арматура железобетона используется как естественный заземлитель, повышенные требования должны быть предъявлены к местам ее соединений, чтобы исключить механическое разрушение бетона.

Если используется преднапряженный бетон, следует учесть возможные последствия протекания тока молнии, который может вызвать недопустимые механические нагрузки. Гидроизоляция фундамента здания должна быть выполнена битумными или битумно-латексными покрытиями.

Использование фундаментов здания в качестве молниезащитного заземлителя допускается при выполнении изоляции фундамента битумными или битумно-латексными покрытиями. Если изоляция фундамента здания выполнена полимерными покрытиями, использование фундамента здания в качестве молниезащитного заземлителя не допускается.

10.3.6 Следующие части сооружения следует рассматривать как естественные заземляющие проводники (токоотводы):

- металлоконструкции, при условии, что электрический контакт между различными частями выполнен надежно и их размеры не меньше указанных обычных заземляющих проводников;
- элементы фасада, профильные балки, при условии, что их размеры не меньше указанных обычных заземляющих проводников, толщина листового металла и труб не менее 0,5 мм;
- металлическая электрически непрерывная железобетонная арматура сооружения, включая электрически соединенную арматуру лифтовых шахт.

10.3.7 Сопротивление ЗУ по ГОСТ Р 59789 должно быть менее 10 Ом (измеренное на низкой частоте).

10.3.8 Требования к материалу, конфигурации и минимальным размерам заземлителей молниезащиты установлены в ГОСТ Р МЭК 62561.2—2014 (таблица 3).

11 Требования к заземляющим устройствам взрыво- и пожароопасных объектов

11.1 На взрывоопасные зоны любого класса в помещениях и на наружные взрывоопасные установки распространяются требования о допустимости применения в электроустановках до 1 кВ глухозаземленной или изолированной нейтрали. При изолированной нейтрали должен быть обеспечен автоматический контроль изоляции сети с действием на сигнал и контроль исправности пробивного предохранителя.

11.2 Во взрывоопасных зонах классов 0, 1, 20 и 21(B-I, B-Ia и B-II по [2]) рекомендуется применять защитное отключение. Во взрывоопасных зонах любого класса должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

11.3 Во взрывоопасных зонах любого класса подлежат занулению (заземлению) также:

- электроустановки при всех напряжениях переменного и постоянного токов;
- электрооборудование, установленное на зануленных (заземленных) металлических конструкциях, которые в невзрывоопасных зонах не зануляются (не заземляются).

Это требование не относится к электрооборудованию, установленному внутри зануленных (заземленных) корпусов шкафов и пультов.

11.4 В качестве защитных (заземляющих) проводников должны быть использованы проводники, специально предназначенные для этой цели.

11.5 В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью зануление электрооборудования должно осуществляться:

- в силовых сетях во взрывоопасных зонах любого класса — отдельной жилой кабеля или провода;
- в осветительных сетях во взрывоопасных зонах любого класса, кроме класса В-I, — на участке от светильника до ближайшей ответвительной коробки — отдельным проводником, присоединенным к нулевому рабочему проводнику в ответвительной коробке, установленной за пределами взрывоопасной зоны;
- в осветительных сетях во взрывоопасной зоне класса В-I — отдельным проводником, проложенным от светильника до ближайшего группового щитка, установленного за пределами взрывоопасной зоны;
- на участке сети от РУ и ТП, находящихся вне взрывоопасной зоны, до щита, сборки, распределительного пункта и т. п., также находящихся вне взрывоопасной зоны, от которых осуществляется питание электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах любого класса; допускается в качестве нулевого защитного проводника использовать алюминиевую оболочку питающих кабелей.

11.6 Защитные проводники во всех звеньях сети должны быть проложены в общих оболочках, трубах, коробах, пучках с фазными проводниками.

11.7 Магистрали заземления должны быть присоединены к заземлителям в двух или более разных местах и по возможности с противоположных концов помещения.

11.8 Использование металлических конструкций зданий, конструкций производственного назначения, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и т. п. в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников допускается только в качестве дополнительных мероприятий.

11.9 Проходы специально проложенных нулевых защитных (заземляющих) проводников через стены помещений со взрывоопасными зонами должны производиться в отрезках труб или в проемах. Отверстия труб и проемов должны быть уплотнены несгораемыми материалами. Соединение защитных (заземляющих) проводников в местах проходов не допускается.

11.10 Для защиты от статического электричества во взрыво- и пожароопасных зонах все металлическое и электропроводное неметаллическое оборудование, трубопроводы, вентиляционные короба и кожухи термоизоляции оборудования и трубопроводов, расположенные в помещениях, на наружных установках, эстакадах и каналах должны представлять собой на всем протяжении непрерывную электрическую цепь, которая в пределах установки (помещения) должна быть присоединена к систему уравнивания потенциалов не менее, чем в двух точках.

Допускается для подключения проводников уравнивания потенциала заземления к трубопроводам применять механические зажимы (хомуты) при наличии на них сертификата соответствия требованиям [4].

11.11 ЗУ должно соответствовать требованиям защиты от статического электричества по ГОСТ 12.4.124.

12 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам в стационарных лабораториях высоковольтных испытаний

12.1 Назначение заземляющих устройств

ЗУ должно обеспечивать электробезопасность персонала, условия для проведения испытаний и измерений, а также защиту от электромагнитных помех.

12.2 Требования к конструкции заземляющих устройств и системы уравнивания потенциалов

12.2.1 ЗУ состоит из системы вертикальных заземлителей большой длины и горизонтальных заземляющих проводников и заземлителей. Система горизонтальных заземляющих проводников и заземлителей образуется сеткой горизонтальных проводов с малой индуктивностью, которые соединяют между собой вертикальные заземлители и образуют заземленные соединения между генерирующими импульсный ток испытательными установками и испытуемыми объектами в зале высоковольтных испытаний.

Сопротивление ЗУ должно быть не более 0,5 Ом.

12.2.2 Для защиты персонала и предотвращения распространения импульсных и высокочастотных электромагнитных полей за пределы лаборатории высоковольтных испытаний применяют клетку Фарадея. Клетка Фарадея должна закрывать зал высоковольтных испытаний полностью и присоединяться к ЗУ зала.

12.2.3 Для нескольких испытательных установок в общем зале высоковольтных испытаний должно быть выполнено общее ЗУ. Если испытательные установки монтируются на большем расстоянии друг от друга, например на открытых испытательных площадках, то каждая испытательная установка должна снабжаться отдельным ЗУ.

12.2.4 В закрытой лаборатории высоковольтных испытаний с клеткой Фарадея пол следует полностью выложить плоскостными проводниками. Плоскостные проводники в виде проволочной сетки следует забетонировать в фундамент. Плоскостные проводники в виде сплошных листов следует проложить на полу. Необходимо предусмотреть доступные места присоединения к системе горизонтальных заземлителей, например в виде забетонированных соединительных шин.

12.2.5 Для испытательных установок переменного и постоянного напряжений в закрытой лаборатории достаточно выполнить плоскостные проводники в виде проволочной решетки. Вертикальные заземлители можно сосредоточить на месте расположения испытательной установки и испытуемого объекта; центральный заземлитель следует предусматривать между испытательной установкой и местом испытуемого объекта, прочие заземлители следует расположить вокруг него. Центральный заземлитель соединяют со всеми остальными заземлителями посредством стальной ленты, остальные заземлители следует соединять между собой замкнутым контуром. Если над центральным заземлителем находится плоскостной проводник, то также необходимо установить соединение с ним.

12.2.6 На открытых испытательных площадках достаточно выложить предназначенное для установки испытуемого объекта место плоскостными заземляющими проводниками. Диаметр места для установки объекта должен соответствовать трехкратному максимальному пробивному расстоянию в воздухе.

Примечание — Испытательная площадка должна быть соединена с общим ЗУ не менее чем двумя заземлителями.

12.2.7 Для испытания импульсным напряжением следует создать обратный провод с малой индуктивностью между различными точками заземления испытательной цепи. Для этой цели рекомендуется при больших размерах установки выполнять плоскостной заземляющий проводник в зоне площади зала, охватывающей непосредственное место установки элементов импульсной испытательной цепи, из сплошных листов. Для остальной части площади зала высоковольтных испытаний допускается применять плоскостные проводники в виде проволочной сетки.

12.2.8 Для испытания переменным напряжением с приставкой для получения коммутационных импульсов рекомендуется построить систему горизонтальных заземлителей по тому же принципу, что и для генераторов импульсного напряжения.

12.2.9 При размещении нескольких испытательных установок в одном зале высоковольтных испытаний или на одной общей открытой площадке системы горизонтальных заземлителей следует выполнять, как для одиночных установок. Все установки снабжаются одним общим горизонтальным заземлителем. Дополнительно установки соединяются между собой лентами из фольги шириной 500 мм. Вертикальные заземлители следует распределить по залу высоковольтных испытаний так, чтобы они были сосредоточены главным образом в зоне установки для испытания импульсным напряжением.

12.2.10 Питание испытательных установок осуществляется от сети 6—10 кВ или от сети 0,4 кВ.

В первом случае необходимо, чтобы как первичные, так и вторичные зажимы регулировочного устройства, а также первичные зажимы испытательного трансформатора переменного напряжения или каскада соединялись с ЗУ через разрядники для защиты от перенапряжения. Регулировочное устройство может устанавливаться внутри или вне зала высоковольтных испытаний и должно присоединяться к системе горизонтальных заземлителей. Для испытательных установок, питаемых от сети 0,4 кВ, рекомендуется применять устройства защиты от импульсных перенапряжений.

12.2.11 Питание должно производиться от ТП с несколькими отходящими линиями, причем для испытательной установки следует предусмотреть отдельную сборную шину и отдельный подводящий кабель с металлической оболочкой. Оболочка и нулевые провода кабеля со стороны ПС соединяются с ЗУ ТП, а со стороны потребителя — с системой горизонтальных заземлителей. На кабеле с

обоих концов между фазами и землей должны устанавливаться устройства защиты от импульсных перенапряжений.

12.2.12 Распределительный шкаф и регулировочное устройство можно устанавливать внутри зала высоковольтных испытаний или непосредственно рядом с ним, в обоих случаях их следует соединять с системой горизонтальных заземлителей.

12.2.13 PE проводники розеток и распределительных щитов следует соединять с системой горизонтальных заземлителей.

12.2.14 Для соединения распределительного шкафа с входом генератора высокого напряжения также следует использовать кабель с металлической оболочкой. Оболочку на обоих концах следует соединять с близлежащими точками системы горизонтальных заземлителей.

12.2.15 При применении устройства для среза импульсных напряжений необходимо производить питание устройства через разделительный трансформатор.

12.2.16 Измерительные и управляющие приборы допускается присоединять без промежуточного включения разделительного трансформатора к розеткам, у которых защитные прохода соединены с системой горизонтальных заземлителей непосредственно, а провода — через защитные конденсаторы в 0,5 мкФ.

12.2.17 ГЩУ должен быть окружен отдельной клеткой Фарадея. Эта клетка может находиться внутри или вне зала высоковольтных испытаний, в последнем случае она должка граничить с ним. Необходимо установить соединение между клеткой и системой горизонтальных заземлителей, обладающее малой индуктивностью, дно клетки выложить металлическими листом или сеткой, который следует покрыть изолирующим половым настилом.

На главном щите управления следует предусмотреть достаточное количество зажимов для заземляющих проводов, для того чтобы можно было заземлять все приборы, используемые на главном щите управления. Пульт управления также следует присоединять непосредственно к системе горизонтальных заземлителей.

12.2.18 Провода цепи управления и неэкранированные измерительные провода следует проложить в стальной трубе, которую на обоих концах следует соединить с ЗУ. При экранированных измерительных проводах необходимо соединить экраны кабелей с ЗУ.

12.2.19 Провода питания и управления, проходящие через зал высоковольтных испытаний, необходимо проложить в кабельных каналах. Кабельные каналы должны быть расположены ниже плоскостного заземляющего провода.

12.2.20 В лабораториях высоковольтных испытаний, в которых предусмотрено проводить измерения частичных разрядов, для предотвращения проникновения в клетку Фарадея токов высокой частоты через провода питания, управления и измерительные провода следует установить на входе фильтры низких частот.

12.2.21 Трубопроводы, проложенные вблизи элементов, подключенных к системе поверхностных заземлителей, также следует присоединить к ней.

12.3 Требования к заземлителям, заземляющим проводникам и проводникам системы уравнивания потенциалов

12.3.1 Вертикальные заземлители следует выполнять из медных или стальных труб, оцинкованных горячим способом, диаметром не менее 100 мм, толщиной стенки не менее 5 мм и длиной до 10 м.

Распределение вертикальных заземлителей по площади лаборатории высоковольтных испытаний определяют с учетом расположения горизонтальных заземлителей.

12.3.2 Для сооружения системы горизонтальных заземлителей допускается использовать следующие элементы:

а) плоскостные проводники в виде проволочной сетки;

б) плоскостные проводники в виде сплошного листа;

в) ленту из металлической фольги.

Примечание — Размеры и материал элементов определяют расчетом.

12.3.3 Плоскостные проводники могут свариваться из полос оцинкованной проволочной сетки до получения необходимых размеров. Края отдельных полос при этом следует соединять методом сварки с ленточной сталью 40 × 3 мм^2, с горячей оцинковкой.

12.3.4 Проволочная сетка должна свариваться на всех скрещениях. В лабораториях высоковольтных испытаний с клеткой Фарадея из проволочной сетки ребра между боковыми стенками клетки и

плоскостным заземляющим проводником в виде проволочкой сетки также следует сваривать с ленточной сталью. Плоскостные проводники, подверженные импульсным токам с большой амплитудой, следует выполнять из сплошных листов (медь, алюминий, листовая сталь) в зоне наибольшей плотности тока.

13 Требования к заземляющим устройствам электрохимической защиты

13.1 АЗ систем катодной защиты металлических сооружений от коррозии должны соответствовать требованиям [4], ГОСТ Р 9.607, ГОСТ Р 58344, ГОСТ 9.602, ГОСТ Р 51164 в части требований к ЭХЗ, [2] и изготавливаться по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

В технически обоснованных случаях в стандартах или технических условиях на АЗ конкретных типов могут быть установлены и другие требования, не предусмотренные настоящим стандартом.

АЗ предназначены для распределения и стекания защитного тока в коррозионную среду, в которой располагается защищаемое металлическое сооружение.

АЗ должны обладать высокой эксплуатационной надежностью, долговечностью, малым и стабильным во времени сопротивлением растеканию анодного тока.

Данные требования должны быть подтверждены конструкцией АЗ, применяемыми материалами, обоснованным выбором грунта в месте прокладки и результатами измерения электросопротивления грунта.

13.1.1 В устройствах ЭХЗ в зависимости от условий применения АЗ подразделяют на поверхностные (расположенные в грунте) и внутренние.

13.1.2 По конструктивному исполнению/типу АЗ подразделяют на сосредоточенные, распределенные, протяженные или их комбинации.

13.2 АЗ не должны оказывать вредного влияния на незащищаемые от коррозии сооружения и влиять на минералогический состав грунта, в котором эксплуатируются.

13.3 На участке высокой коррозионной опасности должно быть осуществлено стопроцентное резервирование анодного заземлителя.

13.4 Место расположения локального (сосредоточенного, глубинного) АЗ должно быть обозначено специальными знаками, доступными для визуализации в дневное время в любое время года.

13.5 Материалы для АЗ и тип анодных заземлителей должны выбираться с учетом грунтовых условий климатических районов, в которых будут эксплуатироваться заземления.

Электроды АЗ должны быть расположены ниже глубины промерзания. При необходимости размещения АЗ в горизонтах питьевой воды заземлители должны быть изготовлены из малорастворимых нетоксичных материалов: титана, платинированных металлов, магнетита или углеродосодержащих материалов.

13.6 К нормируемым параметрам АЗ относятся срок службы, качество электрической изоляции контактного узла и токоподводящего провода, сопротивление растеканию тока с единичного токоотдающего электрода и со всего АЗ в целом, расстояние от анода до защищаемого сооружения, тепловая устойчивость АЗ.

13.7 Выбор типа, конструкции, количества и расположения АЗ осуществляется на этапе проектирования ЭХЗ на основании данных предпроектных изысканий.

Технические требования к АЗ, установленные проектом, должны быть указаны в стандартах или технических условиях на конкретные типы, обеспечены изготовителем и подтверждены результатами приемочных испытаний.

13.8 АЗ в системе ЭХЗ должно обеспечивать в течение всего срока эксплуатации непрерывную во времени катодную поляризацию защищаемых объектов в диапазоне защитных потенциалов, установленных ГОСТ Р 51164.

14 Требования к комплектности поставки

В комплект поставки (после выполнения монтажных работ) вместе с ЗУ в общем случае должны входить:

- паспорт ЗУ;
- протоколы измерений и расчетов;
- исполнительная схема ЗУ.

Пример содержания и оформления паспорта ЗУ приведен в приложении А.

15 Требования к проверке состояния заземляющих устройств

15.1 Периодичность проверки состояния ЗУ должна быть определена в стандартах или технических условиях на ЗУ конкретных типов.

Рекомендуется срок очередной проверки устанавливать на основе результатов предыдущих испытаний. Срок проверки назначается лицом, ответственным за эксплуатацию электроустановки на основании рекомендаций организации (или подразделения), выполнивших предыдущие испытания.

15.2 При проверке состояния ЗУ электроустановок в полном объеме должны быть выполнены следующие виды работ:

- сбор исходных данных и визуальный контроль;
- измерение сопротивления металлосвязей;
- определение исполнительной схемы ЗУ;
- определение удельного сопротивления грунта;
- определение сопротивления ЗУ;
- определение напряжения на ЗУ;
- определение напряжения прикосновения;
- определение распределения потенциалов и токов промышленной частоты по элементам ЗУ при установившихся токах КЗ;
- определение устойчивостью к термическому воздействию заземлителей, заземляющих проводников и экранов кабелей;
- определение распределения импульсных напряжений при КЗ на землю, ударах молнии в молниеотводы и протекании токов через ограничители перенапряжений;
- определение коррозионного состояния заземляющих проводников и заземлителей.

15.3 Методы проверки состояния ЗУ электроустановок предусматривают проведение измерений и расчетов с целью определения соответствия параметров ЗУ нормируемым параметрам, как приведено в [7]. Измерения параметров ЗУ выполняют с помощью приборов и устройств для имитации аварийных режимов.

15.4 Для проведения необходимых расчетов параметров ЗУ электроустановок могут быть использованы специальные компьютерные программы.

Пример расчета параметров ЗУ с помощью специализированного программного обеспечения приведен в приложении Б.

15.5 По результатам проведенного контроля состояния ЗУ электроустановок составляют технический отчет (протоколы, ведомости проверки параметров и состояния ЗУ), в котором в общем случае должны быть представлены:

- характеристика объекта;
- результаты измерений и расчетов;
- анализ результатов проверки состояния ЗУ;
- заключение о соответствии ЗУ требованиям электробезопасности и ЭМС.

В заключении рекомендуется указать на соответствие/не соответствии ЗУ требованиям стандартов или технических условий на ЗУ конкретных типов.

16 Указания по монтажу и эксплуатации

16.1 Монтаж и эксплуатация ЗУ проводятся в соответствии с нормами и требованиями, установленными настоящим стандартом, [2], [8]—[10], проектной документацией, правилами и нормами, действующими в конкретной отрасли применения ЗУ, паспортом и инструкцией по монтажу ЗУ конкретного типа.

16.2 По истечении срока службы ЗУ подлежат техническому освидетельствованию в соответствии с [11] (пункты 8, 9), с целью установления фактического технического состояния и возможности его дальнейшей эксплуатации.

16.3 По результатам проведенного контроля состояния ЗУ опор должна быть составлена Ведомость проверки состояния и измерения значения сопротивления ЗУ опор ВЛ (см. [12]).

17 Требования безопасности

Требования безопасности ЗУ должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0.

17.1 Требования электробезопасности

Требования электробезопасности ЗУ должны соответствовать ГОСТ 12.1.019 и обеспечиваться конструкцией ЗУ и применяемыми материалами.

Класс защиты ЗУ от поражения электрическим током — III по ГОСТ 12.2.007.0.

17.2 Требования пожарной безопасности

Пожаробезопасность ЗУ должна соответствовать ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.044 и обеспечиваться применением соединительных кабелей, не распространяющих горение.

17.3 Требования экологической безопасности

17.3.1 При эксплуатации ЗУ не должны оказывать вредного влияния на окружающую среду в количествах, превышающих гигиенические показатели по ГОСТ 12.2.007.0.

При производстве заземлителей необходимо контролировать предельно допустимые выбросы вредных веществ по ГОСТ Р 58577. Плановый лабораторный контроль за содержанием вредных веществ в атмосферном воздухе необходимо выполнять по графику, согласованному с территориальными органами Госсанэпиднадзора.

17.3.2 Экологическая безопасность заземлителей обеспечивается применяемыми материалами и выполнением требований 17.1 и 17.2. Материалы конструкций заземлителей при соблюдении режимов их изготовления, хранения и эксплуатации не должны выделять вредные продукты в концентрациях, опасных для организма человека, и загрязнять окружающую среду. По степени воздействия АЗ относятся к четвертому классу опасности по ГОСТ 12.2.007.0 (малоопасные вещества).

Заземлители не являются опасными в экологическом отношении, и специальные требования по утилизации при выводе их из эксплуатации не предъявляются.

17.3.3 Дополнительные экологические требования, при необходимости, должны быть изложены в стандартах или технических условиях на ЗУ конкретных типов.

Приложение А
(рекомендуемое)

Паспорт заземляющего устройства

А.1 Паспорт ЗУ должен содержать:

- исполнительную схему ЗУ, выполненную в масштабе с указанием магистралей искусственного заземлителя, заземляемого оборудования, мест присоединения заземляющих проводников к ЗУ (на исполнительной схеме должны быть показаны все подземные и наземные связи ЗУ);
- дату ввода ЗУ в эксплуатацию (дату реконструкции или ремонта ЗУ);
- основные параметры заземлителя (материал, профиль, сечение проводников);
- данные по сопротивлению ЗУ;
- удельное сопротивление грунта;
- данные по напряжению прикосновения;
- данные по сопротивлению связи оборудования с ЗУ;
- степень коррозии искусственных заземлителей;
- сведения по ЭМС;
- ведомость/журнал учета дефектов на электрооборудовании, обнаруженных в ходе текущих проверок;
- сведения по устранению замечаний и дефектов ЗУ;
- заключение о пригодности ЗУ к эксплуатации.

А.2 Пример оформления паспорта заземляющего устройства подстанции

_____
(наименование организации: ОАО «ФСК ЕЭС», МЭС, ПМС)

«УТВЕРЖДАЮ»
Главный инженер _____ (наименование организации)
_____ Ф.И.О. (личная подпись)
«___» _____ 20___г.

ПАСПОРТ

заземляющего устройства подстанции № _____
(№ и название подстанции)

РАЗРАБОТАН	СОГЛАСОВАНО
_____ (наименование организации)	Начальник службы подстанций _____ Ф.И.О. (личная подпись)
Руководитель организации	Начальник службы РЗиА
_____ Ф.И.О. (личная подпись)	_____ Ф.И.О. (личная подпись)
«___» _____ 20___г.	«___» _____ 20___г.

20___г.

Дата ввода в эксплуатацию заземляющего устройства подстанции № _____	_____ (год)
Дата капитального ремонта (реконструкции)	_____ (месяц, год)
Материал заземлителей и заземляющих проводников	_____ (сталь, медь)
Профиль заземлителей и заземляющих проводников	_____ (полоса, стержень)
Сечение заземляющих проводников	_____ ($мм^2$)
Сечение заземлителей	_____ ($мм^2$)
Глубина залегания заземлителей	_____ (м)
Исполнительные схемы заземляющего устройства: _____ (название чертежей) _____ (название чертежей) _____ (название чертежей)	

Электробезопасность:

Заземляющее устройство ПС № ..... «.....» соответствует требованиям электробезопасности.

Электромагнитная совместимость:

Заземляющее устройство ПС №..... «.....» соответствует требованиям электромагнитной совместимости.

Решение о пригодности заземляющего устройства подстанции к эксплуатации:

Заземляющее устройство ПС №..... «.....» пригодно к эксплуатации.

А.3 Пример оформления приложения к паспорту заземляющего устройства подстанции:

Приложение 1
к паспорту заземляющего устройства
подстанции №… «……»

ВЕДОМОСТЬ ДЕФЕКТОВ

№ п/п	Дата проверки	Оборудование или группа оборудования	Обнаруженные недостатки	Устранение замечаний		
				Организация-исполнитель	Отметка	Дата
1	2	3	4	5	6	7
Пример заполнения						
1	Октябрь 2020 г.	Разъединитель ЛР ВЛ-1	Не заземлен		Заземлен	15.11.2020 г.

Результаты проверки заземляющего устройства подстанции №…. «……»

№ п/п	Наименование объекта	Дата проверки	Сопротивление ЗУ (Ом)	Напряжение на ЗУ, кВ	Степень коррозии заземлителя, не более, %	Пригодность ЗУ к эксплуатации	Дата следующей проверки	Примечания
Пример заполнения								
1	ОРУ-110/35 кВ	2020 г. ноябрь	0,28 ± 0,03	4,4	20	Пригодно	2032 г.	—

Результаты проверки металлосвязи оборудования с заземлителем подстанции №….. «…….»

№ п/п	Оборудование	Дата проверки	Наличие металлосвязи оборудования с ЗУ	Сопротивление металлосвязи между оборудованием с заземлителем, Ом	Степень коррозии, не более, %	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки	Примечания
Пример заполнения								
1	Все оборудование подстанции	2020 г. ноябрь	есть	0,04 ± 0,01	20	пригодно	2032 г.	—

Результаты контрольных измерений напряжения прикосновения на ПС №….. «……»

№ п/п	Наименование объекта	Дата проверки	Расчетный ток КЗ, кА	Время срабатывания защиты, с	Наибольшее значение напряжения прикосновения, В	Соответствие нормативным документам	Дата следующей проверки
Пример заполнения							
1	ОРУ-110 кВ	2020 г., ноябрь	11,062	0,1	до 500 В — все оборудование	соответствует	2032 г.
2	ОРУ-110 кВ	2020 г., ноябрь	11,062	>1,0	до 65 В — разъединители	соответствует	2032 г.
3	ОРУ-35 кВ	2020 г., ноябрь	3,161	0,1	до 500 В — все оборудование	соответствует	2032 г.
4	ОРУ-35 кВ	2020 г., ноябрь	3,161	>1,0	до 65 В — разъединители	соответствует	2032 г.

Результаты проверки электромагнитной обстановки на ПС № ... «.....»

Дата проверки	Напряжение на ЗУ при КЗ на ОРУ, кВ	Разность потенциалов между точкой КЗ и РЩ, кВ	Наибольший ток в экране кабеля, А	Уровни импульсных помех в цепях РЗА (общего типа/ дифференциального типа), кВ				Потенциал на шине вблизи кабельного канала при ударе молнии, кВ	Соответствие нормативным документам	Дата следующей проверки
				ТН	ТТ	управления	сигнализации			
Пример заполнения										
Ноябрь 2020 г.	4,4	0,5	200	0,1 / 0,1	0,3 / 0,1	0,2 / 0,1	0,2 / 0	Менее 150	Соответствует	2032 г.

Сведения об изменениях после ремонта или реконструкции

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

Приложение Б
(справочное)

Методы расчета параметров заземляющего устройства

Б.1 Методика расчета параметров заземляющего устройства электроустановок выше 1 кВ с помощью специализированного программного обеспечения

Б.1.1 Расчет параметров ЗУ рекомендуется проводить с помощью специализированного программного обеспечения.

Для определения параметров ЗУ должны быть проведены расчеты распределения токов и потенциалов по элементам ЗУ, а также потенциалов в грунте и на поверхности грунта в следующих режимах:

- установившемся режиме КЗ на ПС (на всех ОРУ) или в примыкающей электрической сети с эффективно заземленной нейтралью;
- установившемся режиме двойного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью или нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор;
- переходном режиме КЗ;
- однофазном замыкании в электрической сети, содержащей дугогасящий реактор или резистор, устанавливаемый на проектируемой ПС;
- при вводе высокочастотного импульсного тока в ЗУ при коммутациях;
- при ударах молнии в молниеотводы, расположенные на территории ПС.

По результатам расчета должны быть определены напряжения прикосновения, термическая стойкость искусственных и естественных заземляющих проводников, заземленных экранов и оболочек кабелей, напряжения, прикладываемые к изоляции кабелей и техническим средствам.

Б.1.2 Расчеты рекомендуется выполнять по следующему алгоритму:

а) в программу расчета следует внести эквивалентную схему замещения конфигурации ЗУ и информацию об электрических характеристиках грунта;

б) в определенные точки ЗУ [предполагаемые места КЗ, места заземления нейтралей Т(АТ), молниеотводы] следует ввести расчетные значения токов;

в) следует произвести расчет распределения токов и потенциалов по элементам ЗУ, а также потенциалов в грунте и на поверхности грунта;

г) по результатам расчета следует определить значения параметров ЗУ. При превышении допустимых значений нормируемых параметров выполняют корректировку схемы ЗУ с учетом требований настоящего стандарта;

д) следует произвести повторный расчет для скорректированной схемы;

е) действия, приведенные в перечислениях в) — д), следует повторить до достижения всех параметров ЗУ нормируемых значений.

Б.1.3 Для ЗУ площадью до 1000 м^2 или при расположении ПС и грунтах с высоким удельным сопротивлением особое внимание должно быть уделено введению в расчетную схему естественных заземлителей:

- системы трос-опора, при наличии заземленного на ПС и опорах грозотроса;
- фундаментов зданий и оборудования;
- скважин, трубопроводов;
- прочих металлосвязей с внешними объектами.

По результатам расчета должны быть определены:

- напряжение на ЗУ;
- потенциал в месте КЗ;
- потенциал в местах установки вторичного оборудования (ОПУ, РЩ, ГЩУ и т. п.);
- напряжение прикосновения вблизи места КЗ;
- токи в экранах (броне, оболочке) кабелей.

Б.1.4 Сечение заземляющих проводников и заземлителей следует выбирать по условию тепловой устойчивости. Допустимые токи КЗ для искусственных заземляющих проводников и заземлителей $I_{доп}$, кА, определяют по формуле

$$I_{доп} = \frac{S}{S_{доп} q}, \qquad (Б.1)$$

где S — поперечное сечение проводника или экрана кабеля, мм^2;

$S_{доп}$ — допустимое сечение для тока в 1 кА продолжительностью воздействия 1 с;

q — коэффициент, учитывающий продолжительность воздействия тока, определяемый по формуле

$$q = \begin{cases} \sqrt{t + 0{,}09}, \text{ где } t < 1 \text{ с} \\ 0{,}8\sqrt{t}, \quad \text{где } t > 1 \text{ с} \end{cases}. \qquad (Б.2)$$

Значения $S_{доп}$ приведены в таблице Б.1.

Допустимое сечение $S_{доп}$ для проводников при токе 1 кА длительностью 1 с.

Таблица Б.1

Тип проводника	$S_{доп}$, мм^2/кА
Горизонтальный стальной заземлитель	14,0
Заземляющий проводник из стали, подсоединенный к аппарату	16,5
Горизонтальный медный заземлитель	4,6
Заземляющий проводник из меди, подсоединенный к аппарату	5,4
Арматура железобетона	30,3

Б.1.5 Допустимую плотность тока по заземляющему проводнику i рассчитывают по формуле

$$i = \frac{I}{S} \le \frac{k}{\sqrt{t}}, \qquad (Б.3)$$

где S — площадь поперечного сечения защитного проводника, мм^2;

I — ток, протекающий по защитному проводнику, А;

t — время протекания тока по защитному проводнику (соответствует полному времени отключения КЗ — не более 5 с), с;

k — коэффициент, значение которого зависит от материала защитного проводника, изоляции кабеля, начальной и конечной температур нагрева.

Значение k для защитного проводника принимают по [2] (таблица 1.7.6). Если тип изоляции кабеля не известен, то принимают значения k, соответствующие температуре нагрева 160 °С.

Б.1.6 Температуру нагрева медных и алюминиевых экранов контрольных кабелей $\Delta\Theta$, °С, при КЗ в электроустановках напряжением 110 кВ и выше при заземлении экранов с двух сторон рассчитывают по формуле

$$\Delta\Theta = 7 \cdot \left(\frac{U_{нэ}}{L} \right)^{1,5} \cdot \sqrt{\tau}, \qquad (Б.4)$$

где $U_{нэ}$ — приложенное к заземленным концам экрана напряжение, обусловленное неэквипотенциальностью ЗУ, В;

L — длина кабеля, м;

τ — время отключения КЗ, с.

Б.1.7 Определение напряжения прикосновения следует выполнять с учетом сопротивлений тела человека и основания. Сопротивление основания должно быть определено с учетом обустройства верхнего слоя грунта (глина, трава, песок, щебень, асфальт).

Для сети с изолированной нейтралью расчетным случаем является двойное замыкание на землю. Необходимо выбрать два места ввода тока, наиболее удаленных друг от друга в пределах территории, занимаемой этой сетью. При наличии токоограничивающих реакторов в этой сети расчет рекомендуется проводить отдельно для участка сети с максимальным током КЗ (до реакторов) и для участка с максимальным разносом точек этой сети.

В выбранные места двойного КЗ на землю следует задать ввод тока (с противоположными фазами) и выполнить расчет.

Б.1.8 При расчете переходного режима КЗ и коммутаций на расчетной схеме ЗУ следует задать ввод высокочастотного импульсного тока в предполагаемое место КЗ или коммутируемого аппарата. Параметры импульсного

тока рекомендуется определить расчетом переходного процесса в первичной схеме с помощью компьютерной программы.

Б.1.9 Расчет распределения потенциалов рекомендуется проводить для точек ЗУ в местах расположения трансформаторов/автотрансформаторов, трансформаторов напряжения и тока. Расчет следует проводить с учетом присоединения к ЗУ экранов контрольных кабелей.

Б.1.10 При расчете ЗУ при однофазном замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью, содержащей дугогасящий реактор или резистор, расчету подлежат ЗУ, к которым подсоединены дугогасящие реакторы и/или резисторы. За расчетный ток принимается ток, равный 125 % номинального тока, присоединенного к ЗУ наиболее мощного из этих аппаратов. Должны быть выполнены расчеты напряжения на ЗУ и напряжений прикосновения.

Б.1.11 При расчете удара молнии на расчетной схеме ЗУ следует задать ввод импульсного тока молнии в молниеприемник.

Форма тока молнии — стандартная 10/350 мкс, амплитуда 100 кА.

В качестве мест ввода тока выбирают молниеприемники, расположенные вблизи трасс прокладки кабелей вторичных цепей и мест установки оборудования, к которым присоединяют такие кабели.

Б.2 Определение сопротивления заземляющего устройства для различных конструкций

Б.2.1 Для приближенных расчетов сопротивления ЗУ используют расчетные формулы для различных конструкций ЗУ.

Б.2.2 Для расчета параметров ЗУ необходимы характеристики электрической структуры грунта.

Б.2.3 Для определения удельного электрического сопротивления грунта проводят измерения по методу ВЭЗ. Метод ВЭЗ позволяет выявить электрическую неоднородность структуры грунта — число и толщину слоев с различными значениями удельного электрического сопротивления грунта.

Б.2.4 Полученная экспериментально кривая ВЭЗ — зависимость удельного сопротивления грунта ρ от половины расстояния между токовыми электродами D сопоставляется с теоретическими кривыми «кажущегося» значения ρ для двухслойного грунта, рассчитываемыми по формуле

$$\rho = \rho_1 \left(1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \right)^n \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \left(\frac{4nh}{D} \right)^2 \right)^3}} \right), \qquad (Б.5)$$

где h — глубина раздела слоев, м;

ρ_1, ρ_2 — удельное сопротивление грунта верхнего и нижнего слоев соответственно, Ом · м.

Значения h, ρ_1, ρ_2, при которых теоретическая кривая наиболее близка к кривой ВЭЗ, принимаются соответственно в качестве значений толщины верхнего слоя грунта и удельных сопротивлений верхнего и нижнего слоев грунта. Определение значений h, ρ_1, ρ_2 может быть проведено с помощью численных методов высшей математики, например методом наименьших квадратов.

Б.2.5 Для расчетов сопротивления ЗУ по упрощенным аналитическим выражениям двухслойный грунт заменяется однородным. Эквивалентное удельное сопротивление $\rho_э$ определяется из условия, что сопротивление ЗУ при однородном грунте должно быть приблизительно равно сопротивлению ЗУ при двухслойном грунте.

Зависимости $\rho_э/\rho_2$ от ρ_1/ρ_2 для различных конструкций заземлителей приведены на рисунках Б.1—Б.4. Под n-лучевым подразумевается заземлитель из нескольких горизонтальных заземлителей, расходящихся из одной точки, с одинаковыми углами между лучами.

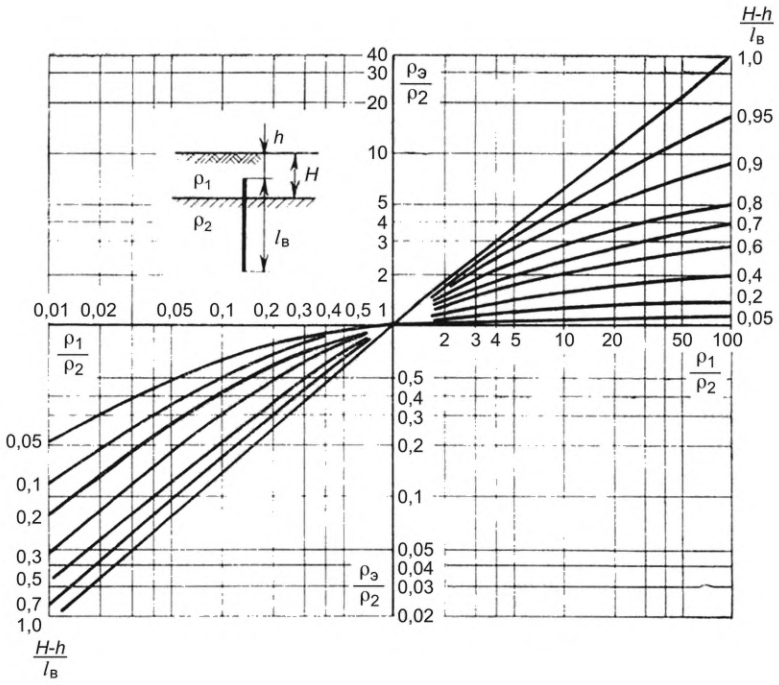


Рисунок Б.1 — Относительное эквивалентное удельное сопротивление грунта для расчета одиночного вертикального заземлителя

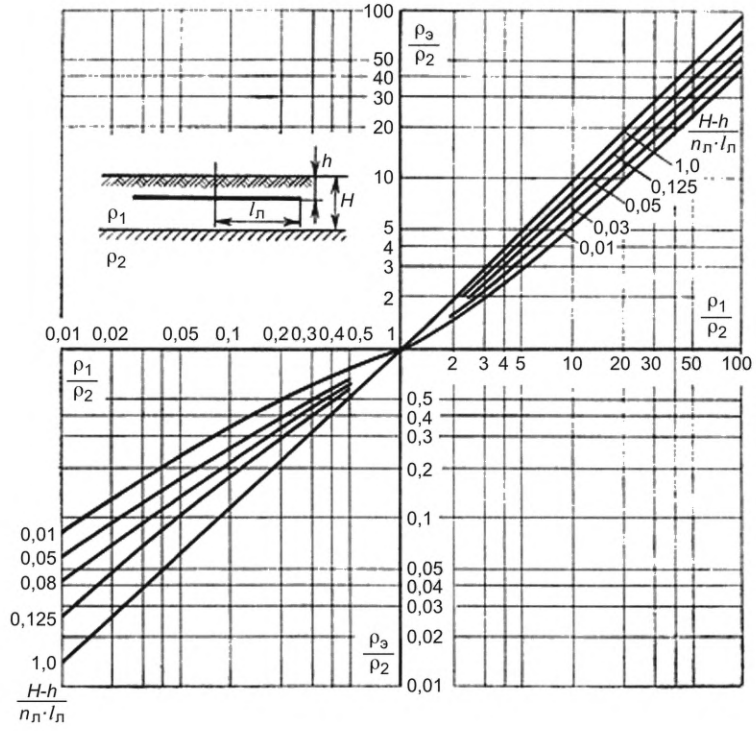


Рисунок Б.2 — Относительное эквивалентное удельное сопротивление грунта для расчета *n*-лучевых заземлителей

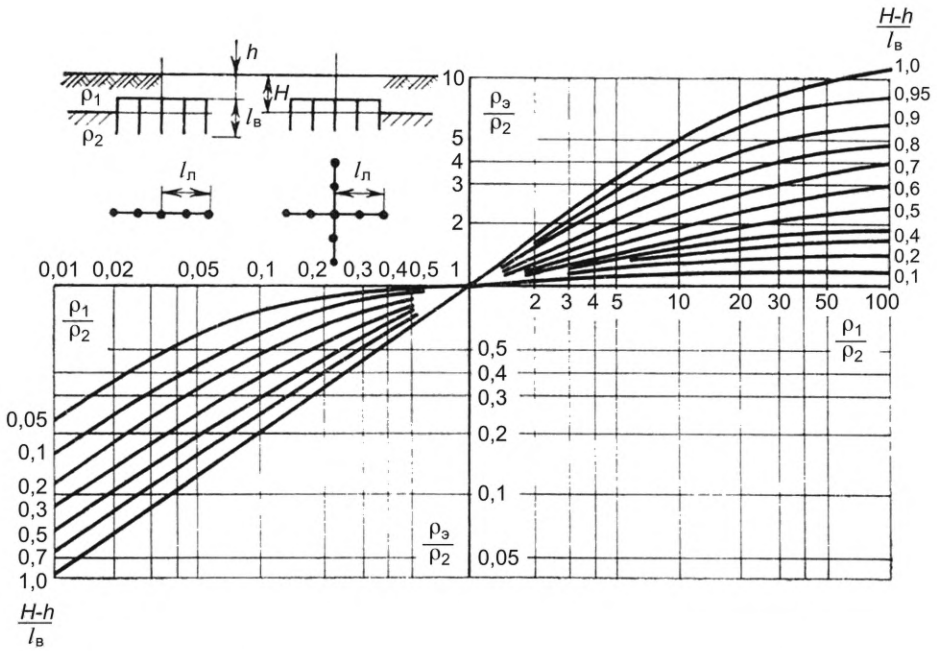
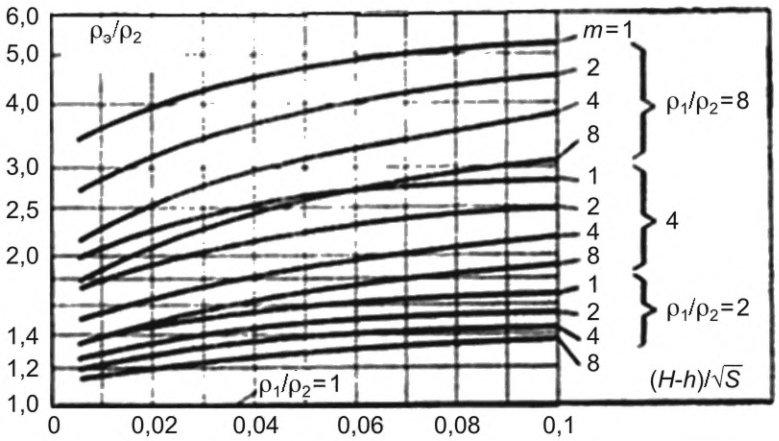
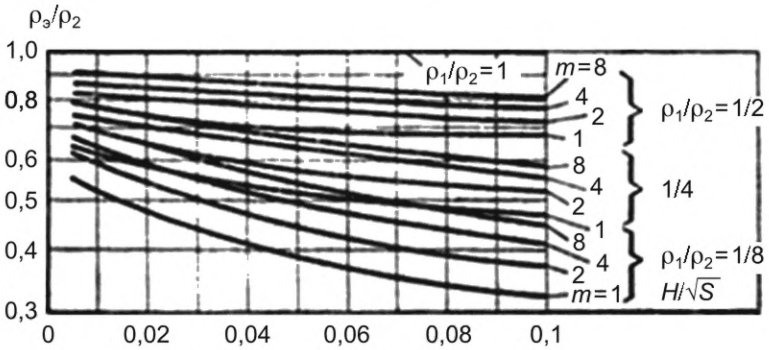


Рисунок Б.3 — Относительное эквивалентное удельное сопротивление грунта для расчета *n*-лучевых заземлителей с вертикальными заземлителями



а) для $\rho_1/\rho_2 \geq 1$



б) для $\rho_1/\rho_2 \leq 1$

m — число ячеек в сетке; *H* — толщина верхнего слоя; *h* — глубина заложения сетки; *S* — площадь сетки

Рисунок Б.4 — Относительное эквивалентное удельное сопротивление грунта для расчета заземлителей в виде сеток

Б.2.6 Сопротивление R вертикального стержневого заземлителя, заглубленного на расстояние t от поверхности земли (см. рисунок Б.5), рассчитывают по формуле

$$R = \frac{\rho}{2\pi l}\left(\ln\frac{4l}{2{,}72d} + \ln\frac{2l+2t}{l+2t} + \frac{t}{l}\ln\frac{4t(l+t)}{(l+2t)^2}\right), \quad (Б.6)$$

где ρ — удельное сопротивление грунта, Ом·м;

l — длина электрода, м;

t — глубина расположения верхнего конца электрода, м;

d — диаметр электрода, м.

Формула справедлива для заземлителя круглого сечения при $l >> d$.

Приведение многослойного грунта к двухслойному и двухслойного к однородному может быть выполнено по зависимостям, представленным на рисунке Б.1.

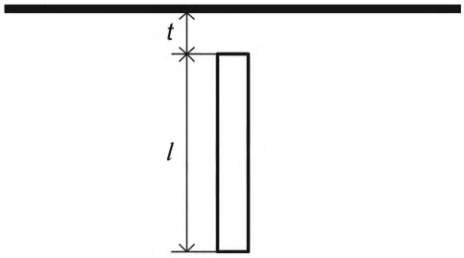


Рисунок Б.5 — Вертикальный заземлитель

Для расчета сопротивления R также может быть применена формула

$$R = \frac{0{,}366\cdot\rho}{l}\cdot\left(\lg\left(\frac{2\cdot l}{d}\right) + \frac{1}{2}\cdot\lg\left(\frac{4\cdot t_1 + l}{4\cdot t_1 - l}\right)\right), \quad (Б.7)$$

где ρ — удельное сопротивление грунта, Ом · м;

d — диаметр электрода, м;

l — длина электрода, м;

t_1 — глубина заложения вертикального электрода от поверхности земли, м, рассчитываемая по формуле

$$t_1 = t + 0{,}5\cdot l. \quad (Б.8)$$

Если размеры длины и диаметра вертикального электрода соизмеримы, сопротивление R может быть определено по формуле

$$R = \frac{\rho}{2\pi l\left(1{,}274\left(\frac{a}{2l}\right) + 0{,}654\left(\frac{a}{2l}\right)^{0{,}24}\right)}, \quad (Б.9)$$

где ρ — удельное сопротивление грунта, Ом · м;

a — радиус электрода, м;

l — длина электрода, м.

Сопротивление полусферического электрода R может быть приближенно определено по формуле

$$R = \frac{\rho}{\pi D}, \quad (Б.10)$$

где ρ — удельное сопротивление грунта, Ом · м;

D — диаметр электрода, м.

Б.2.7 Горизонтальный (лучевой) одиночный заземлитель длиной l на глубине t от поверхности земли представлен на рисунке Б.6.

Расчеты проводятся для однородного грунта. Рассматривается заземлитель круглого сечения, для которого $l >> d$. Многослойный грунт приводится к двухслойному, а двухслойный грунт к однородному по зависимостям, представленным на рисунке Б.2.

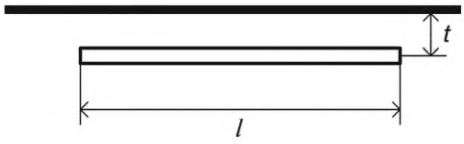


Рисунок Б.6 — Горизонтальный заземлитель

Сопротивление одиночного горизонтального заземлителя R рассчитывается по формуле

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{l}{1{,}36\sqrt{dt}}, \quad (Б.11)$$

где d — диаметр электрода, м;

t — глубина заложения электрода от поверхности земли, м;

l — длина электрода, м.

Сопротивление n-лучевого заземлителя R может быть определено по формуле

$$R = A\frac{\rho_э}{l_л}, \quad (Б.12)$$

где A — коэффициент подобия;

$\rho_э$ — эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$l_л$ — длина электрода, м.

Коэффициент A определяют в зависимости от числа лучей по рисунку Б.7.

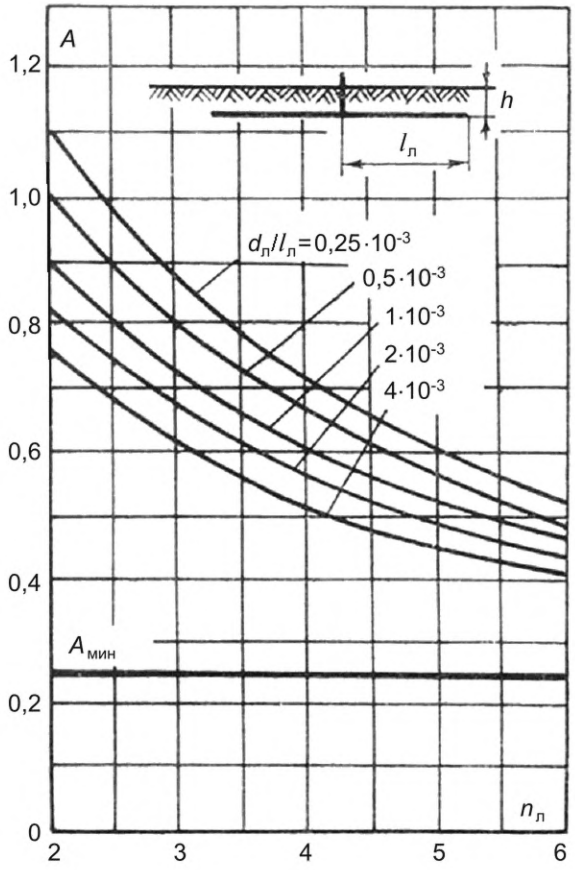


Рисунок Б.7 — Коэффициент подобия A для лучевых заземлителей в зависимости от числа лучей $n_л$ и отношения диаметра $d_л$ к длине электрода $l_л$

Б.2.8 Сопротивление ЗУ из n-лучевых горизонтальных заземлителей с вертикальными электродами R рассчитывают по формуле

$$R = A \cdot \Delta_в \cdot \frac{\rho_э}{l_л}, \qquad (Б.13)$$

где A — коэффициент подобия;

$\rho_э$ — эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$l_л$ — длина электрода, м;

$\Delta_в$ — коэффициент, учитывающий снижение сопротивления n-лучевого заземлителя от добавления вертикальных электродов.

Коэффициент подобия A определяют по рисунку Б.7, а коэффициент $\Delta_в$ — по рисунку Б.8.

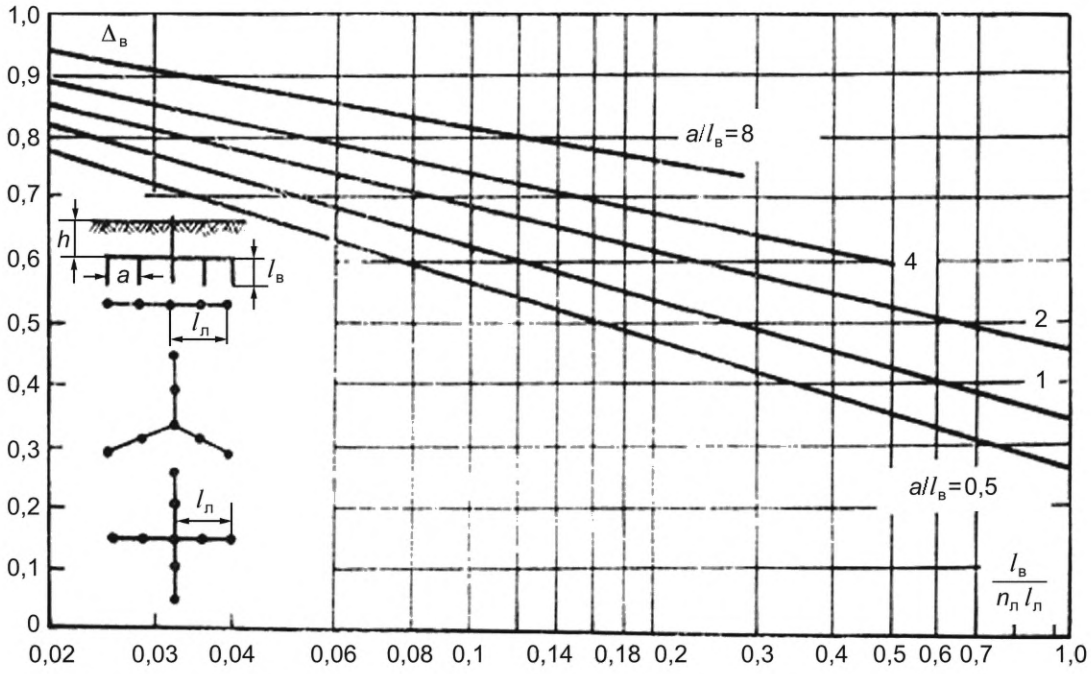


Рисунок Б.8 — Зависимость коэффициента $\Delta_в$ от добавления вертикальных электродов

Б.2.9 Расчет сопротивления заземляющих устройств фундаментов опор воздушных линий

Сопротивление свайных железобетонных фундаментов может быть приближенно определено по формуле

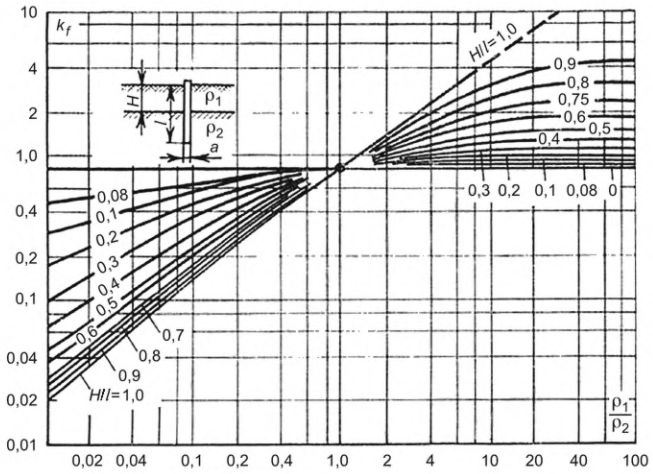
$$R = \frac{\rho_2}{l} k_f, \qquad (Б.14)$$

где k_f — безразмерный коэффициент формы, зависящий от конфигурации заземлителя, а также от строения двухслойного грунта — толщины верхнего слоя H и соотношения удельных сопротивлений ρ_1/ρ_2;

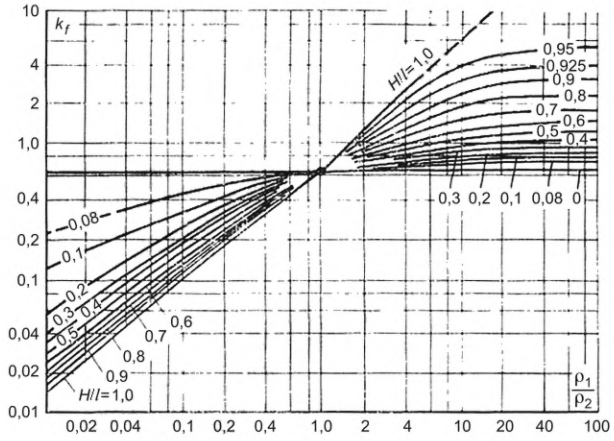
l — длина фундамента, заложенного в земле, м;

ρ_2 — сопротивление нижнего слоя грунта, Ом · м.

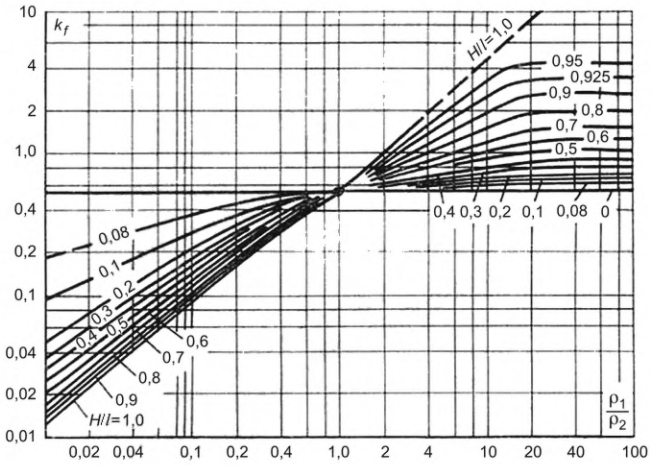
Коэффициент k_f может быть определен по зависимостям, представленным на рисунках Б.9 — Б.11.



а) для a/l = 0,03

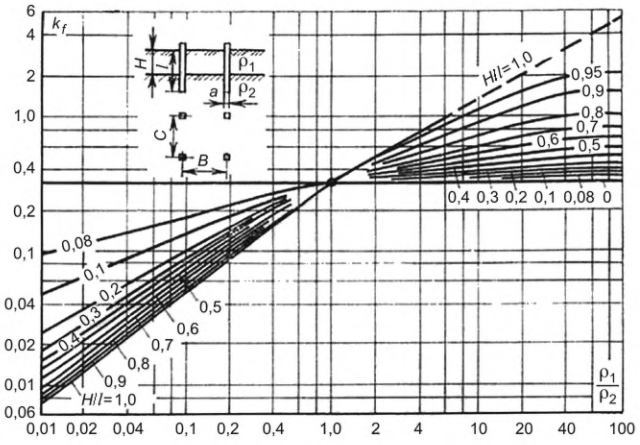


б) для a/l = 0,05

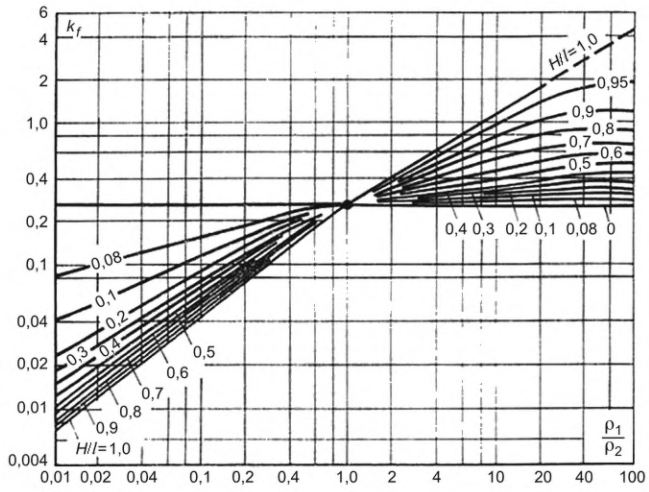


в) для a/l = 0,1

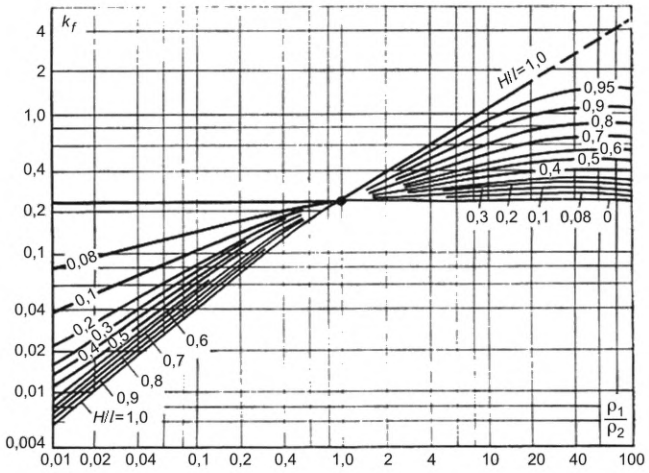
Рисунок Б.9 — Коэффициент формы k_f в зависимости от ρ_1/ρ_2 и H/l для одиночной сваи или подземной части одностоечной опоры



а) для B/l = 1,0



б) для B/l = 1,5



в) для B/l = 2,0

Рисунок Б.10 — Коэффициент формы k_f в зависимости от ρ_1/ρ_2 и H/l для четырехсвайного фундамента башенной опоры при a/l = 0,05, B/C = 1,0

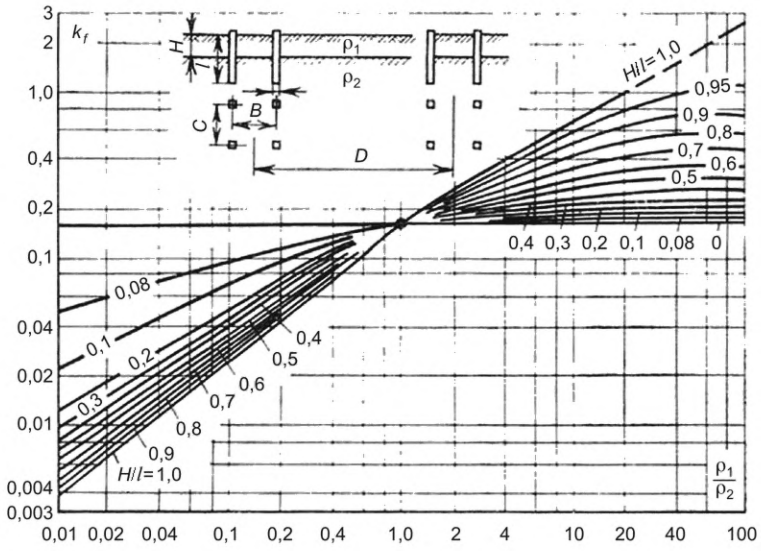


Рисунок Б.11 — Коэффициент формы k_f в зависимости от ρ_1/ρ_2 и H/l для восьмисвайного фундамента портальной опоры при a/l = 0,05, B/C = 1,0, B/l = 1,0, D/l = 3,0

Б.2.10 Расчет сопротивления заземлителей в виде сетки с вертикальными электродами по периметру сетки проводят для однородного грунта. Рассматривается заземлитель круглого сечения при $l >> d$. Многослойный грунт приводится к двухслойному, а двухслойный грунт может быть приведен к однородному по зависимостям, представленным на рисунке Б.4.

Сопротивление заземлителя R в виде сетки с числом ячеек больше 10 и вертикальными электродам длиной много меньше, чем $\sqrt{S}$, может быть приближенно рассчитано по формуле

$$R = 0,44\frac{\rho_э}{\sqrt{S}}, \quad (Б.15)$$

где $\rho_э$ — эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом · м;

S — площадь сетки, м^2.

Приложение В
(справочное)

Предельно допустимые напряжения и токи прикосновения и шага

В соответствии с ГОСТ Р 12.1.038 электроустановки напряжением выше 1 кВ относят к электроустановкам производственного назначения. Напряжения и токи прикосновения и шага переменного тока 50 Гц для производственных электроустановок при аварийном режиме не должны превышать значений, приведенных в таблице В.1, а для постоянного тока — приведенных в таблице В.2.

Таблица В.1 — Предельно допустимые значения напряжений и токов прикосновения и шага при аварийных режимах в электроустановках промышленного назначения

Путь протекания тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t, с											
		Менее 0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св. 1,0
Кисть руки — ступни ног	$U_{прик}$, В	390	340	310	240	165	125	100	88	82	76	73	65
	I, мА	500	400	350	250	150	100	75	63	57	52	50	40
Между ступнями ног	$U_{шаг}$, В	1200	1170	1150	975	900	750	450	400	350	300	250	150
	I, мА	4000	3900	3750	3250	3000	2500	1875	1575	1425	1300	1250	300

Таблица В.2 — Предельно допустимые значения напряжений и токов прикосновения для постоянного тока

Путь протекания тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t, с											
		Менее 0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св. 1,0
Кисть руки — ступни ног	$U_{прик}$, В	390	310	240	220	205	195	190	180	170	160	155	50
	I, мА	500	350	250	220	200	190	180	170	160	150	140	100

В соответствии с ГОСТ Р 12.1.038 предельно допустимые напряжения прикосновения для импульсов от молнии должны быть приняты не выше 6 кВ, а предельно допустимые напряжения шага — не выше 15 кВ.

Приложение Г
(справочное)

Материал, тип и размеры заземлителей

Согласно [2] (пункт 1.7) искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали, или медными. Материал и наименьшие размеры заземлителей должны соответствовать приведенным в таблице Г.1.

Таблица Г.1 — Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле (см. [2], пункт 1.7)

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм	Толщина стенки, мм
Сталь черная	Круглый: - для вертикальных заземлителей	16	—	—
	- для горизонтальных заземлителей	10	—	—
	Прямоугольный (полоса)	—	100	4
	Угловой	—	100	4
	Трубный	32	—	3,5
Сталь оцинкованная	Круглый: - для вертикальных заземлителей	12	—	—
	- для горизонтальных заземлителей	10	—	—
	Прямоугольный (полоса)	—	75	3
	Трубный	25	—	2
Медь	Круглый	12	—	—
	Прямоугольный	—	50	2
	Трубный	20	—	2
	Канат многопроволочный	1,8 *	35	—
* Диаметр каждой проволоки.				

Минимальные размеры проложенных в земле заземляющих электродов из наиболее распространенных материалов по ГОСТ Р 50571.5.54 приведены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 — Минимальные размеры проложенных в земле заземляющих электродов из наиболее распространенных материалов с точки зрения коррозионной и механической стойкости

Материал и поверхность электрода	Профиль	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм^2	Толщина, мм	Масса покрытия, гр/м^2	Толщина покрытия/ оболочки, мкм
Сталь, замоноличенная в бетон (голая, горячего цинкования или нержавеющая)	Круглая проволока	10	—	—	—	—
	Лента или полоса	—	75	3	—	—

Продолжение таблицы Г.2

Материал и поверхность электрода	Профиль	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм^2	Толщина, мм	Масса покрытия, гр/м^2	Толщина покрытия/ оболочки, мкм
Сталь горячего цинкования [2)]	Полоса[1)] или профилированная полоса/ пластина — сплошная пластина — перфорированная пластина	—	90	3	500	63
	Круглый стержень устанавливают вертикально	16	—	—	350	45
	Круглая проволока — устанавливают горизонтально	10	—	—	350	45
	Трубный	25	—	2	350	45
	Скрученный (замоноличенный в бетон)	—	70	—	—	—
	Перекрестный профиль устанавливают вертикально	—	(290)	3	—	—
Сталь в медной оболочке	Круглый стержень устанавливают вертикально	(15)	—	—	—	2000
Сталь с гальваническим медным покрытием	Круглый стержень устанавливают вертикально	14	—	—	—	250 [3)]
	Круглая проволока — устанавливают горизонтально	(8)	—	—	—	70
	Полоса, установленная горизонтально	—	90	3	—	70
Нержавеющая сталь [4)]	Полоса[1)] или профилированная полоса/ пластина	—	90	3	—	—
	Круглый стержень устанавливают вертикально	16	—	—	—	—
	Круглая проволока — устанавливают горизонтально	10	—	—	—	—
	Трубный	25	—	—	—	—

Окончание таблицы Г.2

Материал и поверхность электрода	Профиль	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм^2	Толщина, мм	Масса покрытия, гр/м^2	Толщина покрытия/ оболочки, мкм
Медь	Полоса	—	50	2	—	—
	Круглая проволока — устанавливают горизонтально	—	(25) [5] 50	—	—	—
	Сплошной круглый стержень устанавливают вертикально	(12) 15	—	—	—	—
	Многопроволочный провод	1,7 скрутка индивид.	(25) [5] 50	—	—	—
	Трубный	20	—	2	—	—
Медь	Сплошная пластина	—	—	(1,5) 2	—	—
	Перфорированная пластина	—	—	2	—	—

[1] Как катанная, так и резанная полоса с закругленными краями.

[2] Покрытие должно быть гладким, непрерывным и лишенным натеков.

[3] Толщина обеспечивает защиту от механического повреждения медного покрытия во время процесса монтажа. Он может быть уменьшен, но не менее чем до 100 мкм, если приняты специальные меры предосторожности, чтобы избежать механического повреждения меди во время процесса монтажа (например, пробуренные отверстия или специальные защитные наконечники — принимают согласно инструкции изготовителя).

[4] Хром ≥ 16 %, никель ≥ 5 %, молибден ≥ 2 %, углерод ≤ 0,08 %.

[5] Если опыт показывает, что риск коррозии и механического повреждения чрезвычайно низок, может использоваться сечение 16 мм^2.

Примечание — Размеры в скобках применимы только для защиты от поражения электрическим током, в то время как значения не в скобках применимы для защиты от удара молнии и поражения электрическим током

Минимальные размеры заземлителей молниезащиты по ГОСТ Р МЭК 62561.2 приведены в таблице Г.3.

Таблица Г.3 — Материал, конфигурация и минимальные размеры заземлителей

Материал	Конфигурация проводника	Минимальные размеры			Примечание
		Диаметр стержня, мм	Проводник	Пластина	
Медь	Многожильный[1)]	—	50 мм^2	—	Минимальный диаметр каждой жилы 1,7 мм^2
	Круглый одножильный[1)]	—	50 мм^2	—	Диаметр 8 мм
	Цельнометаллическая лента[1)]	—	50 мм^2	—	Минимальная толщина 2 мм
	Круглый одножильный	15	—	—	—
	Труба	20	—	—	—
	Цельнометаллическая пластина	—	—	500 × 500 мм	Минимальная толщина стенки 2 мм Минимальная толщина 2 мм
	Пластина-решетка	—	—	600 × 600 мм	Сечение 25 × 2 мм Минимальная длина решеточной конфигурации 4,8 м
Сталь	Круглый одножильный оцинкованный[2), 3)]	16	Диаметр 10 мм	—	—
	Оцинкованная труба[2), 3)]	25	—	—	Минимальная толщина стенки 2 мм
	Оцинкованная цельнометаллическая лента[2)]	—	90 мм^2	—	Минимальная толщина 3 мм
	Оцинкованная цельнометаллическая пластина[2)]	—	—	500 × 500 мм	Минимальная толщина 3 мм
	Оцинкованная пластина-решетка[2)]	—	—	600 × 600 мм	Сечение 30 × 3 мм
	Круглый одножильный омедненный[4)]	14	—	—	Не менее 250 мкм покрытия 99,9 % медью
	Круглый одножильный без покрытия[5)]	—	Диаметр 10 мм	—	—
	Цельнометаллическая лента оцинкованная или без покрытия[5), 6)]	—	75 мм^2	—	Минимальная толщина 3 мм
	Оцинкованный многожильный[5), 6)]	—	70 мм^2	—	Минимальный диаметр каждой жилы 1,7 мм^2
	Оцинкованный крестообразного сечения [2)]	50 × 50 × 3 мм	—	—	—
Нержавеющая сталь	Круглый одножильный	15	Диаметр 10 мм	—	Минимальная толщина 2 мм
	Цельнометаллическая лента	—	100 мм^2	—	—

[1)] Допускается лужение.
[2)] Покрытие должно быть гладким, непрерывным и без пятен флюса минимальной толщиной 50 мкм для круглых и 70 мкм для плоских материалов.
[3)] Перед оцинковыванием проводники должны быть механически обработаны.
[4)] Медь должна быть соединена со сталью путем горячего омеднения.
[5)] Допускается только в случае, если проводник целиком находится в бетоне.
[6)] Допускается только в случае, если проводник соединен через каждые 5 м с железобетонной стальной арматурой части фундамента, находящегося в соприкосновении с грунтом.

Приложение Д
(справочное)

Наибольшие допустимые значения сопротивления заземляющего устройства

Значения наибольших допустимых значений сопротивлений ЗУ различных электроустановок в соответствии с [2] приведены в таблице Д.1.

Таблица Д.1 — Наибольшие допустимые сопротивления ЗУ

Вид электроустановки	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика ЗУ	Сопротивление, Ом
1 Электроустановки напряжением выше 1 кВ, кроме ВЛ[1)]	Электроустановка сети с эффективно заземленной нейтралью	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	0,5
	Электроустановка сети с изолированной нейтралью при использовании ЗУ только для установки выше 1 кВ	Искусственный заземлитель вместе с подсоединенными естественными заземлителями	$250/I$[2)], но не более 10
	Электроустановка сети с изолированной нейтралью при использовании ЗУ для электроустановки до 1 кВ	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	$125/I$[2)], при этом должны быть выполнены требования к заземлению установки до 1 кВ
	ПС с высшим напряжением 20—35 кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале	Заземлитель ПС	4, без учета заземлителей, расположенных вне контура заземления ОРУ
	Отдельно стоящий молниеотвод	Обособленный заземлитель	80
2 Электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, кроме ВЛ[3)]	Электроустановка с глухозаземленными нейтралями генераторов или трансформаторов или выводами источников однофазного тока	Искусственный заземлитель с подключенными естественными заземлителями и учетом использования заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух при напряжении источника, В (трехфазный/однофазный): 660/380 380/220 220/127 Заземлитель, расположенный в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока при напряжении источника, В (трехфазный/однофазный): 660/380 380/220 220/127	 2 4 8 15 30 60

Окончание таблицы Д.1

Вид электроустановки	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика ЗУ	Сопротивление, Ом
3 ВЛ напряжением выше 1 кВ[4)]	Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, железобетонные и металлические опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ 3—20 кВ в населенной местности, а также заземлители электрооборудования, установленного на опорах ВЛ 110 кВ и выше	Заземлитель опоры при удельном эквивалентном сопротивлении ρ, Ом·м: до 100; св. 100 до 500 св. 500 до 1000 св. 1000 до 5000 св. 5000	 $10^{5)}$ $15^{5)}$ $20^{5)}$ $30^{5)}$ $6 \cdot 10^{-3}\ \rho^{5)}$
	Трубчатые разрядники и защитные промежутки ВЛ 3—220 кВ	Заземлитель разрядника или защитного промежутка при удельном сопротивлении грунта ρ, Ом · м: не выше 1000 более 1000	 10 15
	Разрядники на подходах ВЛ к ПС с вращающимися машинами	Заземлитель разрядника	5
4 ВЛ напряжением до 1кВ[3)]	Опора ВЛ с устройством грозозащиты	Заземлитель опоры для грозозащиты	30
	Опоры с повторными заземлителями нулевого рабочего провода	Общее сопротивление заземления всех повторных заземлений при напряжении источника, В (трехфазный/однофазный): 660/380 380/220 220/127 Заземлитель каждого из повторных заземлений при напряжении источника, В (трехфазный/однофазный): 660/380 380/220 220/127	 5 10 20 15 30 60

[1)] Для электроустановок выше 1 кВ при удельном сопротивлении грунта ρ более 500 Ом·м допускается увеличение сопротивления в 0,002 · 0,5ρ раз, но не более десятикратного, при условии сохранения нормируемого значения напряжения на ЗУ.

[2)] *I* — расчетный ток замыкания на землю, А.

В качестве расчетного тока принимается:

а) в сетях без компенсации емкостного тока — ток замыкания на землю;

б) в сетях с компенсацией емкостного тока:

- для ЗУ, к которым присоединены дугогасящие реакторы, — ток, равный 125 % номинального тока этих реакторов;
- для ЗУ, к которым не присоединены дугогасящие реакторы, ток замыкания на землю, проходящий в сети при отключении наиболее мощного из дугогасящих реакторов или наиболее разветвленного участка сети.

[3)] Для установок и ВЛ напряжением до 1 кВ при удельном сопротивлении грунта ρ более 100 Ом·м допускается увеличение указанных выше норм в 0,01ρ раз, но не более десятикратного.

[4)] Сопротивление заземлителей опор ВЛ на подходах к ПС должно соответствовать требованиям [2].

[5)] Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивление заземлителей должно быть в два раза меньше приведенных в таблице.

Библиография

[1] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений

[2] Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание 7 (утверждены постановлением министра топлива и энергетики Российской Федерации от 6 октября 1999 г. с изменениями, внесенными приказами Министерства энергетики Российской Федерации от 8 июля 2002 г. № 204, от 20 мая 2003 г. № 187, от 20 июня 2003 г. № 242)

[3] СТО 56947007-29.240.044—2010 Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на электросетевых объектах электросетевого хозяйства

[4] Технический регламент таможенного союза ТР ТС 012/2011 О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах

[5] РД 34.21.122—87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений

[6] СО 153-34.21.122—2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций

[7] СТО 56947007-29.130.15.105—2011 Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок

[8] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭЭСС) (утверждены Приказом Минэнерго России от 4 октября 2022 г. № 1070)

[9] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н)

[10] СТО 34.01-23.1-001—2017 Объем и нормы испытаний электрооборудования

[11] Правила проведения технического освидетельствования оборудования, зданий и сооружений объектов электроэнергетики (утверждены Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 14 мая 2019 г. № 465)

[12] СТО 56947007-29.240.55.111—2011 Методические указания по оценке технического состояния ВЛ и остаточного ресурса компонентов ВЛ

УДК 621.316.99:006.354 ОКС 29.120.40

Ключевые слова: заземляющее устройство, электроустановка, заземлитель, заземляющий проводник, технические требования, контроль состояния, методы расчета

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 17.02.2026. Подписано в печать 05.03.2026. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 7,91. Уч.-изд. л. 6,56.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru