ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58882— 2020

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА. СИСТЕМЫ УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ПРОВОДНИКИ

Технические требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

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 16 июня 2020 г. № 254-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2020

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 . . . 2
5 Классификация и типы заземляющих устройств, заземлителей и заземляющих проводников . . . 3
6 Общие технические требования . . . 3
7 Общие требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок . . . 4
7.1 Характеристики . . . 4
7.2 Назначение . . . 4
7.3 Требования к конструкции . . . 4
7.4 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок электрических станций и подстанций напряжением выше 1 кВ . . . 4
7.5 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам воздушных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ . . . 11
7.6 Требования к заземляющим устройствам электроустановок напряжением до 1 кВ . . . 14
7.7 Требования к заземляющим устройствам молниезащиты . . . 19
7.8 Требования к заземляющим устройствам взрыво- и пожароопасных объектов . . . 23
7.9 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам в высоковольтных испытательных лабораториях . . . 23
7.10 Требования к заземляющим устройствам электрохимической защиты . . . 25
7.11 Требования к комплектности поставки . . . 26
8 Требование к проверке состояния заземляющих устройств . . . 26
9 Указания по монтажу и эксплуатации . . . 27
Приложение А (рекомендуемое) Паспорт заземляющего устройства . . . 28
Приложение Б (справочное) Методы расчета параметров заземляющих устройств . . . 37
Приложение В (справочное) Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств . . . 39
Библиография . . . 41

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА. СИСТЕМЫ УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ПРОВОДНИКИ

Технические требования

Grounding devices. Equation potentials systems. Grounders. Grounding conductors. Technical requirements

Дата введения — 2021—01—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.), электроустановок 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, приемку, испытания и эксплуатацию заземляющих устройств.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

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

ГОСТ 10434 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования

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

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

ГОСТ 30331.1 (IEC 60364-1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения

ГОСТ Р 50571.5.54/МЭК 60364-5-54:2011 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов

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 МЭК 60715 Аппаратура распределения и управления низковольтная. Установка и крепление на рейках электрических аппаратов в низковольтных комплектных устройствах распределения и управления

Издание официальное

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

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 24291, ГОСТ 30331.1, ГОСТ Р 57190, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **вынос потенциала:** Появление на коммуникациях, выходящих за пределы электроустановки, напряжений (по отношению к земле) выше допустимых значений.

3.2 **гальваническая связь:** Электрическое соединение двух объектов металлическим проводником с незначимо малым сопротивлением.

3.3 **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.

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

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

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ВЛ — воздушная линия электропередачи;
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;
ОРУ — общеподстанционнное распределительное устройство;
ОПУ — общеподстанционный пункт управления;
ПВХ — поливинилхлорид;
ПС — подстанция;
РЗА — релейная защита и автоматика;
РПН — регулирование под нагрузкой;
РУ — распределительное устройство;
РЩ — релейный щит;
СИП — самонесущий изолированный провод;
ТСН — трансформатор собственных нужд;
ТН — трансформатор напряжения;
ТП — трансформаторная подстанция;
ТТ — трансформатор тока;

ЭС — электрическая станция;
ЭМС — электромагнитная совместимость.

5 Классификация и типы заземляющих устройств, заземлителей и заземляющих проводников

5.1 ЗУ классифицируют по следующим признакам:
а) по назначению:
- ЗУ электроустановок напряжением до 1 кВ;
- ЗУ электроустановок напряжением выше 1 кВ;
- ЗУ молниезащиты;
- ЗУ взрыво- и пожароопасных объектов;
- ЗУ высоковольтных испытательных лабораторий;
- ЗУ электрохимической защиты;

б) по выполняемым функциям:
- защитное заземление — для обеспечения электробезопасности;
- помехозащитное заземление — для обеспечения электромагнитной совместимости 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 классифицируют по следующим признакам:
а) по типу исполнения:
- искусственные и естественные;

б) по конструктивному исполнению:
- продольные и поперечные горизонтальные;
- вертикальные (или наклонные);
- выносные;
- контурные горизонтальные;
- радиально расходящиеся.

5.3 Заземляющие проводники классифицируют по назначению:
- защитные проводники;
- проводники системы уравнивания потенциалов;
- магистральные проводники.

6 Общие технические требования

6.1 В случае противоречий требований настоящего стандарта требованиям нормативных документов, указанных в разделе 2, приоритетными являются требования настоящего стандарта.

6.2 ЗУ должно изготовляться 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]—[5], настоящего стандарта и изготовляться 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 Электробезопасность характеризуется предельно допустимыми значениями напряжения прикосновения по ГОСТ 12.1.038 и должна быть обеспечена при любых условиях эксплуатации объекта.

6.5 Рабочее заземление должно обеспечивать нормальное функционирование оборудования при эксплуатации.

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

6.7 На всех объектах должен быть паспорт ЗУ (см. приложение А).

6.8 В процессе эксплуатации необходимо проводить периодический контроль состояния ЗУ.

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.

7.2 Назначение

ЗУ должны обеспечивать следующие эксплуатационные функции электроустановок:

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

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.,

в течение всего периода эксплуатации.

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 заземляющие проводники, количество которых должно быть не менее двух.

7.4 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок электрических станций и подстанций напряжением выше 1 кВ

7.4.1 Характеристики заземляющих устройств

7.4.1.1 ЗУ электроустановок напряжением выше 1 кВ (электрических станций и подстанций) должно обеспечивать нормируемые параметры по условиям обеспечения электробезопасности и ЭМС для нормальных и наиболее опасных аварийных режимов:

- однофазное (двухфазное) КЗ на землю на РУ;
- КЗ на землю на линиях, отходящих от РУ;
- двойное замыкание на землю (замыкание на землю двух фаз в различных точках) в сети с изолированной нейтралью;
- стекание токов молнии с молниеотводов, установленных на зданиях и в РУ электрических станций и подстанций, и токов через ограничители перенапряжений;
- стекание токов несимметрии и токов шунтирующих реакторов.

7.4.1.2 Нормируемые параметры должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года.

7.4.1.3 Расчет параметров ЗУ рекомендуется проводить с помощью специализированного программного обеспечения по методике (см. приложение Б).

Нормируемые параметры ЗУ приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Нормируемые параметры заземляющего устройства

Нормируемый параметр	Допустимое значение
1 Напряжение прикосновения	Предельно допустимое напряжение прикосновения — по ГОСТ 12.1.038. В качестве расчетного времени воздействия следует принимать сумму времени действия защиты и полного времени отключения выключателя. У рабочих мест РУ следует принимать время действия резервной защиты, а для остальной территории — резервной защиты. В качестве рабочих мест, как правило, рассматривают выключатели, разъединители и трансформаторы/автотрансформаторы с РПН
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 телемеханике 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	Не более 2 кВ
4 Температура нагрева экранов и брони кабелей	Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 10 кВ — 200 °С, ПВХ и резиновой изоляцией — 150 °С, полиэтиленовой изоляцией — 120 °С
5 Импульсный потенциал на ЗУ при коммутациях силового оборудования и КЗ на землю в РУ	Не более 10 кВ
6 Температура нагрева заземляющих проводников и заземлителей при КЗ	Не более 400 °С. Для проводников, присоединяемых к оборудованию, — не более 300 °С

7.4.2 Требования к конструкции заземляющих устройств

7.4.2.1 ЗУ зданий и сооружений на ЭС и ПС должны быть объединены в одно общее ЗУ, обеспечивающее выполнение условий электробезопасности и ЭМС 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 напряжением 0,4 кВ от ТСН;
- отдельное ЗУ на объекте должно обеспечивать выполнение условий электробезопасности и ЭМС.

7.4.2.2 На ЭС и ПС 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.

7.4.2.3 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 заземлитель, который присоединяют к системе уравнивания потенциалов здания или сооружения не менее чем в двух точках.

7.4.2.4 Внутри зданий или сооружений выполняют основную и дополнительную системы 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.

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.).

7.4.3 Требования к системе выравнивания потенциалов

7.4.3.1 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.

7.4.3.2 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 7.4.3.1 [перечисления а) и б)], если вокруг зданий имеются асфальтовые отмостки, в том числе у входов и у въездов. Если у какого-либо входа (въезда) отмостка отсутствует, должно быть выполнено выравнивание потенциалов путем укладки двух проводников, как указано в 7.4.3.1, перечисление а), или соблюдено условие по 7.4.3.1, перечисление б).

7.4.3.3 Для выравнивания потенциалов и обеспечения надежной работы охранной сигнализации и других устройств (например, видеонаблюдения), установленных по периметру ограждения, и обеспечения безопасности людей (в том числе посторонних) и животных контур ЗУ должен выходить за пределы ограждения и располагаться в 1 м от него на глубине 1 м.

При расчетных размерах ЗУ, превышающих размеры указанного контура, последний сохраняется. Допускается не выполнять внешний контур за пределами ограждения при отсутствии электроприемников на ограждении или изолированных от ограждения на расчетное значение напряжения на ЗУ при КЗ на землю. В этом случае ограждение не следует подсоединять к внутреннему ЗУ, и его следует располагать на расстоянии не менее 2 м.

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

При необходимости питание таких электроприемников может осуществляться от трансформатора с изолированной нейтралью на стороне напряжением до 1 кВ по кабельной линии, выполненной кабелем без металлической оболочки и без брони, или по ВЛ. Питание таких электроприемников может также осуществляться от разделительного трансформатора.

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

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

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

7.4.3.7 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.

7.4.3.8 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.

7.4.3.9 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 глубину укладки горизонтальных заземлителей выбирают по условиям коррозии.

7.4.3.10 Расстояния между продольными и поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должны превышать 30 м.

7.4.3.11 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^2.

7.4.3.12 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.

7.4.3.13 Все стыки рельсов в районе расположения силовых трансформаторов и реакторов должны быть шунтированы стальными проводниками диаметром не менее 6 мм, привариваемыми к рельсам.

Соединение с рельсами следует проводить при помощи горизонтальных заземлителей: места заземления нейтралей трансформаторов и/или нейтральных точек автотрансформаторных групп, а также конструкции РУ, питающихся от этих трансформаторов (не менее чем двумя горизонтальными заземлителями диаметром от 20 мм).

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

7.4.3.14 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.

7.4.3.15 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 0,5 м из стали круглого сечения диаметром не менее 6 мм. Решетка должна быть присоединена к оборудованию в одном или двух местах.

Выравнивание потенциалов для обеспечения допустимого напряжения прикосновения рекомендуется сочетать и допускается заменять покрытиями из асфальта толщиной не менее 5 см, щебня толщиной не менее 10 см или изоляционного бетона. Площадь покрытия должна выступать за устройства выравнивания потенциала не менее чем на 0,2 м.

7.4.3.16 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 прокладывают только со стороны обслуживания оборудования, расположенного на первом этаже при наличии набивных 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 прокладывают 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.

7.4.4 Требования к системе уравнивания потенциалов

7.4.4.1 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 заземлений должны соединяться не менее чем в четырех местах вертикальными спусками между этажами и с контурным заземлителем.

7.4.4.2 Для снижения импульсного сопротивления заземления оборудования в помещениях РУ рекомендуется выполнить сетку с шагом не менее 2 м.

В качестве сетки допускается применять арматуру железобетонной конструкции пола (при обеспечении электрического соединения арматуры между собой). Сетку присоединяют к закладным металлоконструкциям оборудования и к магистрали заземления не менее чем в четырех местах равномерно по периметру.

В помещениях распределительных устройств с элегазовым оборудованием для выравнивания высокочастотных импульсных напряжений прокладывают непрерывную стальную (медную) сетку, залитую бетоном, или металлические пластины, расположенные на одном или нескольких уровнях.

В качестве сетки может быть использована арматура железобетонной конструкции пола. По периметру помещения с оборудованием КРУЭ прокладывают магистральный заземляющий проводник (шину) уравнивания потенциалов. Сетку присоединяют к закладным металлоконструкциям, на которых устанавливают оборудование, и к шине. К шине также присоединяют закладные металлоконструкций и оборудование КРУЭ.

7.4.4.3 Заземление оборудования КРУЭ выполняют 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 соединяют между собой замкнутой шиной уравнивания потенциалов.

7.4.4.4 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.

Для уравнивания потенциалов в помещении КРУ напряжением 10—20 кВ корпуса ячеек КРУ должны быть присоединены к металлоконструкциям и соединены между собой заземляющими проводниками (например, стальной полосой). Связи между рядами ячеек КРУ и внутренним контуром заземления выполняют с шагом не более 10 м.

7.4.4.5 Для уравнивания потенциалов в камерах трансформаторов выполняют следующее:

- 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 10 × 10 м;
- 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.

7.4.4.6 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 ЗУ здания присоединяют все находящиеся в здании металлические конструкции (рамы, рельсы, балки, железобетонную арматуру, кабельные лотки и каналы и т. д.).

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

7.4.4.8 Ряды рамных конструкций оборудования (шкафов, панелей) соединяют между собой проводниками с шагом не более чем 2 м. Каждый ряд рамной конструкции присоединяют к магистралям заземления не менее чем в четырех местах. Экраны кабелей и параллельные заземленные проводники присоединяют к шинам заземления (корпусам) шкафов/панелей. Внутреннее устройство заземления присоединяют к наружному контуру заземления не менее чем в четырех точках.

7.4.4.9 Присоединение к системе уравнивания потенциалов помещения осуществляют при помощи сварки или болтового соединения.

7.4.4.10 Выполнение системы 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 DIN-рейки по ГОСТ Р МЭК 60715.

7.4.4.11 Все подвижные и неподвижные элементы должны иметь не менее двух связей друг с другом (в том числе каждый элемент внутренней перегородки, DIN-рейки, 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.

7.4.4.12 Двери шкафа должны иметь механизмы, обеспечивающие электрический контакт с корпусом в закрытом состоянии по всему периметру двери.

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

Экраны вторичных кабелей следует заземлять с обоих концов.

Для заземления экранов рекомендуется использовать специальные зажимы или разъемы.

7.4.4.14 Кабельная линия должна подключаться к локальному заземлителю под землей. Место соединения конца кабеля с заземлителем в целях защиты от коррозии должно иметь гидроизоляцию.

7.4.5 Требования к заземлителям

7.4.5.1 При выполнении ЗУ электроустановок напряжением 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.

7.4.5.2 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.

7.4.5.3 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.

7.4.5.4 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.

7.4.5.5 Использование естественных заземлителей в качестве элементов ЗУ не должно приводить к их повреждению при протекании по ним токов короткого замыкания 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 (сварка) и во фланцах трубопроводов (шунтирующие перемычки).

7.4.5.6 При напряжении на ЗУ выше допустимого значения для снижения сопротивления должны быть установлены вертикальные заземлители или выносные заземлители.

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

7.4.5.8 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.

7.4.5.9 Соединение выносного заземлителя с ЗУ электроустановки осуществляется с помощью горизонтальных заземлителей, а также ВЛ и КЛ. Удаленность выносного заземлителя от искусственного заземлителя при их соединении горизонтальными заземлителями не должна превышать 0,5 км, а при соединении ВЛ и КЛ — 2 км.

7.4.5.10 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 менее сопротивления выносного заземлителя.

7.4.5.11 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.

7.4.5.12 Искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали или медными. 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.

Материал и наименьшие размеры заземлителей должны соответствовать приведенным в таблице 2.

Таблица 2 — Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле

В миллиметрах

Материал	Профиль сечения	Диаметр	Площадь поперечного сечения	Толщина стенки
Черная сталь	Круглый: - для вертикальных заземлителей - горизонтальных заземлителей	 16 10	 — —	 — —
	Прямоугольный (полоса)	—	100	4
	Угловой	—	100	4
	Трубный	32	—	3,5
Оцинкованная сталь	Круглый: - для вертикальных заземлителей - горизонтальных заземлителей	 12 10	 — —	 — —
	Прямоугольный (полоса)	—	75	3
	Трубный	25	—	2
Медь	Круглый	12	—	—
	Прямоугольный	—	50	2
	Трубный	20	—	2
	Многопроволочный канат	1,8*	35	—

* Диаметр каждой проволоки.

7.4.6 Требования к соединениям заземлителей и заземляющих проводников

7.4.6.1 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.

7.4.6.2 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.

7.5 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам воздушных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ

7.5.1 Характеристики заземляющих устройств воздушных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ

7.5.1.1 На ВЛ напряжением выше 1 кВ должны быть заземлены:

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

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

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

г) металлические и железобетонные опоры ВЛ напряжением 110—500 кВ без тросов и других устройств молниезащиты, если это необходимо по условиям обеспечения работы релейной защиты и автоматики.

7.5.1.2 Деревянные опоры и деревянные опоры с металлическими траверсами ВЛ без грозозащитных тросов или других устройств молниезащиты не заземляются.

Наибольшее сопротивление ЗУ опор ВЛ приведено в таблице 3.

Сопротивления ЗУ опор, имеющих грозозащитный трос:

- при их высоте до 50 м должны быть не более приведенных в таблице 3;
- при высоте опор более 50 м — в два раза ниже по сравнению с приведенными в таблице 3.

Таблица 3 — Наибольшее сопротивление заземляющих устройств 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
Св. 5000	$6 \cdot 10^{-3} \rho$

7.5.1.3 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 3.

7.5.1.4 Для повышения грозоупорности ВЛ рекомендуется выполнять ЗУ опор ВЛ напряжением 110 кВ с сопротивлением не более 5 Ом, а ВЛ напряжением 220 кВ — не более 10 Ом. Для снижения сопротивления рекомендуется ЗУ опор объединять общим горизонтальным заземлителем (электрическая уравновешивающая система).

7.5.2 Требования к заземлителям воздушных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ

7.5.2.1 ЗУ опор ВЛ напряжением 6—35 кВ, защищенные грозозащитным тросом на подходах к ПС, рекомендуется объединять общим горизонтальным заземлителем (электрическая уравновешивающая система), подсоединяемым к ЗУ подстанции.

7.5.2.2 Железобетонные фундаменты опор ВЛ напряжением 110 кВ и выше могут быть использованы в качестве естественных заземлителей (при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента и отсутствии гидроизоляции железобетона полимерными материалами). Битумная обмазка на железобетонных опорах и фундаментах не влияет на их использование в качестве естественных заземлителей.

7.5.2.3 При прохождении ВЛ напряжением 110 кВ и выше в местности с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и тому подобными грунтами с удельным сопротивлением менее 1000 Ом·м следует использовать арматуру железобетонных фундаментов, опор и пасынков в качестве естественных заземлителей без дополнительной укладки или в сочетании с укладкой искусственных заземлителей.

В грунтах с более высоким удельным сопротивлением естественная проводимость железобетонных фундаментов не должна учитываться, а требуемое значение сопротивления ЗУ должно обеспечиваться только применением искусственных заземлителей.

7.5.2.4 В грунтах с высоким удельным сопротивлением должны быть спроектированы ЗУ с применением глубинных вертикальных заземлителей, достигающих хорошо проводящих слоев грунта, или горизонтальных (лучевых) заземлителей длиной до 60 м.

7.5.2.5 На территории объектов, расположенных в охранной зоне, должно быть выполнено выравнивание потенциалов с помощью заземлителей (горизонтальных и вертикальных) таким образом, чтобы напряжение прикосновения и шага не превышали допустимых значений по ГОСТ 12.1.038.

7.5.3 Требования к конструкции заземляющего устройства кабельных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ

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

7.5.3.2 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 напряжением 6 кВ и выше с алюминиевыми оболочками должно выполняться отдельными проводниками.

7.5.3.3 Если на опоре конструкции установлены 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.

7.5.3.4 На кабельных маслонаполненных линиях низкого давления заземляются концевые, соединительные и стопорные муфты.

7.5.3.5 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.

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

7.5.3.7 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 по крайней мере в одной точке.

7.5.3.8 Заземление экранов может быть выполнено: с одного конца (одностороннее заземление); с двух концов (двустороннее заземление); с двух концов с использованием полного цикла транспозиции.

Заземление экрана кабеля с одной стороны, как правило, используется для кабелей длиной не более 1 км. Заземление экранов кабелей с двух сторон целесообразно только при небольших сечениях жилы и экрана и при прокладке кабелей треугольником. Заземление экранов кабелей с обоих концов с применением транспозиции используется, как правило, в протяженных (более 1 км) КЛ.

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

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

Плотность тока в экране $j_{Э1}$ не должна превышать 0,15—0,17 кА/мм^2 в течение 1 с. Для времени существования тока короткого замыкания $t_{КЗ}$ от 0,2 до 5 с допустимую плотность тока $j(t_{КЗ})$ вычисляют по формуле

$$j(t_{КЗ}) = j_{Э1} / \sqrt{t_{КЗ}}. \quad (1)$$

7.5.4 Требования надежности заземляющих устройств, заземлителей и заземляющих проводников

7.5.4.1 В электроустановках напряжением 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 превышала 400 °С (кратковременный нагрев, соответствующий полному времени действия защиты и отключения выключателя).

7.5.4.2 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.

7.5.4.3 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.

7.5.4.4 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

$$З_к = 6{,}167 - 0{,}833 \cdot \ln\left(\frac{|\varphi_{ов}| - 125}{\rho_{экв}}\right). \quad (2)$$

Рассчитанные по формуле 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 $З_к$, равные 5 и более, — слабой степени опасности.

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

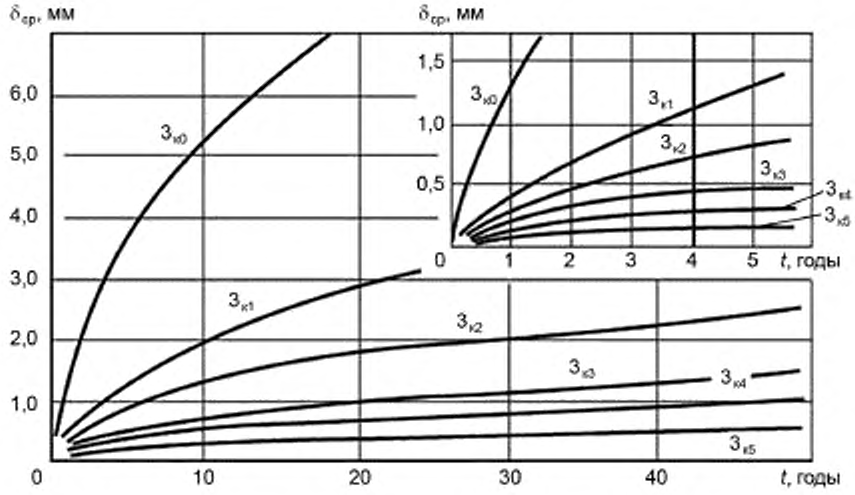


Рисунок 1 — Зависимость глубины коррозии стальных заземлителей $\delta_{ср}$ от времени для различных коррозионных зон

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

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

7.5.4.5 В случае опасности коррозии ЗУ следует выполнять одно из следующих мероприятий:

- увеличение сечения заземлителей и заземляющих проводников с учетом расчетного срока их службы;
- применение заземлителей и заземляющих проводников с гальваническим покрытием или медных.

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

7.5.4.6 Траншеи для горизонтальных заземлителей необходимо заполнять однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

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

7.6 Требования к заземляющим устройствам электроустановок напряжением до 1 кВ

7.6.1 Требования назначения

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

7.6.1.2 ЗУ, используемое для заземления электроустановок напряжением 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.

7.6.2 Характеристики заземляющих устройств

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

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

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

Наибольшие допустимые значения сопротивлениям ЗУ см. в приложении В.

7.6.3 Требования к конструкции заземляющих устройств

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

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

7.6.3.3 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.

7.6.3.4 Для ЗУ электроустановок напряжением 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 напряжением до 1 кВ не является обязательным.

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

7.6.3.6 При применении системы TN при питании по кабельным линиям 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.

7.6.3.7 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.

7.6.3.8 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, распределительных устройствах, на 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 распределительных устройств, 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.

7.6.4 Требования к системам уравнивания потенциалов

7.6.4.1 В зданиях и сооружениях должны быть выполнены основная и дополнительная системы уравнивания потенциалов.

7.6.4.2 Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках напряжением 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 водоснабжений, 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 2-й и 3-й категорий;

и) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если таковой 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.

7.6.4.3 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.

7.6.4.4 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 нанесен знак заземления по ГОСТ 21130.

Если здание имеет несколько обособленных вводов, главная заземляющая шина должна быть выполнена для каждого вводного устройства. При наличии встроенных трансформаторных подстанций 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 подстанций, 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.

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

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

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

7.6.5 Требования к заземляющим устройствам опор воздушных линий

7.6.5.1 На опорах ВЛ напряжением до 1 кВ должны быть выполнены ЗУ, предназначенные для повторного заземления, защиты от грозовых перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ. Проводящие части опор ВЛ и установленное на опорах оборудование должны быть присоединены к PEN-проводнику ВЛ.

7.6.5.2 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 кабельную линию 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 спуском.

7.6.6 Требования к заземляющим проводникам

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

Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается.

7.6.6.2 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 нанесен опознавательный знак .

7.6.6.3 В качестве PE-проводников в электроустановках напряжением 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.); арматура железобетонных строительных конструкций зданий; металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамления каналов и т. п.);

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

7.6.6.4 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.

7.6.6.5 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.

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

7.6.6.7 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.

7.6.6.8 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).

7.6.6.9 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.

7.6.6.10 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.

7.6.6.11 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.

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

7.6.6.13 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 равноценное 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.

7.6.6.14 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.

7.6.7 Требования надежности заземляющих устройств электроустановок напряжением до 1 кВ

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

7.6.7.2 Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки. Допускается в помещениях и наружных установках без агрессивных сред соединять заземляющие и нулевые защитные проводники другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434.

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

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

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

7.6.7.6 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.

7.6.7.7 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.

7.6.7.8 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.

7.6.7.9 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.

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

7.6.7.11 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.

7.6.7.12 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.

7.7 Требования к заземляющим устройствам молниезащиты

7.7.1 Требования назначения

7.7.1.1 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;
- защиту людей от поражения импульсным электрическим током.

7.7.2 Требования к конструкции

7.7.2.1 Молниезащита зданий и сооружений должна соответствовать ГОСТ Р МЭК 62305-1 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.

7.7.2.2 Для ЗУ 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.

7.7.2.3 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.

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

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

7.7.2.5 Контур из заземлителей вокруг здания и/или в бетоне на периферии фундамента соединяют с системой заземления заземляющими проводниками, как правило, через каждые 5 м.

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

Заземляющие проводники должны быть прямыми и вертикальными с тем, 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.

7.7.2.7 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.

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

7.7.2.9 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.

7.7.3 Требования к заземлителям и заземляющим проводникам

7.7.3.1 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.

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

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

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

7.7.3.5 В качестве заземляющих электродов допускается использовать соединенную между собой арматуру 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.

Применение полимерных покрытий при использовании фундамента здания в качестве молниезащитного заземлителя не допускается.

7.7.3.6 Следующие части сооружения следует рассматривать как естественные заземляющие проводники:

- металлоконструкции при условии, что электрический контакт между различными частями выполнен надежно и их размеры не менее указанных обычных заземляющих проводников;
- элементы фасада, профильные балки при условии, что их размеры не менее 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.

7.7.3.7 Сопротивление ЗУ по ГОСТ Р МЭК 62305-4 должно быть менее 10 Ом (измеренное на низкой частоте).

7.7.3.8 Материал и наименьшие размеры заземлителей должны соответствовать приведенным в таблице 4.

Таблица 4 — 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
	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
	Оцинкованный крестообразного сечения[2]	50 × 50 × 3 мм	—	—	—

Окончание таблицы 4

Материал	Конфигурация проводника	Минимальные размеры			Примечание
		Диаметр стержня, мм	Проводник	Пластина	
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.

7.8 Требования к заземляющим устройствам взрыво- и пожароопасных объектов

7.8.1 На взрывоопасные зоны любого класса в помещениях и на наружные взрывоопасные установки распространяются требования о допустимости применения в электроустановках напряжением 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.

7.8.2 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.

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

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

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

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

7.8.5 В электроустановках напряжением 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 B-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 B-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.

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

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

7.8.8 Использование металлических конструкций зданий, конструкций производственного назначения, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и т. п. в качестве нулевых защитных (заземляющих) проводников допускается только как дополнительное мероприятие.

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

7.9 Требования к заземляющим устройствам, заземлителям и заземляющим проводникам в высоковольтных испытательных лабораториях

7.9.1 Назначение заземляющего устройства

ЗУ должно обеспечивать:

- электробезопасность персонала;
- необходимые условия для проведения измерений;
- защиту от электромагнитных помех.

7.9.2 Требования к конструкции заземляющего устройства и системы уравнивания потенциалов

7.9.2.1 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 высоковольтном зале.

Сопротивление ЗУ должно быть не более 0,5 Ом.

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

7.9.2.3 Для нескольких испытательных установок в общем высоковольтном зале 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.

7.9.2.4 В закрытой лаборатории 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.

7.9.2.5 Для испытательных установок переменного и постоянного напряжений 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.

7.9.2.6 При 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.

7.9.2.7 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 высоковольтного зала допускается применять плоскостные проводники в виде проволочной сетки.

7.9.2.8 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.

7.9.2.9 При размещении нескольких испытательных установок в одном высоковольтном зале 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 высоковольтному залу так, чтобы они были сосредоточены главным образом в зоне установки для испытания импульсным напряжением.

7.9.2.10 Питание испытательных установок осуществляется от сети напряжением 6—10 кВ или от сети напряжением 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 высоковольтного зала и должно присоединяться к системе горизонтальных заземлителей. Для испытательных установок, питаемых от сети напряжением 0,4 кВ, рекомендуется применять устройства защиты от импульсных перенапряжений.

7.9.2.11 Питание следует осуществлять 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 подстанции 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.

7.9.2.12 Распределительный шкаф и регулировочное устройство допускается устанавливать внутри высоковольтного зала или непосредственно рядом с ним, в обоих случаях их следует соединять с системой горизонтальных заземлителей.

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

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

7.9.2.15 При применении устройства для среза импульсных напряжений необходимо осуществлять питание устройства через разделительный трансформатор.

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

7.9.2.17 ГЩУ должен быть окружен отдельной клеткой Фарадея. Эта клетка может находиться внутри или вне высоковольтного зала, 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 достаточно 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.

7.9.2.18 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.

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

7.9.2.20 В лабораториях, 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.

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

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

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

Распределение вертикальных заземлителей по площади высоковольтной испытательной лаборатории определяют с учетом расположения горизонтальных заземлителей.

7.9.3.2 Для сооружения системы горизонтальных заземлителей допускается использовать следующие элементами:

а) плоскостные проводники в виде проволочной сетки;

б) плоскостные проводники в виде сплошного листа;

в) ленту из металлической фольги.

7.9.3.3 Плоскостные проводники допустимо сваривать из полос оцинкованной проволочной сетки до получения необходимых размеров. Края отдельных полос при этом следует соединять путем сварки с ленточной сталью 40×3 мм^2, с горячей оцинковкой.

7.9.3.4 Проволочную сетку необходимо сваривать на всех скрещения. В лабораториях 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.

7.10 Требования к заземляющим устройствам электрохимической защиты

7.10.1 Требования к анодным заземлителям систем катодной защиты металлических сооружений от коррозии определены в ГОСТ Р 58344.

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

7.10.1.1 В устройствах электрохимической защиты применяют глубинные и поверхностные анодные заземления.

7.10.1.2 По конструктивному исполнению/типу анодные заземления подразделяют на сосредоточенные, распределенные, протяженные или их комбинации.

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

7.10.3 На участке высокой коррозионной опасности должно быть осуществлено стопроцентное резервирование анодного заземления.

7.10.4 Место расположения локального (сосредоточенного, глубинного) анодного заземления должно быть обозначено специальными знаками, доступными для визуализации в дневное время суток в любое время года.

7.10.5 Материалы для анодных заземлений и тип анодных заземлителей следует выбирать с учетом грунтовых условий климатических районов, в которых будут эксплуатироваться заземления.

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

7.10.6 Нормируемые параметры анодного заземления: срок службы, качество электрической изоляции контактного узла и токоподводящего провода, сопротивление растеканию тока, расстояние от анода до защищаемого сооружения, тепловая устойчивость анодного заземления.

7.11 Требования к комплектности поставки

В комплект поставки вместе с ЗУ в общем случае должны входить:

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

Пример содержания и оформления паспорта ЗУ см. в приложении А.

8 Требование к проверке состояния заземляющих устройств

8.1 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), выполнившей предыдущие испытания.

8.2 При проверке состояния ЗУ 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 устойчивости к термическому воздействию заземлителей, заземляющих проводников и экранов кабелей;
- определение распределения импульсных напряжений при коротких замыканиях на землю, ударах молнии в молниеотводы и протекании токов через ограничители перенапряжений;
- определение коррозионного состояния заземляющих проводников и заземлителей.

8.3 Методы проверки состояния ЗУ предусматривают проведение измерений и расчетов с целью определения соответствия параметров ЗУ установленным нормам по [5]. Измерения параметров ЗУ выполняют с помощью приборов и устройств для имитации аварийных режимов.

8.4 Для проведения необходимых расчетов могут быть использованы специальные компьютерные программы.

8.5 По результатам проведенного контроля состояния ЗУ составляют технический отчет, в котором 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/несоответствие ЗУ требованиям стандартов или техническим условиям на ЗУ конкретных типов.

9 Указания по монтажу и эксплуатации

9.1 Монтаж и эксплуатацию ЗУ следует проводить в соответствии с [6], [7], руководствами по эксплуатации предприятия-изготовителя.

9.2 По истечении срока службы ЗУ подлежат утилизации в соответствии с действующим на момент утилизации законодательством.

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 электромагнитной совместимости;
- ведомость дефектов, обнаруженных в ходе текущих проверок;
- сведения по устранению замечаний и дефектов ЗУ;
- заключение о пригодности ЗУ к эксплуатации.

А.2 Пример оформления паспорта ЗУ

_____

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

«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 РЗА
_____ Ф.И.О. (личная подпись)	_____ Ф.И.О. (личная подпись)
«___» _____ 20___ г.	«___» _____ 20___ г.

20___ г.

Дата ввода в эксплуатацию ЗУ 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 ЗУ подстанции

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

ВЕДОМОСТЬ ДЕФЕКТОВ

№	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 № _____ «_____»

№	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	Ноябрь 2020 г.	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	Ноябрь 2020 г.	Есть	0,04 ± 0,01	20	Пригодно	2032 г.	

Результаты контрольных измерений напряжения прикосновения на подстанции № _____ «_____»

№	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	Ноябрь 2020 г.	11,062	0,1	До 500 В — все оборудование	Соответствует	2032 г.
2	ОРУ-110 кВ	Ноябрь 2020 г.	11,062	Более 1,0	До 65 В — разъединители	Соответствует	2032 г.
3	ОРУ-35 кВ	Ноябрь 2020 г.	3,161	0,1	До 500 В — все оборудование	Соответствует	2032 г.
4	ОРУ-35 кВ	Ноябрь 2020 г.	3,161	Более 1,0	До 65 В — разъединители	Соответствует	2032 г.

Результаты проверки электромагнитной обстановки на подстанции № _____ «_____»

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 заземляющих устройств

Б.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:

- установившийся режим КЗ на подстанции (на всех ОРУ) или в примыкающей электрической сети с эффективно заземленной нейтралью;
- установившийся режим двойного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью или нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор;
- переходной режим КЗ;
- однофазное замыкание в электрической сети, содержащей дугогасящий реактор или резистор, устанавливаемый на проектируемой ПС;
- ввод высокочастотного импульсного тока в ЗУ при коммутациях;
- удары 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.2 Расчеты рекомендуется выполнять по следующему алгоритму:

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

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

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

4) по результатам расчета определяют значения параметров ЗУ. При превышении допустимых значений нормируемых параметров выполняют корректировку схемы ЗУ с учетом рекомендаций руководящих указаний настоящего стандарта;

5) проводят повторный расчет для скорректированной схемы;

6) перечисления 3) — 5) повторяют до достижения всех параметров ЗУ до нормируемых значений.

Б.3 Для ЗУ с площадью до 1000 м^2 или при расположении ПС грунтах с высоким удельным сопротивлением особое внимание должно быть уделено введению в расчетную схему естественных заземлителей:

- система трос — опора при наличии заземленного на ПС и опорах грозотроса;
- фундаменты зданий и оборудования;
- скважины, трубопроводы;
- прочие металлосвязи 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.4 Сечение заземляющих проводников и заземлителей следует выбирать по условию тепловой устойчивости. Допустимые токи короткого замыкания для искусственных заземляющих проводников и заземлителей $I_{доп}$ вычисляют 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, равной 1 с;

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

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

Допустимые значения сечения $S_{доп}$ для проводников при токе 1 кА длительностью 1 с приведены в таблице Б.1.

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.5 Максимально допустимую плотность тока для защитного проводника i вычисляют по формуле

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

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 см. в [2], таблица 1.7.6. Если тип изоляции кабеля не известен, то берут значения k, соответствующие температуре нагрева 160 °С.

Б.6 Температуру нагрева медных и алюминиевых экранов контрольных кабелей $\Delta\Theta$, °С, при коротких замыканиях в электроустановках напряжением 110 кВ и выше при заземлении экранов с двух сторон вычисляют по формуле

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

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

L — длина кабеля, м;

τ — время отключения короткого замыкания, с.

Б.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. В этом случае 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.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.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.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.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.

Приложение В
(справочное)

Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств

В.1 Значения наибольших допустимых сопротивлений ЗУ различных электроустановок в соответствии с [2] и [3] приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 — Наибольшие допустимые сопротивления ЗУ

Вид электроустановки	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика заземляющего устройства	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 напряжением 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 напряжением до 1 кВ	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	$125/I^{2)}$, при этом должны быть выполнены требования к заземлению установки напряжением до 1 кВ
	ПС с высшим напряжением 20—35 кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале	Заземлитель подстанции	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 напряжением 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 В.1

Вид электроустановки	Характеристика заземляемого объекта	Характеристика заземляющего устройства	Сопротивление, Ом
3 ВЛ напряжением выше 1 кВ[4)]	Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, железобетонные и металлические опоры ВЛ напряжением 35 кВ и такие же опоры ВЛ напряжением 3—20 кВ в населенной местности, а также заземлители электрооборудования, установленного на опорах ВЛ напряжением 110 кВ и выше	Заземлитель опоры при удельном эквивалентном сопротивлении ρ, Ом·м: до 100 более 100 до 500 более 500 до 1000 более 1000 до 5000 более 5000	 $10^{5)}$ $15^{5)}$ $20^{5)}$ $30^{5)}$ $6 \cdot 10^{-3}\ \rho^{5)}$
	Трубчатые разрядники и защитные промежутки ВЛ напряжением 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 напряжением 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. Издание 7

[3] СТО 56947007-29.130.15.114—2012 Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций напряжением 6—750 кВ

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

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

[6] ПОТ РМ-016—2001, РД 153-34.0-03.150—00 Межотраслевые Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок

[7] РД 34.45-51.300—97 Объем и нормы испытаний электрооборудования

УДК 621.316.99:006.354 ОКС 29.120.40

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

БЗ 6-7—2020/42

Редактор *Н.В. Таланова*
Технические редакторы *В.Н. Прусакова, И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 18.06.2020. Подписано в печать 14.07.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,76.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
www.jurisizdat.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru