

*Зарегистрировано в Национальном реестре правовых актов
Республики Беларусь 8 февраля 2021 г. № 8/36326*

ПОСТАНОВЛЕНИЕ МИНИСТЕРСТВА АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
13 ноября 2020 г. № 80

Об утверждении и введении в действие строительных норм СН 4.04.03-2020

(Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 19.02.2021, 8/36326)

На основании подпункта 5.6 пункта 5 Положения о Министерстве архитектуры и строительства Республики Беларусь, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31 июля 2006 г. № 973, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Утвердить и ввести в действие через 60 календарных дней после их официального опубликования разработанные РУП «Стройтехнорм» и внесенные главным управлением градостроительства, проектной, научно-технической и инновационной политики Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь строительные нормы СН 4.04.03-2020 «Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций».

2. Настоящее постановление вступает в силу после его официального опубликования.

Министр

Р.В.Пархамович

**МИНИСТЕРСТВО АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

СН 4.04.03-2020

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ****МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ
И ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ****МАЛАНКААХОВА БУДЫНКАЎ, ЗБУДАВАННЯЎ
І ІНЖЫНЕРНЫХ КАМУНІКАЦЫЙ**

Издание официальное

Минск 2021

УДК 69+699.88 (083.74)

Ключевые слова: молния, удар молнии, потенциал молнии, ущерб, физическое повреждение, молниезащита, меры молниезащиты, система молниезащиты, молниеприемник, токоотвод, заземлитель, система заземления, здания, коммуникации, изделия молниезащиты, уровень молниезащиты, зона защиты

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»).

Авторский коллектив: Н. В. Бохан, В. В. Косов, Д. А. Кухаренко, В. П. Орлова, Е. Г. Петрушкевич, А. Н. Скрипко, Н. А. Хилько, О. Е. Ямный

ВНЕСЕНЫ главным управлением градостроительства, проектной, научно-технической и инновационной политики Министерства архитектуры и строительства

2 УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства архитектуры и строительства от 13 ноября 2020 г. № 80

В Национальном комплексе технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства настоящие строительные нормы входят в блок 4.04 «Электроснабжение, электросиловое оборудование и электрическое освещение, телефонизация, радиофикация и телефикация»

3 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ (с отменой ТКП 336-2011 (02230))

© Минстройархитектуры, 2021

Изданы на русском языке

Содержание

- 1 Область применения
 - 2 Нормативные ссылки
 - 3 Термины и определения
 - 4 Сокращения
 - 5 Параметры молнии
 - 6 Оценка риска
 - 6.1 Риск и элементы риска
 - 6.2 Оценка необходимости обеспечения молниезащитой и выбор мер молниезащиты
 - 7 Защита от прямых ударов молнии
 - 7.1 Внешняя система молниезащиты
 - 7.2 Молниеприемники
 - 7.3 Токоотводы
 - 7.4 Система заземления
 - 7.5 Электрическая изоляция внешней системы молниезащиты
 - 7.6 Уравнивание потенциалов молнии
 - 7.7 Меры защиты от поражения людей электрическим током вследствие воздействия напряжения прикосновения и шагового напряжения
 - 8 Защита от электромагнитного воздействия молнии
 - 8.1 Меры защиты
 - 8.2 Заземление и уравнивание потенциалов молнии
 - 8.3 Электромагнитное экранирование и прокладка линий
 - 8.4 Скоординированная защита от импульсных перенапряжений
 - 9 Управление защитой от электромагнитного воздействия молнии
 - 10 Молниезащита объектов электроэнергетики
 - 10.1 Определение зоны защиты
 - 10.2 Защита оптических кабельных линий магистральной и внутризональной сети связи от прямых ударов молнии
 - 10.3 Защита воздушных линий электропередачи от прямых ударов молнии
 - 10.3.1 Защита воздушных линий электропередачи напряжением 110–750 кВ
 - 10.3.2 Защита воздушных линий электропередачи с защищенными проводами напряжением 110 кВ
 - 10.3.3 Защита воздушных линий электропередачи напряжением 6–35 кВ
 - 10.3.4 Защита воздушных линий электропередачи с открытыми проводами напряжением 6–10 кВ
 - 10.3.5 Защита воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ
 - 10.4 Защита открытых распределительных устройств электрических станций и подстанций напряжением не более 750 кВ от перенапряжений
 - 10.4.1 Выбор системы молниеотводов для защиты распределительных устройств и электрических подстанций от прямых ударов молнии. Зоны защиты молниеотводов
 - 10.4.2 Защита открытых распределительных устройств электрических подстанций
 - 10.4.3 Защита закрытых распределительных устройств, зданий, расположенных на территории электрических подстанций
 - 10.5 Защита электрических станций и подстанций от грозовых волн, набегающих с воздушных линий электропередачи
 - 10.5.1 Защита открытых распределительных устройств и электрических подстанций
 - 10.5.2 Защита подходов воздушных линий электропередачи к открытым распределительным устройствам электрических подстанций
 - 10.6 Молниезащита электрических машин
 - 10.7 Заземление электроустановок напряжением 0,4 кВ
 - 10.8 Заземление электроустановок напряжением 35–750 кВ
 - 10.8.1 Общие требования
 - 10.8.2 Молниезащита кабелей вблизи молниеотводов
 - 10.8.3 Защита вторичных цепей электрических подстанций
 - 10.8.4 Электромагнитная совместимость электросетевых объектов
 - 10.8.5 Схемы заземления контрольных жил и экранов кабелей
 - 10.8.6 Проверка на соответствие требованиям электромагнитной совместимости
 - 10.9 Заземление электроустановок напряжением 6–10 кВ
 - Приложение А Оценка среднегодового количества опасных случаев N
 - Приложение Б Оценка вероятностей причинения вреда в результате удара молнии P
 - Приложение В Оценка ущерба L
 - Приложение Г Выбор системы молниезащиты, использующей молниеприемник с опережающей эмиссией стримера
- Библиография



СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ
И ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙМАЛАНКААХОВА БУДЫНКАЎ, ЗБУДАВАННЯЎ
І ІНЖЫНЕРНЫХ КАМУНІКАЦЫЙLightning protection of buildings, constructions
and engineering equipmentДата введения через 60 календарных дней
после официального опубликования**1 Область применения**

Настоящие строительные нормы устанавливают требования к проектированию молниезащиты при возведении и реконструкции зданий и сооружений различного назначения и подводимых к ним инженерных коммуникаций (далее – здания).

Настоящие строительные нормы применяются при:

- проектировании, монтаже систем молниезащиты для зданий разной высоты;
- проектировании систем молниезащиты установок, приборов, оборудования, находящихся внутри зданий;
- установлении мер защиты от поражения людей электрическим током вследствие воздействия напряжения прикосновения и шагового напряжения;
- проектировании систем молниезащиты электрических станций, подстанций и воздушных линий электропередачи.

Настоящие строительные нормы не устанавливают требования к обеспечению защиты от выхода из строя электрических и электронных систем в результате возникновения внутренних перенапряжений.

Область применения настоящих строительных норм не распространяется на:

- железнодорожную сеть;
- транспортные средства, морские суда, самолеты, прибрежные сооружения;
- подземные напорные трубопроводы высокого давления;
- магистральные линии связи и линии телесвязи, не связанные с конструкцией зданий.

При наличии иных специальных требований по молниезащите, указанных в законодательных актах, следует руководствоваться ими.

2 Нормативные ссылки

В настоящих строительных нормах использованы ссылки на следующие документы:

ТР 2009/013/ВУ Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность

СН 2.02.05-2020 Пожарная безопасность зданий и сооружений

ТКП 339-2011 (02230) Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний

ТКП 385-2012 (02230) Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения напряжением 0,4–10 кВ сельскохозяйственного назначения

ТКП 474-2013 (02300) Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

СТБ 2129-2010 Здания и сооружения. Порядок определения пожарной нагрузки

ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции

ГОСТ 31610.10-2-2017/IEC 60079-10-2:2015 Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды

ГОСТ IEC 60079-10-1-2013 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды

ГОСТ IEC 61643-21-2014 Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 21. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к телекоммуникационным и сигнализационным сетям. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний.

3 Термины и определения

В настоящих строительных нормах применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 безопасное расстояние: Минимальное расстояние между двумя токопроводящими элементами, при котором между ними не возникает опасное искрение.

3.2 внешние токопроводящие части: Выступающие металлические элементы, входящие в защищаемое здание или выходящие из него, по которым может протекать часть тока молнии.

Примечание – К внешним токопроводящим частям относятся сети трубопроводов, металлические элементы кабелей, металлические трубы и т. д.

3.3 внешняя система молниезащиты: Часть системы молниезащиты, предназначенная для приема прямых ударов молнии в защищаемый объект, отвода тока молнии от точки поражения до земли и распределения тока молнии в земле, не вызывая при этом термического или механического повреждения, а также опасного искрения.

Примечание – Под защищаемым объектом понимают здание, сооружение или систему энергоснабжения, для которых требуется молниезащита.

3.4 допустимый риск R_r : Максимальное значение риска, которое может быть установлено для защищаемого объекта.

3.5 естественный элемент системы молниезащиты (естественный заземлитель): Токопроводящий элемент, расположенный снаружи или встроенный в стены здания, который используется дополнительно к системе молниезащиты или в некоторых случаях выполняет функцию одной или нескольких частей системы молниезащиты.

3.6 заземление: Преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

3.7 заземлитель (заземляющий электрод): Основной элемент заземляющего устройства, представляющий собой одиночный электрод или группу электродов, находящихся в электрическом контакте с землей.

Примечание – Заземляющее устройство – совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

3.8 изолированная внешняя система молниезащиты: Система молниезащиты, состоящая из молниеприемников и токоотводов, расположенных таким образом, что путь тока молнии не контактирует с защищаемым зданием.

3.9 импульсное выдерживаемое напряжение U_{im} : Напряжение, установленное изготовителем оборудования, характеризующее указанную способность изоляции оборудования выдерживать перенапряжения.

Примечание – В настоящих строительных нормах рассматривают только импульсное выдерживаемое напряжение между токоведущими проводниками и землей.

3.10 импульсное перенапряжение: Резкий подъем напряжения, вызванный электромагнитным импульсом от удара молнии и проявляющийся в виде повышения электрического напряжения или тока до значений, представляющих опасность для изоляции или людей.

3.11 индуктированное перенапряжение: Перенапряжение, наведенное током молнии при ударе молнии в землю или другие объекты, находящиеся вблизи защищаемого объекта.

3.12 контур заземления: Заземлители (заземляющие электроды), соединенные друг с другом и смонтированные вокруг защищаемого объекта по его периметру в виде замкнутого контура.

3.13 линия связи: Линия коммуникаций, обеспечивающая связь с оборудованием, расположенным в здании.

3.14 линия электропередачи: Электрическая линия, выходящая за пределы электростанций, подстанций и предназначенная для передачи электрической энергии на расстояние.

3.15 молниезащита: Комплекс защитных мер от молнии, обеспечивающих безопасность людей, сохранность зданий, оборудования и материалов от взрывов, возгораний, разрушений.

3.16 молниеотвод: Устройство, состоящее из молниеприемника, токоотвода и заземлителя, устанавливаемое на зданиях и служащее для защиты от удара молнии.

3.17 молниеприемник: Часть внешней системы молниезащиты, содержащая металлические элементы (стержни, молниеприемные сетки, тросы), предназначенные для приема молнии.



3.18 молниеприемник с опережающей эмиссией стримера: Молниеприемник, вызывающий более раннее возникновение восходящего стримера по сравнению с молниеприемником при их работе в одинаковых условиях.

3.19 напряжение прикосновения: Напряжение между двумя точками электрической цепи тока замыкания на землю (на корпус) при одновременном прикосновении к ним человека или напряжение, появляющееся на теле человека при одновременном прикосновении к двум точкам проводников или токопроводящих частей.

3.20 неизолированная внешняя система молниезащиты: Система молниезащиты, состоящая из молниеприемников и токоотводов, расположенных таким образом, что путь тока молнии контактирует с защищаемым зданием.

3.21 ограничитель перенапряжения (устройство защиты от импульсных перенапряжений): Устройство, предназначенное для ограничения переходных напряжений и отвода сверхтоков, содержащее как минимум один нелинейный элемент.

3.22 опасное искрение: Электрический разряд, возникающий внутри защищаемого объекта при ударе молнии, способный вызывать повреждение оборудования и создавать опасность для людей.

3.23 прямой удар молнии: Наиболее опасный вид воздействия на здание, сопровождающийся непосредственным контактом с ним канала молнии.

Примечание – Канал молнии – видимая часть молнии, характеризующаяся большой амплитудой тока и высокой температурой.

3.24 решетчатый экран: Электромагнитный экран с отверстиями.

Примечание – Для зданий данный экран устраивают путем соединения между собой естественных металлических элементов (например, стальной арматуры, металлического каркаса и металлических опор).

3.25 система заземления: Часть внешней системы молниезащиты, предназначенная для отвода тока молнии в землю и растекания его в земле.

3.26 система молниезащиты: Комплексная система, используемая для снижения риска и материального ущерба от удара молнии в здание, состоящая из внешней и внутренней систем молниезащиты.

Примечание – Внутренняя система молниезащиты состоит из системы уравнивания потенциалов и (или) устройств защиты от импульсных перенапряжений.

3.27 система уравнивания потенциалов: Система соединения всех проводящих (нетоковедущих) частей здания и внутренних систем для достижения равенства их потенциалов.

Примечание – К внутренним системам относятся электрические и электронные системы, находящиеся внутри здания.

3.28 сопротивление заземления: Отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

3.29 скоординированная защита: Совокупность устройств защиты от импульсных перенапряжений, формирующих систему защиты, обеспечивающую снижение количества отказов электрических и электронных систем.

3.30 ток молнии: Ток, протекающий в точке поражения.

3.31 токоотвод: Устройство, предназначенное для отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

3.32 точка поражения: Точка, в которой молния соприкасается с землей или возвышающимся объектом.

Примечание – При ударе молнии может возникнуть несколько точек поражения.

3.33 физическое повреждение: Повреждение здания (или его внутренних систем) или подсоединенной к зданию системы энергоснабжения вследствие механических, тепловых, химических и взрывоопасных воздействий молнии.

3.34 уравнивание потенциалов молнии: Соединение кратчайшим путем отдельных металлических элементов защищаемого объекта посредством токопроводящих проводников или устройств защиты от импульсных перенапряжений с целью снижения разности потенциалов молнии между данными элементами и заземляющим устройством, вызванных током молнии.

3.35 уровень молниезащиты: Показатель совокупности значений параметров тока молнии, связанный с вероятностью превышения соответствующих максимальных и минимальных расчетных данных в результате удара молнии.

3.36 шина уравнивания потенциалов (шина): Металлическая шина, на которой металлические элементы, внешние токопроводящие части, линии электропередачи и линии связи, а также другие кабели могут соединяться с системой молниезащиты.

3.37 электромагнитный экран: Закрытый металлический экран сетчатого или сплошного типа, окружающий защищаемый объект или его часть, и используемый для защиты от возможных повреждений электрических или электронных систем.

4 Сокращения

В настоящих строительных нормах применяют следующие сокращения:

АПВ – автоматическое повторное включение;
 АСДУ – автоматическая система дистанционного управления;
 ВЛ – воздушная линия электропередачи;
 ВЛЗ – воздушная линия электропередачи защищенная;
 ВЛИ – воздушная линия электропередачи с самонесущими изолированными проводами;
 ВЛП – воздушная линия электропередачи с покрытыми проводами;
 ЗМЗ – зона молниезащиты;
 ЗРУ – закрытое распределительное устройство;
 ЗУ – заземляющее устройство;
 ЗТП – закрытая трансформаторная подстанция;
 ИП – искровой промежуток;
 КЗ – короткое замыкание;
 КТП – комплектная трансформаторная подстанция;
 МОЭС – молниеприемник с опережающей эмиссией стримера;
 МТП – мачтовая трансформаторная подстанция;
 ОКЗ – однофазное короткое замыкание;
 ОПН – ограничитель перенапряжения;
 ОРУ – открытое распределительное устройство;
 ПС – электрическая подстанция;
 РВ – разрядник вентильный;
 РДИ – разрядник длинно-искровой;
 РДИП – разрядник длинно-искровой петлевой;
 РТ – разрядник трубчатый;
 РУ – распределительное устройство;
 СВЧ – сигнал высокой частоты;
 СМЗ – система молниезащиты;
 СТП – столбовая трансформаторная подстанция;
 ТП – трансформаторная подстанция;
 ТС – технические средства;
 ТСН – трансформатор собственных нужд;
 УЗИП – устройство защиты от импульсных перенапряжений;
 ЭС – электрическая станция.

5 Параметры молнии

5.1 Механические воздействия молнии характеризуются пиковым значением тока I и переданной удельной энергией W/R , тепловые воздействия – переданной удельной энергией W/R при наличии гальванической связи и зарядом Q при возникновении электрических дуг; принимают с учетом рекомендуемого [1]. Перенапряжения и опасное искрение, вызываемые индуктивным искрением, определяются средней скоростью нарастания фронта импульса тока молнии di/dt .

5.2 Для выбора мер молниезащиты зданий предусматривают четыре уровня молниезащиты – I–IV. Для каждого уровня молниезащиты установлены максимальные (таблица 5.1) значения параметров тока молнии.

Надежность молниезащиты для зданий определяют по таблице 5.2.

Таблица 5.1 – Максимальные значения параметров тока молнии в зависимости от уровней молниезащиты

Параметр тока молнии	Максимальное значение параметра тока молнии для уровня молниезащиты			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Первый короткий удар молнии				
Пиковое значение тока молнии I , кА	200	150	100	



1	2	3	4	5
Электрический заряд короткого удара $Q_{\text{коротк}}$, Кл	100	75	50	
Удельная энергия W/R , МДж/Ом	10	5,6	2,5	
Отношение длительности фронта удара T_1 , мкс, ко времени полуспада короткого удара T_2 , мкс (T_1/T_2)	10/350			
Следующий короткий удар молнии				
Пиковое значение тока молнии I , кА	50	37,5	25	
Средняя крутизна фронта di/dt , кА/мкс	200	150	100	
Отношение длительности фронта удара T_1 , мкс, ко времени полуспада короткого удара T_2 , мкс (T_1/T_2)	0,25/100			
Длительный удар молнии				
Электрический заряд длительного удара $Q_{\text{длит}}$, Кл	200	150	100	
Продолжительность длительного удара $T_{\text{длит}}$, с	0,5			
Удар молнии				
Электрический заряд молнии $Q_{\text{удара}}$, Кл	300	225	150	

Таблица 5.2 – Уровни молниезащиты в зависимости от надежности молниезащиты для зданий

Уровень молниезащиты	Надежность молниезащиты P_3
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

5.3 Максимальные значения параметров тока молнии необходимы для расчета сечения токоведущих проводников; толщины металлической кровли и корпусов резервуаров, контактирующих с молнией; номинального тока разряда и импульсного тока УЗИП; безопасного расстояния для обеспечения защиты от опасного искрения и т. д.

5.4 Минимальные пиковые значения тока молнии необходимы для определения радиуса катящейся сферы, с помощью которой производят расчет количества молниеприемников и определяют ЗМЗ Ов.

Минимальное пиковое значение тока молнии I , кА, принимают в соответствии с уровнем молниезащиты:

- 3 – для уровня молниезащиты I;
- 5 – то же II;
- 10 – » III;
- 16 – » IV.

6 Оценка риска

6.1 Риск и элементы риска

6.1.1 Риск R выражается отношением вероятных среднегодовых потерь людей и продукции, возникающих в результате воздействий молнии, к общему количеству людей и продукции, находящихся в защищаемом здании.

Риск следует оценивать в зависимости от вероятного ущерба, нанесенного зданию или системе энергоснабжения, подразделяемого на следующие типы с учетом рекомендуемого [2]:

- L1 – гибель или увечья людей;
- L2 – нарушение коммунального обслуживания;
- L3 – потеря культурных ценностей;
- L4 – экономический ущерб (строительным конструкциям здания и находящемуся внутри оборудованию, системе энергоснабжения, а также деятельности).

Каждый тип ущерба определяют в зависимости от типа повреждения.

6.1.2 Для зданий определяют следующие риски для каждого типа ущерба: R1, R2, R3, R4.

6.1.3 В оценку рисков для рассматриваемых систем энергоснабжения включают только линии электропередачи, входящие в здание. Угрозу от ударов молнии в трубопроводы или вблизи них при соединении трубопроводов с шиной уравнивания потенциалов не рассматривают, в случае отсутствия данной шины такую угрозу необходимо рассматривать.

6.1.4 Оценка риска R следует производить по совокупности элементов риска в соответствии с источником и типом повреждения.

6.1.5 В результате ударов молнии в здание определяют следующие элементы риска:

R_A – риск поражения людей электрическим током вследствие воздействия напряжения прикосновения и шагового напряжения в зонах, находящихся на расстоянии не более 3 м от наружных стен здания. Характеризуется вероятным ущербом типа L1, а для сельскохозяйственных зданий – ущербом типа L4 (с вероятным ущербом животным). В специальных зданиях для людей возможен риск возникновения опасности, связанной с непосредственными ударами молнии (например, верхний уровень паркинга или стадион);

R_B – риск физического повреждения вследствие опасного искрения внутри здания, приводящего к пожару или взрыву. Характеризуется вероятным ущербом всех типов (L1–L4);

R_C – риск повреждения внутренних систем в результате электромагнитного воздействия молнии. Характеризуется вероятным ущербом типов L2 и L4, возникающим во всех случаях одновременно с ущербом типа L1, для зданий, в которых существует опасность взрыва или в которых повреждения внутренних систем создают угрозу жизни и здоровью людей (например, больницы).

6.1.6 В результате ударов молнии вблизи здания определяют следующие элементы риска:

R_M – риск повреждения внутренних систем в результате электромагнитного воздействия молнии. Характеризуется вероятным ущербом типов L1 и L4, возникающим во всех случаях одновременно с ущербом типа L1, для зданий, в которых существует опасность взрыва или в которых повреждения внутренних систем создают угрозу жизни и здоровью людей (например, больницы).

6.1.7 В результате ударов молнии в системы энергоснабжения, подсоединенные к зданию определяют следующие элементы риска:

R_U – риск поражения людей электрическим током вследствие воздействия напряжения прикосновения и шагового напряжения, возникающих внутри здания в результате удара молнии в линию электропередачи, входящую в здание. Характеризуется вероятным ущербом типа L1, а для сельскохозяйственных зданий – ущербом типа L4 (с вероятным ущербом животным);

R_V – риск физического повреждения от пожара или взрыва вследствие опасного искрения между внешней установкой и внешними токопроводящими частями, возникающего в основном на точке ввода линии электропередачи в здание в результате воздействия тока молнии, передаваемого через входящие системы энергоснабжения или вдоль них. Характеризуется вероятным ущербом всех типов (L1–L4);

R_W – риск повреждения внутренних систем от индуцированных перенапряжений, возникающих на входящих линиях электропередачи и передаваемых на здание. Характеризуется вероятным ущербом типов L2 и L4, возникающим во всех случаях одновременно с ущербом типа L1, для зданий, в которых существует опасность взрыва или в которых повреждения внутренних систем создают угрозу жизни и здоровью людей (например, больницы).

6.1.8 В результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения, подсоединенной к зданию, определяют следующие элементы риска:

R_Z – риск повреждения внутренних систем от индуцированных перенапряжений, возникающих на входящих линиях электропередачи и передаваемых на здание. Характеризуется вероятным ущербом типов L3 и L4, возникающим во всех случаях одновременно с ущербом типа L1, для зданий, в которых существует опасность взрыва или в которых повреждения внутренних систем создают угрозу жизни и здоровью людей (например, больницы).

6.2 Оценка необходимости обеспечения молниезащитой и выбор мер молниезащиты

6.2.1 Оценка необходимости обеспечения молниезащитой зданий производят по результатам оценки рисков R1–R3, исходя из условий:

– $R > R_T$ – молниезащита требуется;

– $R \leq R_T$ – молниезащита не требуется.

Если защищаемый объект многофункциональный, в нем может возникать ущерб нескольких типов, для каждого типа ущерба должно выполняться условие $R \leq R_T$.

6.2.2 Характерные значения допустимого риска R_T для типов ущерба приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Характерные значения допустимого риска R_T для типов ущерба

Тип ущерба	R_T (y^{-1})
L1	10^{-5}
L2	10^{-3}
L3	10^{-3}

6.2.3 Риски для каждого типа ущерба для зданий следует определять по совокупности элементов риска по следующим формулам:

– риск гибели или увечья людей

$$R1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z; \quad (6.1)$$

– риск нарушения коммунального обслуживания

$$R2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z; \quad (6.2)$$

– риск потери культурных ценностей

$$R3 = R_B + R_V; \quad (6.3)$$

– риск экономического ущерба

$$R4 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z. \quad (6.4)$$

В соответствии с ТР 2009/013/ВУ (6.8) решение о необходимости обеспечения молниезащитой здания определяют риском R1.

6.2.4 Для защищаемого объекта элементы риска, определяемые для каждого типа ущерба, приведены в таблице 6.2, факторы, влияющие на элементы риска, – в таблице 6.3.

Таблица 6.2 – Элементы риска, определяемые для каждого типа ущерба

Риск для каждого типа ущерба	Элемент риска в соответствии с источником повреждения							
	Удар молнии в здание			Удар молнии вблизи здания	Удар молнии в систему энергоснабжения, подсоединенную к зданию			Удар молнии вблизи системы энергоснабжения, подсоединенной к зданию
	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
R1	+	+	+ ¹⁾	+ ¹⁾	+	+	+ ¹⁾	+ ¹⁾
R2		+	+	+		+	+	+
R3		+				+		
R4	+ ²⁾	+	+	+	+ ²⁾	+	+	+

¹⁾ Только для зданий, в которых существует опасность взрыва или в которых повреждения внутренних систем создают угрозу жизни и здоровью людей (например, больницы).

²⁾ Только для сельскохозяйственных зданий.

Примечание – Для жилых домов в сельской местности установлен IV уровень молниезащиты; в качестве меры молниезащиты следует применять молниеотвод. Для жилых домов (этажностью четыре этажа и выше) в городской застройке установлен III уровень молниезащиты; в качестве меры молниезащиты следует применять молниеотвод и УЗИП.

Таблица 6.3 – Факторы, влияющие на элементы риска

Фактор, влияющий на элемент риска	Элемент риска							
	R _A	R _B	R _C	R _W	R _U	R _V	R _W	R _Z
Участок сбора данных	+	+	+	+	+	+	+	+
Удельное сопротивление грунта	+							
Удельное сопротивление пола					+			
Физические ограничения, электрическая изоляция, предупредительные надписи, уравнивание потенциалов молнии	+				+			
СМЗ	+ ¹⁾	+	+ ²⁾	+ ²⁾	+ ³⁾	+ ³⁾		
Скоординированная защита (с помощью УЗИП)			+	+			+	+
Электромагнитный экран			+	+				
Электромагнитное экранирование внешних линий электропередачи					+	+	+	+
Электромагнитное экранирование внутренних линий электропередачи			+	+				
Защита внутренней электропроводки и кабельных линий			+	+				
Сеть соединения			+					
Противопожарная защита		+				+		
Опасность возникновения пожара		+				+		
Особая опасность		+				+		
Импульсное выдерживаемое напряжение			+	+	+	+	+	+

¹⁾ При расстоянии между токоотводами менее 10 м или в случае физического ограничения, риск поражения людей электрическим током вследствие воздействия напряжения прикосновения или шагового напряжения, не рассматривается.
²⁾ Только для внешней СМЗ.
³⁾ При уравнивании потенциалов молнии.

6.2.5 При оценке необходимости обеспечения молниезащитой здания, а также при выборе мер молниезащиты следует производить:

- идентификацию защищаемого объекта и его характеристик;
- определение риска R для конкретного типа ущерба;
- сравнение риска R для конкретного типа ущерба с допустимым риском R_T.

6.2.6 Для оценки риска необходимо анализировать: защищаемое здание, установки и оборудование, размещаемые в здании; нахождение людей в здании или в зоне на расстоянии не более 3 м от здания; окружающую среду, на которую влияет повреждение здания в результате удара молнии.

6.2.7 Для получения объективных значений риска R при его оценке и выбора наиболее подходящих мер молниезащиты рассматриваемый защищаемый объект при необходимости следует разделять на зоны (по функциональному назначению, конфигурации, типу грунта, удельной пожарной нагрузке, огнестойкости, наличию электромагнитных экранов и т. п.).

6.2.8 Меры молниезащиты необходимо выбирать с учетом уменьшения риска для каждого типа ущерба.

Для каждого типа ущерба определяют различные сочетания мер молниезащиты, которые по отдельности или в совокупности друг с другом создают условие, при котором $R \leq R_T$.

Выбор наиболее подходящих мер молниезащиты следует производить в соответствии с долей каждого элемента риска в общем объеме риска R, принимая во внимание технические и экономические аспекты различных мер молниезащиты.

6.2.9 Элементы риска в результате удара молнии непосредственно в здание или вблизи него определяют по следующим формулам:

- риск поражения людей электрическим током

$$R_A = N_D P_A L_A' \quad (6.5)$$



– риск физического повреждения

$$R_B = N_D P_B L_B; \quad (6.6)$$

– риски повреждения внутренних систем:

$$R_C = N_D P_C L_C; \quad (6.7)$$

$$R_M = N_M P_M L_M. \quad (6.8)$$

6.2.10 Элементы риска в результате удара молнии непосредственно в систему энергоснабжения, подсоединенную к зданию, либо вблизи данной системы определяют по следующим формулам:

– риск поражения людей электрическим током

$$R_U = (N_L N_{Da}) \cdot P_U L_U; \quad (6.9)$$

– риск физического повреждения

$$R_V = (N_L N_{Da}) \cdot P_V L_V; \quad (6.10)$$

– риски повреждения внутренних систем:

$$R_W = (N_L N_{Da}) \cdot P_W L_W; \quad (6.11)$$

$$R_Z = (N_I - N_L) \cdot P_Z L_Z. \quad (6.12)$$

6.2.11 Коэффициенты, используемые в формулах (6.5)–(6.12) для расчета элементов риска, определяют в соответствии с приложениями А–В.

6.2.12 В случае если к зданию подсоединено несколько линий электропередачи (участков) с различными техническими характеристиками, то расчеты следует производить для каждой(-ого) линии (участка).

6.2.13 В случаях когда риск R не может быть снижен до допустимого риска R_r для защищаемого объекта должен быть установлен самый высокий уровень молниезащиты.

7 Защита от прямых ударов молнии

7.1 Внешняя система молниезащиты

7.1.1 Внешняя СМЗ состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей.

Установка внешней СМЗ требуется, если при оценке риска $R_B > R_r$.

7.1.2 Внешнюю СМЗ устраивают отдельной от защищаемого объекта (отдельно стоящие стержневые или тросовые молниеотводы, соседние сооружения, являющиеся естественными элементами СМЗ) или непосредственно на защищаемом объекте (стержневые и тросовые молниеприемники, молниеприемная сетка).

7.1.3 Внешнюю СМЗ следует размещать отдельно от зданий производственного и складского назначения I уровня молниезащиты в случае, когда для чувствительного оборудования требуется ослабление излучаемого электромагнитного поля, связанного с импульсом тока молнии в токоотводе.

7.1.4 В качестве естественных элементов СМЗ необходимо предусматривать изготовленные из токопроводящих материалов архитектурные элементы, строительные конструкции и фасады зданий, которые должны постоянно находиться в здании или на здании и не должны меняться и изменяться (например, соединенная между собой металлическая арматура, парапеты, кровельные ограждения, трубы и т. д.).

7.1.5 При наличии на фасадах зданий специальных объектов прямых газопроводных и дыхательных труб для свободного отвода в атмосферу газов, пара и суспензий взрывоопасной концентрации в зоне защиты молниеотводов необходимо предусматривать пространство над срезом труб, ограниченное полушарием радиусом 5 м.

Для газопроводных и дыхательных труб, устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции, оборудованных колпаками или «гусаками», в зоне защиты молниеотводов необходимо предусматривать пространство над срезом труб, ограниченное цилиндром высотой H_{np} и радиусом R_{np} :

– для газов тяжелее воздуха: при избыточном давлении внутри установки, кПа, то же	менее 5,05 – от 5,05 до 25,25 –	$H_{np} = 1 \text{ м}, R_{np} = 2 \text{ м};$ $H_{np} = 2,5 \text{ м}, R_{np} = 5 \text{ м};$
– для газов легче воздуха: при избыточном давлении внутри установки, кПа, то же	до 25,25 – св. 25,25 –	$H_{np} = 2,5 \text{ м}, R_{np} = 5 \text{ м};$ $H_{np} = 5 \text{ м}, R_{np} = 5 \text{ м}.$

7.1.6 В зону защиты молниеотводов не требуется включать пространство над срезом труб (устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции) в следующих случаях:

- при выбросе газов невзрывоопасной концентрации;
- при постоянно горящих факелах и факелах, зажигаемых в момент выброса газов.

7.2 Молниеприемники

7.2.1 В качестве молниеприемников используют следующие изделия:

- стержни (включая отдельно стоящие мачты, мачты на бетонных основаниях);
- тросы;
- молниеприемную сетку;
- МОЭС.

Молниеприемники также могут состоять из любого сочетания перечисленных выше изделий.

7.2.2 Для обеспечения распределения тока молнии отдельно расположенные стержни молниеприемника следует соединять между собой на уровне крыши.

7.2.3 В первую очередь с помощью молниеприемников следует защищать наиболее высокие точки зданий.

7.2.4 Для определения положения молниеприемника необходимо принимать следующие методы:

- защитного угла;
- катящейся сферы;
- сетки.

7.2.5 Метод защитного угла следует применять для зданий любой формы, но с ограничением высоты молниеприемника (рисунок 7.1).

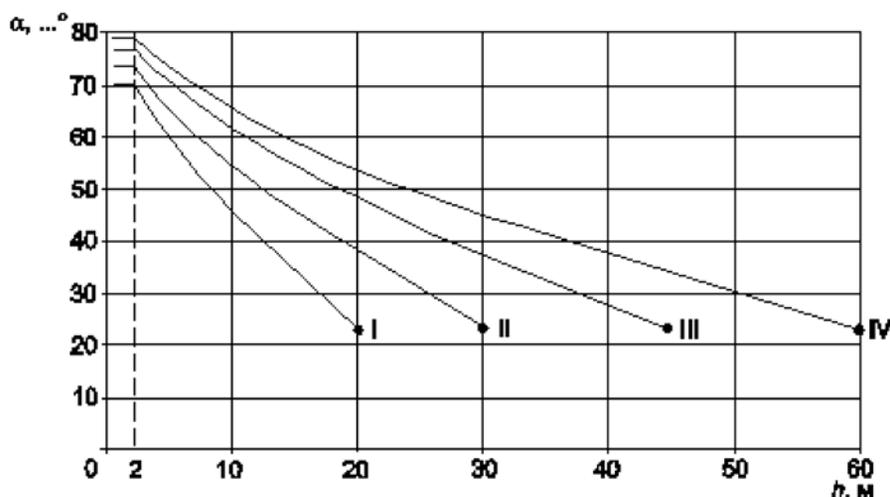


Рисунок 7.1 – График определения защитного угла α в зависимости от высоты h молниеприемника над защищаемой поверхностью и уровня молниезащиты

7.2.6 Надежность молниезащиты для молниеприемника в зависимости от уровня молниезащиты определяют согласно таблице 5.2.



7.2.7 Стандартными зонами защиты одиночного молниеприемника высотой h являются зоны, ограниченные симметричными двухскатными поверхностями, которые создают в вертикальном сечении равнобедренный треугольник с вершиной, равной h , и основанием, равным $2 \cdot (htg\alpha)$.

7.2.8 Метод сетки следует применять для горизонтальных и скатных крыш без изгибов, если соблюдаются следующие условия:

- проводники сетки проложены по краю, по выступам или по коньку крыши (если наклон крыши не превышает $1/10$);
- размеры ячейки сетки не превышают значений, приведенных в таблице 7.1;
- сетка выполнена с условием, что для прохождения тока молнии к заземлителю имеется как минимум два различных пути;
- металлические части защищаемого объекта не выступают за внешние контуры сетки;
- проводники от сетки проложены по кратчайшему пути.

Таблица 7.1 В метрах

Уровень молниезащиты	Радиус катящейся сферы r	Размер ячейки сетки w
I	20	5 x 5
II	30	10 x 10
III	45	15 x 15
IV	60	20 x 20

7.2.9 В качестве естественных элементов СМЗ следует принимать следующие конструктивные элементы зданий:

а) металлические листы, покрывающие защищаемое здание, при соблюдении следующих условий:

- обеспечена надежная непрерывная электрическая связь между различными токопроводящими частями (например, с использованием пайки твердым припоем, сварки, гофрирования, фальцевых соединений, завинчивания или болтового крепления);

- значения толщины металлического листа не менее значений t' , указанных в таблице 7.2, при условии, что предотвращение пробоя обшивки не имеет большого значения или отсутствует воспламенение материалов, находящихся под металлическим листом;

- значения толщины металлического листа не менее значений t , указанных в таблице 7.2, при условии необходимости принятия мер предосторожности в отношении пробоя или рассмотрения проблем, связанных с термическим воздействием в месте удара молнии;

- металлические листы не плакированы изоляционным материалом; при этом тонкий слой антикоррозионной краски, асфальтовое покрытие толщиной 1 мм или покрытие из поливинилхлорида толщиной 0,5 мм в качестве изолятора не рассматривают;

б) металлические элементы крыши здания (стропильные фермы, соединенная между собой металлическая арматура и т. д.), расположенные под неметаллическим покрытием крыши, при условии, что покрытие крыши выполнено из негорючих, трудногорючих материалов или материалов с пределом распространения пламени РП1 и не выходит за границы защищаемого объекта;

в) металлические части (например, орнаментальные формы, ограждения, трубы, покрытия парапетов и т. д.), имеющие площадь поперечного сечения не менее указанной в таблице 7.3 для проводников молниеприемника;

г) расположенные на крыше здания металлические трубы и резервуары при условии, что они соответствуют требованиям таблицы 7.3;

д) металлические трубы и резервуары, содержащие легковоспламеняющиеся жидкости или горючие газы, при условии, что они изготовлены из материала толщиной не менее t , указанной в таблице 7.2, и повышение температуры их внутренней поверхности в точке поражения не представляет опасности.

Для зданий, в которых используют сталежелезобетонные элементы (включая готовые железобетонные блоки и предварительно напряженные армированные блоки), непрерывную электрическую связь между арматурными стержнями необходимо устанавливать по результатам электрических испытаний между самым верхним элементом и уровнем земли. Общее электрическое сопротивление, измеренное с использованием испытательного оборудования, не должно превышать 0,2 Ом, в противном случае стальную арматуру не используют в качестве естественного заземлителя.

Таблица 7.2 – Минимальная толщина металлических листов или труб молниеприемника в зависимости от их материала

В миллиметрах

Наименование материала	Толщина материала, не менее	
	t	t'
Свинец	–	2,0
Сталь (нержавеющая, оцинкованная)	4	0,5
Титан	4	0,5
Медь	5	0,5
Алюминий	7	0,65
Цинк	–	0,7

Примечание – Толщину t принимают для защиты инженерных коммуникаций, толщину t' – для защиты архитектурных токопроводящих элементов зданий.

Таблица 7.3 – Материал, профиль и размеры поперечного сечения проводников молниеприемника, стержней и токоотводов

Наименование материала	Профиль	Минимальная площадь поперечного сечения, мм ²	Показатели, мм ¹⁰⁾
1	2	3	4
Медь	Сплошной плоский	50 ⁸⁾	Минимальная толщина – 2
	Сплошной круглый ⁷⁾		Диаметр – 8
	Многожильный		Минимальный диаметр каждой жилы – 1,7
	Многожильный круглый ^{3), 4)}	200 ⁸⁾	Диаметр – 16
Медь, покрытая оловом ¹⁾	Сплошной плоский	50 ⁸⁾	Минимальная толщина – 2
	Сплошной круглый ⁷⁾		Диаметр – 8
	Многожильный		Минимальный диаметр каждой жилы – 1,7
Алюминий	Сплошной плоский	70	Минимальная толщина – 3
	Сплошной круглый ⁷⁾	50 ⁸⁾	Диаметр – 8
	Многожильный		Минимальный диаметр каждой жилы – 1,7
Алюминиевый сплав	Сплошной плоский	50 ⁸⁾	Минимальная толщина – 2,5
	Сплошной круглый ⁷⁾	50	Диаметр – 8
	Многожильный	50 ⁸⁾	Минимальный диаметр каждой жилы – 1,7
	Многожильный круглый ³⁾	200 ⁸⁾	Диаметр – 16
Сталь горячего цинкования ²⁾	Сплошной плоский	50 ⁸⁾	Минимальная толщина – 2,5
	Сплошной круглый ⁹⁾	50	Диаметр – 8
	Многожильный	50 ⁸⁾	Минимальный диаметр каждой жилы – 1,7
	Многожильный круглый ^{3), 4), 5), 9)}	200 ⁸⁾	Диаметр – 16
Нержавеющая сталь	Сплошной плоский ⁶⁾	50 ⁸⁾	Минимальная толщина – 2
	Сплошной круглый ⁶⁾	50	Диаметр – 8
	Многожильный	70 ⁸⁾	Минимальный диаметр каждой жилы – 1,7
	Многожильный круглый ^{3), 4)}	200 ⁸⁾	Диаметр – 16

¹⁾ Минимальная толщина горячелуженого или электролитического покрытия – 1 мкм.
²⁾ Покрытие должно быть гладким, непрерывным, без пятен расплава и минимальной толщиной 50 мкм.



1	2	3	4
<p>³⁾ Применяется только для стержней молниеприемника. В отдельных случаях, когда механическое напряжение в результате, например, давления ветра, не является критически важным, разрешается использовать стержни молниеприемника длиной до 1 м с дополнительной их фиксацией.</p> <p>⁴⁾ Применяется только для заземляющего входящего стержня.</p> <p>⁵⁾ Состав сечения проводника, не менее: хром – 16 %; никель – 8 %; углерод – 0,07 %.</p> <p>⁶⁾ Для стальных элементов, размещаемых в бетоне и (или) соприкасающихся с воспламеняемым материалом, минимальные размеры площади поперечного сечения должны быть увеличены до 78 мм² – для сплошных круглых проводников при их диаметре, равном 10 мм, и до 75 мм² – для сплошных плоских проводников при их толщине 3 мм и более.</p> <p>⁷⁾ В случаях когда механическое напряжение не является важным требованием, разрешается снижать значение до 28 мм² при диаметре проводников, равном 6 мм, и условии соблюдения требований к уменьшению безопасного расстояния между крепежными деталями.</p> <p>⁸⁾ Если тепловые и механические аспекты являются важными, данные значения разрешается увеличивать до 60 мм² для сплошных плоских проводников и до 78 мм² для сплошных круглых проводников.</p> <p>⁹⁾ Чтобы не допустить плавления проводников, минимальное поперечное сечение должно составлять, мм²: 16 – для медных проводников; 25 – для алюминиевых проводников; 50 – для стальных проводников и проводников из нержавеющей стали при удельной энергии 10 000 кДж/Ом.</p> <p>¹⁰⁾ Значения показателей установлены с отклонением ±10 %.</p>			

7.2.10 Не изолированные от защищаемого здания молниеприемники СМЗ следует устанавливать при соблюдении следующих требований:

- проводники молниеприемника размещают на поверхности кровли (или под кровлей) при условии, что кровля выполнена из негорючих, трудногорючих материалов либо материалов с пределом распространения пламени РП1;

- если кровля выполнена из горючего материала (за исключением материала с пределом распространения пламени РП1), следует обеспечивать безопасное расстояние между проводниками молниеприемника и материалом кровли. Для кровель, изготовленных из соломы или тростника, безопасное расстояние должно составлять не менее 0,15 м, для других горючих материалов – не менее 0,10 м;

- части защищаемого здания из сгораемых материалов не должны взаимодействовать с элементами внешней СМЗ, а также находиться под металлической оболочкой кровли.

7.2.11 Для прокладки проводников по кровле здания следует использовать изделия молниезащиты, предназначенные для устройства СМЗ (кровельные держатели, коньковые держатели, держатели токоотвода, дистанционные держатели, держатели по фасаду и т. п.).

7.2.12 Шаг между держателями должен составлять не более 1 м.

7.2.13 Металлические изделия, предназначенные для монтажа молниеприемников, должны иметь защиту от коррозии и старения. При этом среднее значение толщины цинкового покрытия изделий должно составлять не менее 30 мкм.

7.2.14 Молниеприемники и токоотводы необходимо жестко закреплять, чтобы исключить любой разрыв или ослабление крепления проводников под действием электродинамических сил или случайных механических воздействий (например, от вибрации, падения снежного пласта, теплового расширения и т. д.).

7.2.15 Все части зданий, высота которых более 120 м, должны быть защищены от прямых ударов молнии.

7.2.16 МОЭС следует использовать для обеспечения молниезащиты открытых участков местности, спортивных площадок и стадионов, больших площадей солнечных ЭС, а также зданий, для которых выполнить молниезащиту при помощи стержней, тросов и молниеприемной сетки согласно разделу 7 технически невозможно.

СМЗ, использующую МОЭС, предусматривают согласно приложению Г.

7.3 Токоотводы

7.3.1 С целью снижения вероятности возникновения опасного искрения токоотводы необходимо располагать таким образом, чтобы между точкой поражения и землей ток растекался несколькими параллельными путями и длина пути токоотвода была минимальной.

7.3.2 Минимальная длина пути токоотвода достигается в результате его прокладки по прямым и вертикальным линиям к земле по кратчайшему пути.

7.3.3 Токоотводы следует располагать по периметру защищаемого объекта таким образом, чтобы среднее расстояние между ними не превышало значений, приведенных в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Значения среднего расстояния между токоотводами в соответствии с уровнем молниезащиты

Уровень молниезащиты	Среднее расстояние между токоотводами, м
I	10
II	10
III	15
IV	20

7.3.4 Для стержневого молниеприемника следует предусматривать как минимум один токоотвод.

Если молниеприемник состоит из нескольких отдельных горизонтальных проводов (тросов) или из одного провода (троса), на каждом конце провода (троса) необходимо предусматривать установку как минимум одного токоотвода.

Если молниеприемник образует сеть проводников, то на конце каждого несущего троса следует устанавливать как минимум один токоотвод.

7.3.5 Прокладывать токоотводы в водосточных трубах запрещается. При отсутствии возможности прокладки токоотводов по стене здания токоотводы следует прокладывать по водосточным трубам, закрепляя держателями прута.

7.3.6 Токоотводы, прокладываемые по наружным стенам зданий, следует размещать не ближе чем 3 м от входов в здания.

7.3.7 Неизолированные от защищаемого объекта токоотводы следует прокладывать в соответствии со следующими требованиями:

- если стена выполнена из негорючего материала – токоотводы разрешается закреплять на поверхности стены или прокладывать в стене с помощью изделий молниезащиты, предназначенных для устройства СМЗ (пластиковых либо металлических держателей токоотвода);

- если стена выполнена из горючего материала и повышение температуры токоотводов представляет для нее опасность – токоотводы следует располагать таким образом, чтобы безопасное расстояние между ними и материалом стены защищаемого объекта превышало 0,1 м.

При прокладке токоотводов по стене здания, выполненной из горючего материала, также следует использовать изделия молниезащиты, предназначенные для устройства СМЗ (пластиковые или металлические держатели токоотвода). При этом металлические изделия могут контактировать со стеной, выполненной из горючего материала.

При невозможности обеспечения соответствующего безопасного расстояния от токоотвода до горючего материала стен, площадь поперечного сечения проводника должна быть не менее 100 мм².

7.3.8 Металлические изделия, предназначенные для монтажа токоотводов, должны иметь защиту от коррозии и старения. При этом среднее значение толщины цинкового покрытия для изделий должно составлять не менее 30 мкм. Шаг между держателями должен составлять не более 1 м.

7.3.9 Если токоотвод устроен в виде петли, расстояние s между двумя поперечными точками на проводнике и длина проводника l между этими точками согласно рисунку 7.2 должны соответствовать безопасным значениям для электрической изоляции внешней СМЗ.

7.3.10 В качестве естественных токоотводов следует принимать следующие конструктивные элементы здания:

- металлические конструкции при условии, что электрическое сопротивление между разными элементами постоянно, а материал, профиль и размеры поперечного сечения проводников соответствуют требованиям, приведенным в таблице 7.3. Металлические конструкции могут иметь изоляционное покрытие (например, слой краски либо огнезащитный слой);

- металлический каркас;

- стальную арматуру, соединенную между собой;

- металлические части фасада, профилированные элементы и опорные металлические конструкции фасада при условии, что они соответствуют требованиям таблицы 7.3 для токоотводов, а толщина металлических листов или труб составляет не менее 0,5 мм.

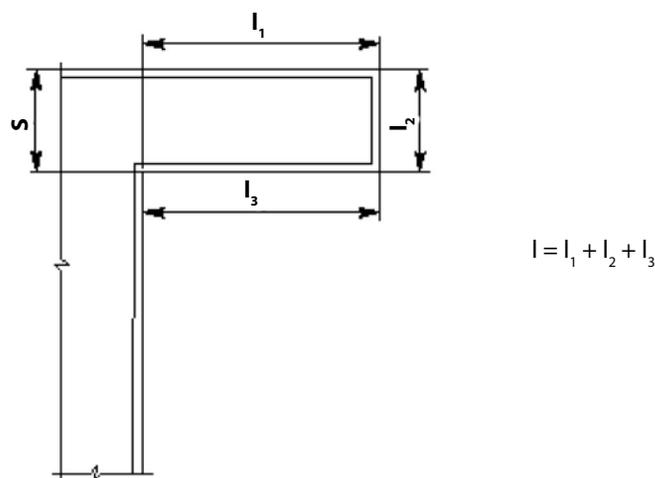


Рисунок 7.2 – Схема петли токоотвода

7.3.11 Стальная арматура в железобетонных зданиях обеспечивает непрерывную электрическую связь, если она удовлетворяет следующим условиям:

- 50 % и более соединений вертикальных и горизонтальных стержней арматуры выполнены при помощи сварки или имеют жесткую связь (болтовое крепление, вязку проводом);
- обеспечена непрерывная электрическая связь между стальной арматурой разных предварительно заготовленных бетонных блоков и арматурой бетонных блоков, подготовленных на месте.

7.3.12 Для измерения сопротивления заземления на каждом токоотводе должен быть установлен контрольный стык, кроме случаев, когда:

- имеются естественные токоотводы, соединенные непосредственно с заземлителем неразборным соединением (например, несущие металлические конструкции здания, соединенные с арматурой фундамента и заземлителем);
- ЗУ молниезащиты присоединено неразборным соединением или объединено с ЗУ другого назначения, которые по условию технологического процесса не допускают отсоединения естественных заземлителей.

При проведении измерения контрольный стык должен открываться с помощью инструмента, при обычном использовании – оставаться закрытым.

7.4 Система заземления

7.4.1 Для защиты от прямых ударов молнии следует использовать естественные заземлители – металлические и железобетонные конструкции зданий, внешних электроустановок, отдельно стоящих опор и т. п., которые находятся в контакте с землей, в том числе железобетонные свайные фундаменты в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных грунтах при условии обеспечения непрерывной электрической связи их арматуры и присоединения ее к закладным деталям с помощью сварки.

7.4.2 В случае невозможности использования естественных заземлителей для молниеотводов, которые имеют молниеприемную сетку или металлическую кровлю, по периметру здания следует прокладывать в земле на глубине не менее чем 0,5 м внешний контур заземления из горизонтальных и вертикальных заземлителей.

7.4.3 Токоотвод необходимо присоединять к заземлителю.

7.4.4 Для заземления следует применять два основных типа (А и В) заземлителей. Заземлитель типа А включает горизонтальные (стержни, полосы) и вертикальные (заземляющие электроды) заземлители, установленные за пределами защищаемого здания и присоединенные к каждому токоотводу.

7.4.5 Сопротивление заземления для I и II уровня молниезащиты должно составлять не более 10 Ом.

Значения минимальной длины заземлителя, показанные на рисунке 7.3, не учитывают при условии достижения сопротивления заземления растеканию тока не более 10 Ом (измеренного на частоте, отличающейся от частоты сети, чтобы избежать помех). Минимальная длина заземлителя для III и IV уровня молниезащиты не зависит от удельного сопротивления грунта.

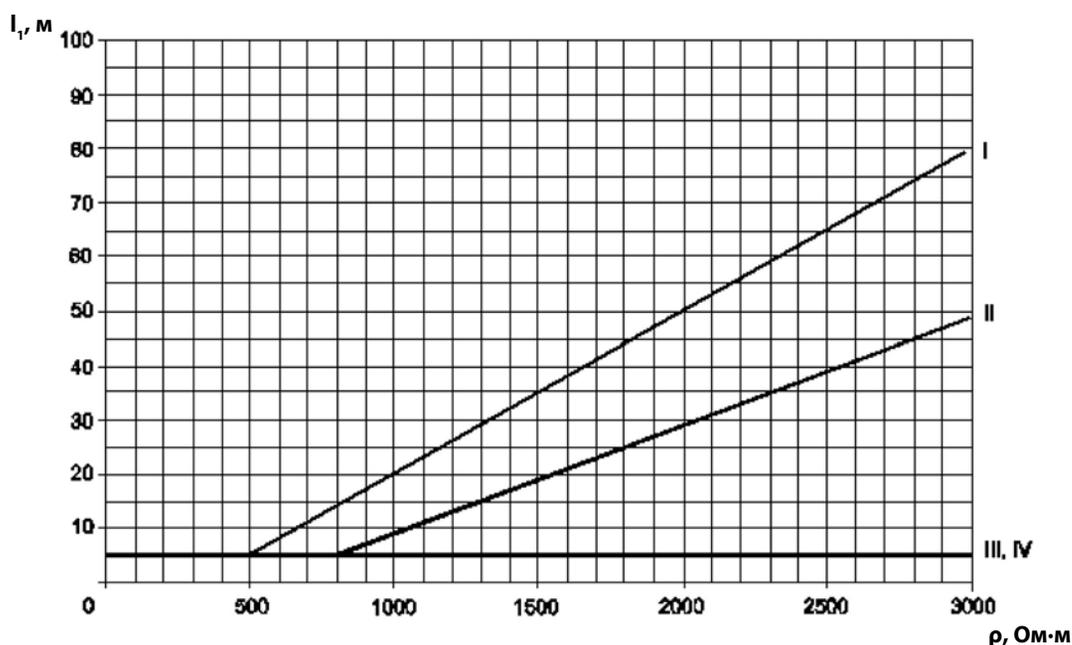


Рисунок 7.3 – График определения минимальной длины I_1 заземлителя в зависимости от уровня молниезащиты

7.4.6 При устройстве заземления в районах с высоким удельным сопротивлением грунта с целью недопущения роста объемов земляных работ следует предусматривать:

- устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, в том числе составных вертикальных глубинных заземлителей длиной не более 30 м – если с глубиной удельное сопротивление грунта уменьшается, а естественные глубинные заземлители (например, скважины с металлическими обсадными трубами) отсутствуют;
- устройство выносных заземлителей – если вблизи (не более 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением грунта;
- устройство заземлителей с большой площадью электрического контакта (например, заземляющих либо решетчатых пластин) – если устройство выносных заземлителей не дает необходимого эффекта по снижению сопротивления заземления либо погружение вертикальных глубинных заземлителей очень трудоемко (по причине каменистого грунта, наличия подземных инженерных коммуникаций);
- применение искусственной обработки грунта неагрессивными для материала заземлителя компонентами с целью снижения его удельного сопротивления – если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта.

7.4.7 Заземлитель типа В включает или контур заземления, находящийся за пределами защищаемого здания, соприкасающийся с поверхностью грунта не менее чем 80 % своей общей длины, либо заземлитель в фундаменте, в том числе сетчатый заземлитель.

7.4.8 В зданиях с наличием только электрических систем следует использовать заземлители типа А, в зданиях с наличием электронных систем – заземлители типа В.

7.4.9 Минимальная длина I_1 (см. рисунок 7.3) каждого заземлителя, установленного на основании каждого токоотвода, в зависимости от уровня молниезащиты и удельного сопротивления грунта составляет:

- I_1 – для горизонтальных заземлителей;
- $0,5I_1$ – для вертикальных (или наклонных) заземлителей.

Для комбинированных заземлителей значение I_1 должно быть равно общей длине вертикальных и горизонтальных заземлителей.

Длина горизонтального заземлителя в земле r_e , м, должна быть не менее значения I_1 ; $r_e \geq I_1$.

Если требуемое значение I_1 превышает соответствующее значение r_e , то необходимо дополнительно устанавливать горизонтальный заземлитель длиной I_r или вертикальный заземлитель длиной I_v , рассчитываемыми по формулам:

$$I_r = I_1 - r_e \quad (7.1)$$



$$l_v = (l_1 - r_e) / 2 \quad (7.2)$$

7.4.10 Дополнительные вертикальные заземлители (заземляющие электроды, стержни, штыри) следует соединять с горизонтальным заземлителем.

7.4.11 Расстояние между вертикальными заземлителями, объединенными одним горизонтальным заземлителем, исходя из эффективного использования металла, должно быть не менее их длины.

7.4.12 Глубину прокладки и тип заземлителей следует принимать из условия уменьшения воздействия на них коррозии.

7.4.13 Горизонтальный заземлитель типа В устраивают в земле на глубине не менее 0,5 м и расстоянии не менее 1 м от наружных стен защищаемого объекта.

Вертикальные заземлители типа А необходимо прокладывать в земле на глубине не менее 0,5 м и распределять по возможности равномерно, чтобы уменьшить электрическое взаимодействие в земле.

7.4.14 Заземляющие проводники следует устанавливать с возможностью их проверки и замены (при необходимости) в ходе строительства.

7.4.15 Все заземлители одного защищаемого объекта должны быть соединены между собой.

7.4.16 Заземлитель молниезащиты следует совмещать с заземлителями электроустановок и средств связи, за исключением использования отдельно стоящего молниеотвода. Если данные заземлители должны быть разделены по условиям технологического процесса, их следует объединять в общую СМЗ с помощью системы уравнивания потенциалов и присоединять к общему заземлителю через ИП (или аналогичные устройства) при недопустимости их прямого соединения по условиям технологического процесса. При этом ИП при ударе молнии в СМЗ должен перекрываться, обеспечивая уравнивание потенциалов молнии. Также следует предусматривать мероприятия по исключению прикосновения людей к токопроводящим частям системы функционального заземления.

7.4.17 Изделия СМЗ должны быть выполнены из материалов, указанных в таблице 7.5, или других материалов с равноценными механическими, электрическими и химическими (коррозия) техническими характеристиками.

Таблица 7.5 – Материалы для изделий СМЗ и условия их использования

Наименование материала	Среда использования			Характеристика материала по отношению к коррозии		
	Воздух	Земля	Бетон	Сопротивление коррозии	Условия появления коррозии	Способ борьбы с коррозией за счет гальванической связи с другим материалом
1	2	3	4	5	6	7
Медь	Сплошной проводник	Сплошной проводник	Сплошной проводник	Хорошее во многих средах	Сернистые вещества	–
	Многожильный проводник	Многожильный проводник	Многожильный проводник			
		В качестве покрытия	В качестве покрытия			
Сталь, оцинкованная горячим, гальваническим способом либо методом термодиффузии	Сплошной проводник	Сплошной проводник	Сплошной проводник	Приемлемое на воздухе, в бетоне и плодородной почве	Высокое содержание хлоридов	Медь
	Многожильный проводник		Многожильный проводник			
Нержавеющая сталь	Сплошной проводник	Сплошной проводник	Сплошной проводник	Хорошее во многих средах	Высокое содержание хлоридов	–
	Многожильный проводник	Многожильный электрод	Многожильный проводник			

1	2	3	4	5	6	7
Алюминий	Сплошной проводник	Не используется	Не используется	Хорошее в атмосферах, содержащих низкие концентрации серы и хлорида	Щелочные растворы	Медь
	Многожильный проводник					
Свинец	Сплошной проводник	Сплошной проводник	Не используется	Хорошее в атмосферах, содержащих высокие концентрации сульфатов	Кислые грунты	Медь
	В качестве покрытия	В качестве покрытия				Нержавеющая сталь

Для крепления проводников также используют изделия, изготовленные из неметаллического материала.

7.4.18 Материал, профиль и размеры заземлителей и заземляющих проводников приведены в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Материал, профиль и размеры поперечного сечения заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле

Наименование материала	Профиль	Площадь поперечного сечения ¹⁾ , мм ²			Минимальные размеры, мм
		стержневого заземлителя	заземляющего проводника	пластинчатого заземлителя	
1	2	3	4	5	6
Медь луженая ⁸⁾	Многопроволочный	–	Более 50	–	Диаметр каждой жилы – 1,7
	Сплошной круглый	–	–	–	Диаметр – 8
	Сплошная полоса				Толщина – 2
	Сплошной круглый	Более 176	–	–	Диаметр – 15
	Труба	Более 110	–	–	Диаметр – 20, толщина стенки – 2
	Сплошная пластина	–	–	Более 2500	500 x 500, толщина – 1,5 ³⁾
Медь луженая ⁸⁾	Решетчатая пластина ³⁾	–	–	Более 3600	600 x 600, с ячейками – 25 x 2 (для ленты) или диаметром – 8 (для круглого проводника)
Сталь, оцинкованная горячим, гальваническим и термомодифицированными способами ²⁾	Сплошной круглый	Более 78	Более 78	–	Диаметр – 12
		Более 150 ⁴⁾	–		Диаметр – 14
	Труба	Более 140 ⁴⁾	–	–	Диаметр – 25, толщина стенки – 2
	Сплошная полоса	–	Более 90	–	Толщина – 3
	Сплошная пластина	–	–	Более 2500	500 x 500, толщина – 3
	Решетчатая пластина ⁵⁾			Более 3600	600 x 600, с ячейками – 30 x 3 (для ленты) или диаметром – 10 (для круглого проводника)
	Профиль ⁶⁾			–	Толщина – 3



1	2	3	4	5	6
Сталь черная без покрытия	Прямоугольный ⁹⁾	–	Более 100	–	Диаметр каждой жилы – 1,7
	Угловой		–		Толщина – 4
	Трубный	Более 78	–	–	Диаметр – 32
	Сплошной круглый				Диаметр – 12
Сталь с медным покрытием ⁷⁾	Сплошной круглый	Более 150	–	–	Диаметр – 14, если толщина радиального покрытия с содержанием меди 99,9 % не менее 250 мкм
		–	Более 50		Диаметр – 8, если толщина радиального покрытия с содержанием меди 99,9 % равна 250 мкм
	Сплошной круглый	–	Более 78	–	Диаметр – 10, если толщина радиального покрытия с содержанием меди 99,9 % не менее 70 мкм
	Сплошная полоса		Более 90		Толщина – 3, если толщина радиального покрытия с содержанием меди 99,9 % не менее 70 мкм
Нержавеющая сталь	Сплошной круглый	–	Более 78	–	Диаметр – 10
		Более 176	–		Диаметр – 15
	Сплошная полоса	Более 100	–	Толщина – 2	

¹⁾ Для значений установлено отклонение –3 %.

²⁾ Покрытие должно быть гладким, непрерывным, без пятен расплава и минимальной толщиной для круглых проводников и плоского материала, равной 50 мкм.

³⁾ Площадь поперечного сечения разрешается уменьшать до 1800 см², толщину – до 0,8 мм.

⁴⁾ Резьба должна быть нарезана (при необходимости) перед гальванизацией.

⁵⁾ При минимальной общей длине 4,8 м.

⁶⁾ Разрешается применение различных профилей с площадью поперечного сечения 290 мм² и минимальной толщиной 3 мм (например, крестообразный профиль).

⁷⁾ Медь должна иметь надежную адгезию со сталью. Толщину покрытия измеряют специальным электронным прибором.

⁸⁾ Покрытие, нанесенное способом горячего цинкования, или электролитическое покрытие должны иметь минимальную толщину покрытия 1 мкм. Лужение оловом применяют только в эстетических целях.

⁹⁾ Прокат или нарезанная полоса со скругленными краями.

7.4.19 Соединения при монтаже заземлителей следует выполнять сваркой, пайкой, болтовыми соединениями при соблюдении требований соответствующих технических нормативных правовых актов (далее – ТНПА) к электрическим соединениям.

7.4.20 Для уравнивания потенциалов молнии при производстве работ по благоустройству используют в том числе сетчатые заземлители, изготовленные промышленным способом.

7.5 Электрическая изоляция внешней системы молниезащиты

7.5.1 Электрическую изоляцию внешней СМЗ необходимо выполнять с целью исключения искрения (прорыва тока молнии) с элементов внешней СМЗ на токопроводящие части здания и выходящие из него коммуникации.

7.5.2 Электрическая изоляция между молниеприемником или токоотводом и частями зданий, металлическими установками и внутренними системами должна осуществляться также посредством обеспечения безопасного расстояния s , мм, определяемого по формуле

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} \cdot I, \quad (7.3)$$

где k_1 – коэффициент, зависящий от уровня молниезащиты; принимают по таблице 7.7;
 k_c – коэффициент, зависящий от количества токоотводов; принимают по таблице 7.8;
 k_m – коэффициент, зависящий от материала электрической изоляции; принимают по таблице 7.9;
 l – длина вдоль молниеприемника или токоотвода от точки, в которой рассматривают безопасное расстояние, до ближайшей точки уравнивания потенциалов молнии, м.

Таблица 7.7 – Значения коэффициента k_1

Уровень молниезащиты	k_1
I	0,08
II	0,06
III, IV	0,04

Таблица 7.8 – Значения коэффициента k_c

Количество токоотводов	k_c
Один	1
Два	1–0,5
Четыре и более	1–1 / n

Таблица 7.9 – Значения коэффициента k_m

Материал электрической изоляции	k_m
Воздух	1
Бетон, кирпич	0,5

7.5.3 При невозможности обеспечения безопасного расстояния, определенного по формуле 7.3, следует применять дистанционные держатели.

7.5.4 Для линий или внешних токопроводящих частей, присоединенных к зданию, необходимо обеспечивать уравнивание потенциалов молнии (посредством их соединения напрямую или через УЗИП) в точке их ввода в здание.

7.6 Уравнивание потенциалов молнии

7.6.1 Уравнивание потенциалов молнии необходимо предусматривать за счет соединения СМЗ:

- с металлическими элементами здания;
- с металлическими установками;
- с внутренними системами;
- с внешними токопроводящими частями и линиями, присоединенными к зданию.

7.6.2 Для изолированной внешней СМЗ уравнивание потенциалов молнии следует предусматривать только на уровне земли.

7.6.3 Для неизолированной внешней СМЗ уравнивание потенциалов молнии следует предусматривать в следующих местах:

- в фундаменте здания или на уровне земли. Соединяющие проводники необходимо соединять с главной шиной, установленной таким образом, чтобы к ней имелся свободный доступ квалифицированного персонала с целью проведения ее осмотров и испытаний. Главную шину подсоединяют к системе заземления. Для зданий длиной более 20 м устанавливают несколько таких шин при условии их соединения между собой;
- в местах, где требования к электрической изоляции не выполняются.

7.6.4 Соединения для уравнивания потенциалов молнии должны быть прямыми и вертикальными.

7.6.5 Минимальные значения площади поперечного сечения проводников уравнивания потенциалов молнии, соединяющих внутренние металлические установки с шинами уравнивания потенциалов, должны соответствовать приведенным в таблице 7.10.

Таблица 7.10 – Минимальные значения площади поперечного сечения проводников, соединяющих внутренние металлические установки с шиной уравнивания потенциалов

Материал проводника	Площадь поперечного сечения проводника, мм ² не менее
Медь	6
Алюминий	16
Сталь	50

7.6.6 Если изолирующие детали размещают в газопроводных линиях, водопроводных трубах и других протяженных проводящих коммуникациях, выходящих за пределы здания, то внутри здания, во взаимодействии с эксплуатирующей коммуникацию организацией, их следует шунтировать с помощью специально спроектированных УЗИП.

При этом УЗИП должны иметь следующие характеристики:

- относиться к I уровню молниезащиты;
- $I_{\text{имп}} \geq k_c I$ (где I – ток молнии, текущий вдоль рассматриваемой внешней токопроводящей части СМЗ; k_c – коэффициент, принимаемый по таблице 7.8);
- значение уровня защиты U_p должно быть менее значения допустимого импульсного выдерживаемого напряжения изоляции между изолирующими деталями.

7.6.7 В случае если требуется уравнивание потенциалов молнии, но не требуется обеспечение СМЗ, следует предусматривать заземление низковольтного оборудования.

7.6.8 Металлические трубы коммуникаций, входящих в здание (горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т. п.), необходимо соединять между собой на вводе в здание и присоединять к системе уравнивания потенциалов. Нулевой защитный РЕ- или PEN-проводник питающей линии в системе заземления TN также следует присоединять к системе уравнивания потенциалов. Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к системе уравнивания потенциалов необходимо присоединять только ту часть трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания.

7.6.9 Если проводники внутренних систем экранированы или размещены в металлических кабельных конструкциях (трубах, коробах, лотках), то необходимо соединять только экраны и кабельные конструкции (конструктивные элементы также должны иметь непрерывную электрическую связь между собой).

7.6.10 РЕ- и PEN-проводники в системе заземления TN необходимо соединять с СМЗ напрямую или через УЗИП. Если требуется защита внутренних систем от бросков тока, то необходимо применять скоординированную защиту (с помощью УЗИП).

7.6.11 Уравнивание потенциалов молнии для линий электропередачи и связи следует обеспечивать в соответствии с уравниванием потенциалов для внешних токопроводящих частей.

Все проводники каждой линии следует соединять напрямую или через УЗИП, провода под напряжением – только с шиной уравнивания потенциалов через УЗИП. РЕ- и PEN-проводники в системе заземления TN необходимо соединять с данной шиной напрямую.

7.6.12 Если линии экранированы или проходят по металлическим кабельным конструкциям, то экраны и конструкции необходимо соединять между собой.

7.7 Меры защиты от поражения людей электрическим током вследствие воздействия напряжения прикосновения и шагового напряжения

7.7.1 Соответствующие меры защиты от поражения людей электрическим током вследствие напряжения прикосновения и шагового напряжения в результате воздействия тока молнии следует применять при большой вероятности угрозы жизни и здоровью людей вследствие ударов молнии непосредственно в здание (например, если $R_A > R_T$), а также для часто посещаемых открытых площадок с повышенной опасностью поражения людей электрическим током в результате ударов молнии (вблизи монументов, флагштоков и других подобных сооружений).

7.7.2 Риск поражения людей снижается до допустимого риска R_T , если выполняется хотя бы несколько из следующих требований в приоритетном порядке:

- уравнивание потенциалов молнии предусматривают с помощью сетчатой системы заземления, располагаемой в грунте на глубине от 0,5 до 0,8 м в местах скопления и движения людей во время грозы (например, на пешеходных дорожках по направлению к входу в здание, отмостках зданий, навесах от стен зданий). На открытых

площадках сетчатую систему заземления следует выполнять на безопасном расстоянии диаметром не менее 10 м с размерами ячейки 5 x 5 м и установкой вертикальных заземлителей в вершинах ячеек;

- поверх заземления укладывают слои изоляционного материала, например асфальта, толщиной 5 см (или слой гравия толщиной 15 см);

- предусматривают естественные элементы СМЗ, состоящей из нескольких колонн прочной металлической конструкции здания или из нескольких столбов из соединенных между собой стальных конструкций здания, с обеспечением непрерывной электрической связи;

- проектируют электрическую изоляцию выступающего токоотвода, обеспечивающую импульсное выдерживаемое напряжение 100 кВ (1,2/50 мкс). Токоотвод, расположенный на наружной стороне здания, должен быть изолирован от прикосновения людей на высоту от поверхности земли не менее 3 м;

- сопротивление поверхностного слоя грунта на расстоянии 3 м от токоотвода должно быть не менее 5000 Ом·м.

7.7.3 При невыполнении хотя бы нескольких требований согласно 7.7.2, необходимо применять следующие меры защиты:

- от поражения людей вследствие воздействия напряжения прикосновения – физические ограничения движения людей и предупредительные надписи с целью сведения к минимуму вероятности прикосновения к токоотводам и нахождения людей в зоне растекания тока молнии;

- от поражения людей вследствие воздействия шагового напряжения – физические ограничения движения людей и предупредительные надписи с целью сведения к минимуму вероятности нахождения людей в опасной зоне на расстоянии 10 м от токоотводов.

8 Защита от электромагнитного воздействия молнии

8.1 Меры защиты

8.1.1 Защиту от электромагнитного воздействия молнии необходимо выполнять в целях обеспечения электромагнитной совместимости электронных систем и защиты электрической изоляции оборудования от:

- кондуктивных перенапряжений (прямое проникновение тока молнии в электрические цепи);

- индуктированных перенапряжений (наводимых в электрических цепях электромагнитным полем молнии);

- воздействий электромагнитного поля молнии непосредственно на оборудование.

8.1.2 Такими защитными средствами, как внешняя СМЗ, электромагнитное экранирование, уравнивание потенциалов молнии и УЗИП, определяют ЗМЗ, являющиеся теоретически определенными участками пространства, где интенсивность воздействия молнии совместима с допустимыми параметрами внутренних систем (рисунок 8.1). С увеличением цифры ЗМЗ снижается влияние электромагнитного поля и тока молнии на оборудование.

8.1.3 Для молниезащиты зданий следует определять следующие ЗМЗ:

- внешние:

- 0 – зона, в которой опасность вызвана неуменьшающимся электромагнитным полем молнии и где внутренние системы могут подвергаться воздействию перенапряжений от полного или неполного тока молнии; подразделяется на:

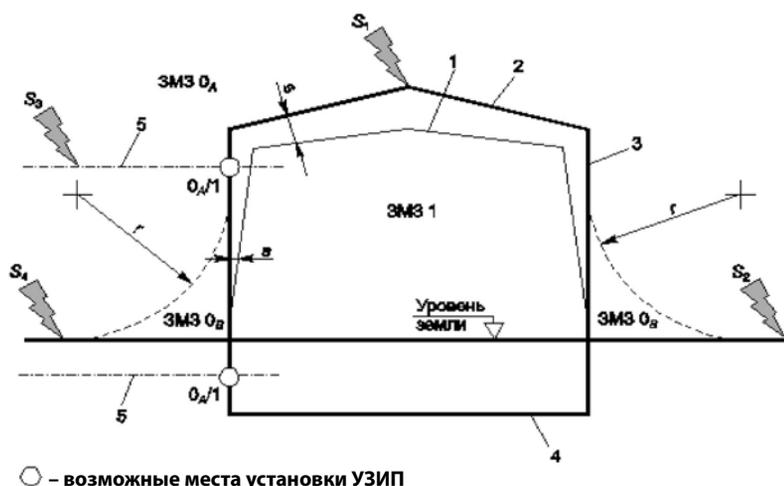
- O_A – зону (вне внешней ЗМЗ), которая не защищена от прямых ударов молнии и возникающего электромагнитного поля молнии. Внутренние системы могут подвергаться воздействию перенапряжений от полного тока молнии;

- O_B – зону (во внешней ЗМЗ), которая защищена от прямых ударов молнии, но есть опасность от электромагнитного поля молнии. Внутренние системы могут подвергаться воздействию перенапряжений от неполного тока молнии;

- внутренние:

- 1 – зона, в которой перенапряжения от тока молнии снижаются за счет его перераспределения и применения УЗИП на границе с зоной O_B . Применение электромагнитного экранирования может ослаблять электромагнитное поле молнии;

- 2, ... n – зоны, в которых перенапряжения от тока молнии в дальнейшем могут быть ограничены за счет перераспределения тока молнии и применения дополнительных УЗИП на границах ЗМЗ. Применение дополнительного электромагнитного экранирования в дальнейшем ослабляет электромагнитное поле молнии.



S_1 – удар молнии в здание; S_2 – удар молнии вблизи здания; S_3 – удар молнии в систему энергоснабжения, подсоединенную к зданию; S_4 – удар молнии вблизи системы энергоснабжения, подсоединенной к зданию;
 r – радиус катящейся сферы; s – безопасное расстояние
 1 – здание; 2 – СМЗ; 3 – токоотвод; 4 – заземлитель; 5 – входящая система энергоснабжения

Рисунок 8.1 – Схема защиты здания от электромагнитного воздействия молнии

8.1.4 На границах ЗМЗ следует осуществлять мероприятия по электромагнитному экранированию и соединению всех пересекающих границы ЗМЗ металлических элементов и коммуникаций.

Две пространственно разделенные ЗМЗ 1 с помощью экранированного соединения образуют общую ЗМЗ.

8.1.5 К основным мерам защиты от электромагнитного воздействия молнии относятся:

- заземление и уравнивание потенциалов молнии;
- электромагнитное экранирование и прокладка линий;
- скоординированная защита (с помощью УЗИП).

Другие меры защиты от электромагнитного воздействия молнии принимают в сочетании друг с другом либо по раздельности.

8.1.6 Меры защиты от электромагнитного воздействия молнии должны выдерживать эксплуатационные превышения воздействий внешней среды, ожидаемые в местах их установки (например, температуры и влажности воздуха, коррозионной агрессивности атмосферы, вибрации, а также напряжения и тока). Выбор наиболее подходящих мер защиты от электромагнитного воздействия молнии необходимо осуществлять на основе оценки рисков.

8.2 Заземление и уравнивание потенциалов молнии

8.2.1 Для зданий заземление проектируют исходя из условия отвода не менее 50 % тока молнии в землю в соответствии с требованиями 7.4 настоящих строительных норм и ТКП 339.

Уравнивание потенциалов молнии проектируют исходя из условия уменьшения разности электрических потенциалов между всеми токопроводящими элементами здания и уменьшения электромагнитного поля молнии.

8.2.2 Пример трехмерной замкнутой системы заземления, включающей заземление и систему уравнивания потенциалов, приведен на рисунке 8.2.

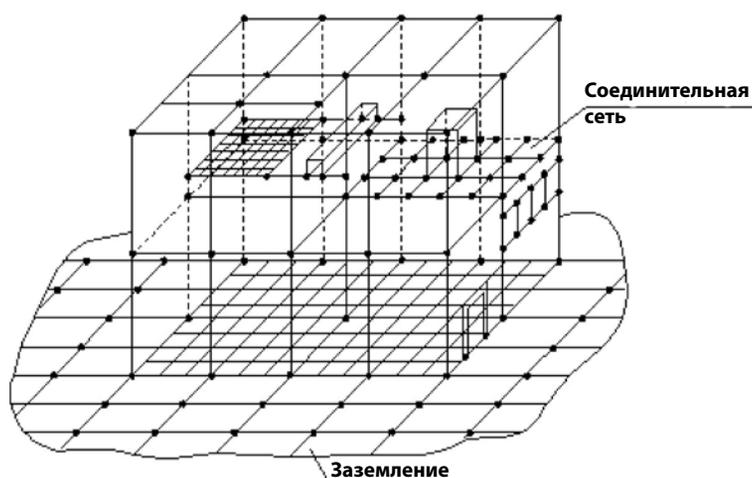
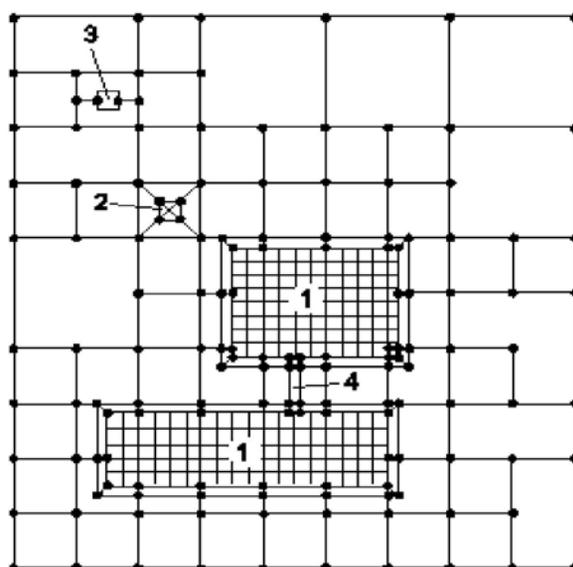


Рисунок 8.2 – Схема трехмерной замкнутой системы заземления

8.2.3 Горизонтальный заземлитель, размещаемый по периметру здания, или контур заземления, размещаемый в бетоне по периметру грунтового основания, необходимо соединять с сетью ячеек (с размерами ячейки 5 x 5 м), размещаемых под зданием и по его периметру. Пример сетчатой системы заземления для здания приведен на рисунке 8.3.



1 – сооружение с арматурным каркасом в виде сетки; 2 – башня внутри здания;
3 – изолированное оборудование; 4 – кабельный лоток

Рисунок 8.3 – Схема сетчатой системы заземления

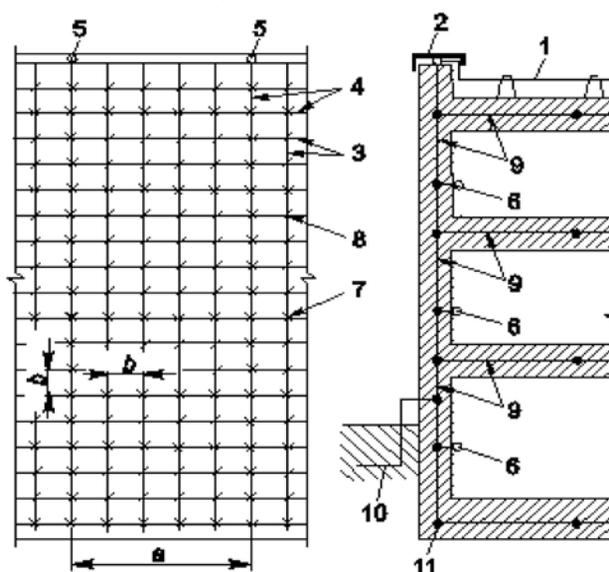
8.2.4 Уменьшение разности потенциалов между двумя внутренними системами, которые в отдельных случаях могут быть присоединены к разным системам заземления, должно обеспечиваться прокладкой нескольких параллельных соединительных проводников уравнивания потенциалов по трассам прокладки электрических

кабелей или прокладкой кабелей в бетонных блоках с арматурным каркасом в виде сетки (или в металлических кабельных конструкциях, обеспечивающих непрерывность электрической цепи в соединениях), присоединенных к обеим системам заземления.

8.2.5 Соединительную сеть системы уравнивания потенциалов с целью исключения разности электрических потенциалов между всем оборудованием внутри ЗМЗ и уменьшения электромагнитного поля молнии устраивают в виде ячеистой соединительной сети, включающей токоведущие части зданий или части внутренних систем или токоведущего оборудования, соединенные на границе каждой ЗМЗ напрямую или с помощью соответствующих УЗИП.

8.2.6 Для устройства системы уравнивания потенциалов в виде трехмерного ячеистого сооружения с типовыми размерами ячейки 5 x 5 м (см. рисунок 8.2) требуется соединение всех металлических элементов, размещаемых в здании и снаружи его (например, арматуры в бетоне, направляющих лифта, кранов, крыш, фасадов, рам окон и дверей, каркасов пола, трубопроводов и кабельных лотков). Аналогичным образом необходимо соединять шины уравнивания потенциалов (например, кольцевые шины уравнивания потенциалов, несколько шин уравнивания потенциалов на различных уровнях трехмерного ячеистого сооружения), а также электромагнитные экраны, установленные в ЗМЗ.

Примеры соединительных сетей системы уравнивания потенциалов приведены на рисунках 8.4 и 8.5.



a – расстояние, равное 5 м, для дополнительных сетчатых проводников; b – расстояние, равное 1 м, для соединения сетчатых проводников с арматурой

1 – молниеотвод; 2 – металлическое покрытие парапета крыши; 3 – стальные укрепляющие стержни; 4 – сетчатые проводники в дополнение к стальной арматуре; 5 – место соединения сетчатого проводника; 6 – место соединения внутренней шины уравнивания потенциалов со стальной арматурой; 7 – соединение с помощью зажимов или пайки; 8 – произвольное соединение; 9 – стальная арматура в бетоне (с дополнительными сетчатыми проводниками); 10 – контур заземления; 11 – основание заземляющего электрода

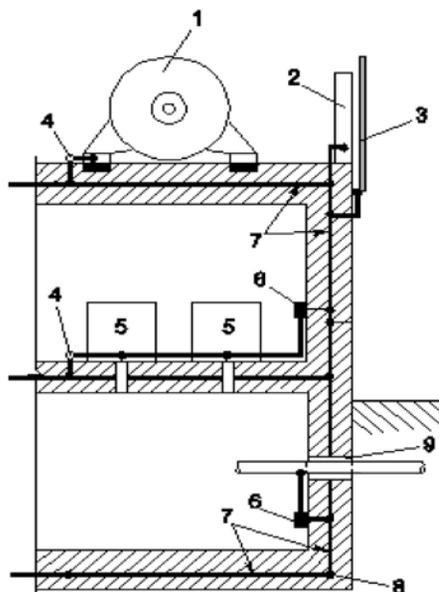
Рисунок 8.4 – Схемы использования арматуры, размещаемой в здании, для уравнивания потенциалов молнии

8.2.7 Соединение металлических элементов и систем энергоснабжения, находящихся внутри защищаемого пространства и пересекающих границы ЗМЗ, необходимо выполнять на границах ЗМЗ.

8.2.8 Шины уравнивания потенциалов на границе ЗМЗ следует устанавливать как можно ближе к точке ввода. Внешние токопроводящие части, силовые кабели или кабели связи должны входить в ЗМЗ в одной точке ввода и должны быть подключены к одной шине уравнивания потенциалов. Если данные части или кабели входят в защищаемый объект в нескольких точках ввода, то шины уравнивания потенциалов, установленные в каждой точке ввода, следует присоединять к контуру заземления по кратчайшему пути.

Если контур заземления отсутствует, шины уравнивания потенциалов следует присоединять к отдельным заземлителям и соединять внешним контуром заземления или разорванным кольцом. Если внешние токопрово-

дящие части входят в защищаемый объект над землей, шины уравнивания потенциалов следует присоединять к горизонтальному контуру заземления, расположенному внутри или снаружи стен здания. Данный проводник необходимо соединять с нижними проводниками и стальной арматурой.



1 – силовое оборудование; 2 – стальная балка; 3 – металлическое покрытие фасада; 4 – место соединения оборудования со стальной арматурой; 5 – электрическое или электронное оборудование; 6 – шина уравнивания потенциалов; 7 – стальная арматура в бетоне (с дополнительными сетчатыми проводниками); 8 – основание заземляющего электрода; 9 – общее входное отверстие для оборудования

Рисунок 8.5 – Схема уравнивания потенциалов молнии в здании со стальной арматурой

8.2.9 Минимальная площадь поперечного сечения элементов заземления должна соответствовать требованиям таблицы 8.1.

Таблица 8.1 – Минимальная площадь поперечного сечения элементов заземления

Элемент заземления		Наименование материала	Площадь поперечного сечения, мм ² не менее
Шина уравнивания потенциалов		Медь, сталь	50
Соединительные проводники от шин уравнивания потенциалов к системе заземления или к другим шинам уравнивания потенциалов		Медь	6
		Алюминий	50
		Сталь	16
Соединительные проводники от внутренних металлических устройств к шинам уравнивания потенциалов		Медь	5
		Алюминий	8
		Сталь	16
Соединительные проводники для УЗИП ¹⁾ для уровней молниезащиты	I	Медь	5
	II		3
	III		1
1) Данные проводники, используемые в силовых электрических цепях, должны соответствовать требованиям к термической стойкости при КЗ и их следует выбирать с учетом рекомендаций производителя УЗИП.			
<i>Примечание – Элементы заземления из другого материала, не указанного в настоящей таблице, должны иметь площадь поперечного сечения, обеспечивающую эквивалентное сопротивление.</i>			

8.3 Электромагнитное экранирование и прокладка линий

8.3.1 С целью уменьшения количества повреждений во внутренних системах зданий посредством снижения электромагнитного поля молнии и внутренних индуцированных перенапряжений следует предусматривать электромагнитные экраны, а также выбор соответствующих трасс внутренних кабельных линий по условиям их раздельной прокладки.

8.3.2 Электромагнитные экраны (металлические экраны сетчатого или сплошного типа, части самого здания) могут быть установлены для всего здания, его части, одного помещения или только для оболочки оборудования.

8.3.3 Электромагнитные экраны следует предусматривать на ранней стадии проектирования нового здания или новой внутренней системы уравнивания потенциалов.

8.3.4 Выбор соответствующих трасс внутренних линий уменьшает площадь индуктивных контуров и вероятность возникновения перенапряжений внутри здания. Площадь индуктивного контура следует уменьшать за счет прокладки кабелей вблизи заземленных частей здания и (или) за счет совместной прокладки электрических и коммуникационных сетей, при этом с целью исключения электромагнитных помех необходимо обеспечивать безопасное расстояние между силовыми и неэкранированными коммуникационными кабельными линиями.

8.3.5 Для экранирования внешних линий, входящих в здание, следует применять экранированные кабели, закрытые металлические кабельные конструкции, металлические оболочки оборудования и бетонные кабельные каналы с соединенной стальной арматурой, для экранирования кабелей и оборудования – экраны кабелей, закрытые металлические кабельные конструкции и металлические оболочки оборудования.

8.3.6 Если кабели проложены между соседними защищаемыми объектами, заземлители данных объектов следует соединять для увеличения количества параллельных проводников и уменьшения тока в кабелях.

Кабели, проложенные от одного защищаемого объекта к другому, по всей длине необходимо укладывать в металлические трубы, сетчатые короба или железобетонные короба с арматурой в виде сетки.

8.3.7 На границе ЗМЗ 0_A и 1 материалы и размеры электромагнитных экранов (например, металлических экранов сетчатого типа, экранов кабелей и оболочки оборудования) должны соответствовать требованиям к проводникам молниеприемников и (или) токоотводов:

– минимальная толщина металлических листов, коробов, труб и экранов кабелей – таблице 7.2;

– материал, профиль и размеры поперечного сечения проводников, соединяющих отдельные части электромагнитного экрана, – таблице 7.3.

Соответствие требованиям таблиц 7.2 и 7.3 для электромагнитных экранов, не предназначенных для прохождения тока молнии, не требуется на границе ЗМЗ 1 и 2 или выше при условии соблюдения безопасного расстояния s между электромагнитным экраном и СМЗ.

8.3.8 Электромагнитное экранирование следует устраивать в первую очередь при большой вероятности угрозы жизни и здоровью людей вследствие ударов молнии в здания или вблизи них (например, если при расчете риска $R_M > R_T$), а также при наличии в здании ответственного электронного оборудования (например, серверов для хранения финансовой информации и т. п.).

8.4 Скоординированная защита от импульсных перенапряжений

8.4.1 В зданиях следует предусматривать скоординированную защиту от импульсных перенапряжений с помощью УЗИП, которые устанавливаются для отведения части тока молнии и ограничения импульсных перенапряжений, воздействующих на электрическую изоляцию, до допустимых значений, определяемых по результатам испытаний электрической изоляции повышенным напряжением.

8.4.2 УЗИП следует применять в следующих случаях: если при расчете риска $R_C > R_T$; в жилых зданиях высотой четыре этажа и более, расположенных в городской черте; при наличии в здании ответственного электронного оборудования (например, серверов для хранения финансовой информации и т. п.).

8.4.3 Для обеспечения скоординированной защиты на границах ЗМЗ следует устанавливать УЗИП согласно ГОСТ ИЕС 61643-21 и с учетом рекомендуемого [3] в соответствии с их классом защиты:

0_A и 1 – для класса защиты I;

1 и 2 – то же II;

2 и 3 – » III.

8.4.4 УЗИП I класса защиты следует устанавливать в точке ввода в здание электрических цепей, которые могут подвергаться прямому воздействию тока молнии (ввода резервного электроснабжения, сетей наружного освещения, антенного кабеля и т. п.) и присоединять к заземлителю по кратчайшему пути.

УЗИП II класса защиты следует устанавливать в здании в ближайших узловых точках электрической схемы (в вводно-распределительном устройстве, шкафу наружного освещения и т. п.), при этом необходимо соблюдать требования производителя к минимальной длине кабеля между УЗИП I и II класса защиты для обеспечения их селективности. В случае невозможности обеспечения требуемой длины кабеля на вводе в здание необходимо предусматривать установку УЗИП I и II класса защиты вместо УЗИП I класса защиты или применять УЗИП с технологией защиты оборудования от импульсных перенапряжений, не требующей дополнительной координации между УЗИП I и II класса защиты (выдержка минимальной длины проводника или применение координирующего дросселя).

УЗИП III класса защиты следует устанавливать непосредственно возле защищаемого оборудования, если уровня ограничения напряжения УЗИП II класса защиты недостаточно.

8.4.5 В электрических цепях дополнительно необходимо предусматривать:

- устойчивость УЗИП к сопровождающему току (например, в сети TN к току ОКЗ);
- установку в электрической цепи УЗИП автоматических выключателей (предохранителей) при недопустимости отключения электроснабжения вследствие повреждения УЗИП. В случае невозможности обеспечения селективности между предохранителем, устойчивым к току разряда, и вводным выключателем предохранители в цепи УЗИП не устанавливают. При этом разрешается устанавливать УЗИП, которые не требуют установки дополнительного предохранителя по причине наличия встроенной защиты от сверхтоков;
- обеспечение требуемого минимального поперечного сечения соединительных проводников для УЗИП, определяемого их термической стойкостью к сопровождающему току КЗ и чувствительностью защиты;
- применение разрядников или УЗИП с защитой от отсутствия токов утечки в электрических цепях, защищаемых устройством защитного отключения.

8.4.6 Суммарная длина соединительных проводников для УЗИП от защищаемой электрической цепи до шины не должна превышать 0,5 м.

8.4.7 Основными параметрами при выборе УЗИП с учетом рекомендуемого [3] являются:

- тип сети;
- тип системы заземления;
- номинальное напряжение сети U_N ;
- максимальное рабочее напряжение сети U_C ;
- класс защиты;
- токи разряда I_{imp} , I_{max} , I_n ;
- уровень напряжения защиты U_p ;
- номинальная отключающая способность сопровождающего тока I_n .

Дополнительными параметрами при выборе УЗИП являются: температура окружающего воздуха; наличие в конструкции терморазмыкателей или предохранителей, сменных модулей, сигнализации, индикации, блок-контактов; технология защиты; возможность монтажа и т. п.

9 Управление защитой от электромагнитного воздействия молнии

9.1 Для проектирования рентабельной и эффективной СМЗ меры защиты необходимо определять на начальной стадии проектирования здания при определении его концепции проектировщиком молниезащиты в координации со смежными специалистами (например, инженерами-строителями, инженерами-электриками, инженерами-связистами и т. д.).

9.2 После изменения строительных или схемных архитектурных решений следует вновь производить оценку рисков и при необходимости корректировать меры защиты.

9.3 Управление защитой от электромагнитного воздействия молнии должно обеспечиваться одной из следующих мер (либо их сочетанием):

- системой заземления, включающей систему уравнивания потенциалов и ЗУ;
- присоединением внешних токопроводящих частей и входящий коммуникаций к системе заземления напрямую или с помощью соответствующих УЗИП;
- присоединением внутренних токопроводящих частей здания и внутренних систем (за исключением токопроводящих проводов) к системе уравнивания потенциалов;
- использованием электромагнитного экранирования в сочетании с изменением трасс и экранированием линий;
- координацией УЗИП;
- использованием специальных мер молниезащиты.

9.4 Выбранные меры молниезащиты должны быть переоценены и оптимизированы с использованием повторной оценки рисков.

10 Молниезащита объектов электроэнергетики

10.1 Определение зоны защиты

10.1.1 При проектировании молниезащиты объектов электроэнергетики необходимо учитывать, что разрядные напряжения воздушных промежутков, особенно на расстояниях более 10 м, имеют значительные статистические разбросы, поэтому молниеотводы обеспечивают молниезащиту данных объектов лишь с некоторой вероятностью, которая определяет уровень и надежность молниезащиты для защищаемого объекта согласно 10.4.1.3.

10.1.2 Зону защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h (рисунок 10.1) необходимо определять путем построения кругового конуса высотой $h_0 < h$, вершина которого должна совпадать с вертикальной осью молниеотвода. Габариты зоны защиты определяются параметрами кругового конуса: высотой h_0 и радиусом на уровне земли r_0 .

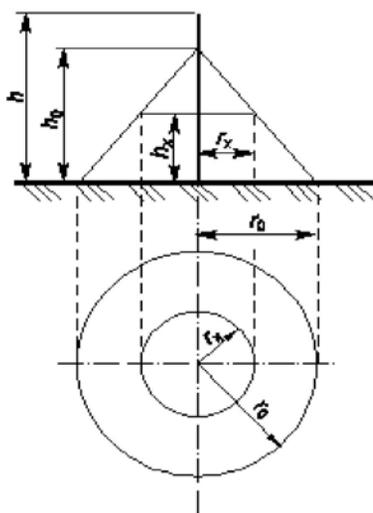


Рисунок 10.1 – Схема зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Максимальный радиус в горизонтальном сечении r_x , м, зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода требуемой надежности молниезащиты на высоте h_x от поверхности земли определяют по формуле

$$r_x = r_0 \cdot \frac{(h_0 - h_x)}{h_0}. \quad (10.1)$$

10.1.3 Формулы для расчета параметров зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой не более 150 м в зависимости от его высоты и надежности молниезащиты приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Формулы для расчета параметров зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надежность молниезащиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,900	От 0 до 100 включ.	0,85h	1,2h
	Св. 100 до 150 включ.	0,85h	$[1,2 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$
0,990	От 0 до 30 включ.	0,8h	0,8h
	Св. 30 до 100 включ.	0,8h	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$
	Св. 100 до 150 включ.	$[0,8 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$	0,7h
0,999	От 0 до 30 включ.	0,7h	0,6h
	Св. 30 до 100 включ.	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4} \cdot (h - 30)] \cdot h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$
	Св. 100 до 150 включ.	$[0,65 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$

10.1.4 Максимальный радиус в горизонтальном сечении r_x , м, зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (рисунок 10.2) требуемой надежности молниезащиты на высоте h_x от поверхности земли определяют по формуле (10.1).

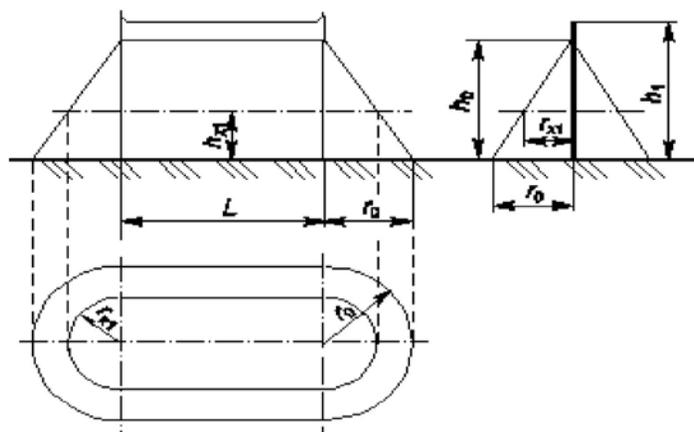


Рисунок 10.2 – Схема зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Формулы для расчета параметров зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой не более 150 м в зависимости от его высоты и надежности молниезащиты приведены в таблице 10.2, где h – высота молниеотвода, определяемая минимальной высотой троса над уровнем земли (с учетом провеса).

Таблица 10.2 – Формулы для расчета параметров зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Надежность молниезащиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,900	От 0 до 150 включ.	0,87h	1,5h
0,990	От 0 до 30 включ.	0,8h	0,95h
	Св. 30 до 100 включ.	0,8h	$[0,95 - 7,14 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$
	Св. 100 до 150 включ.	0,8h	$[0,9 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$
0,999	От 0 до 30 включ.	0,7h	0,7h
	Св. 30 до 100 включ.	$[0,75 - 4,28 \cdot 10^{-4} \cdot (h - 30)] \cdot h$	$[0,7 - 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$
	Св. 100 до 150 включ.	$[0,72 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$	$[0,6 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$

При необходимости расширения защищаемого объема к торцам зоны защиты одиночного тросового молниеотвода следует добавлять зоны защиты несущих опор, которые рассчитывают как для одиночного стержневого молниеотвода в соответствии с таблицей 10.1.

10.1.5 Одиночный стержневой молниеотвод считается двойным, если расстояние между двумя одиночными стержневыми молниеотводами L не превышает предельного значения L_{max} , в противном случае оба стержневых молниеотвода рассматривают как одиночные. Для стержневых молниеотводов разной высоты необходимо принимать меньшее из двух значений L_{max} и L_c .

Определение размеров внешней области защиты двойного стержневого молниеотвода (полуконусов с высотой h_0 и радиусом r_0) производят по формулам согласно таблице 10.1.

Внутреннюю область зоны защиты двойного стержневого молниеотвода определяют значением максимальной высоты зоны защиты, расположенной непосредственно возле молниеотвода h_0 и минимальной высотой зоны защиты, расположенной посередине между молниеотводами h_c .

При расстоянии между молниеотводами $L \leq L_c$ граница зоны защиты не имеет провеса ($h_0 = h_c$), при $L_c \leq L \leq L_{max}$ значение h_c определяют по формуле

$$h_c = \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_c} \cdot h_0. \quad (10.2)$$

При расчете h_c для стержневых молниеотводов разной высоты значение h_0 принимают среднеарифметическим из двух значений.

Схема зоны защиты двойного стержневого молниеотвода приведена на рисунке 10.3.

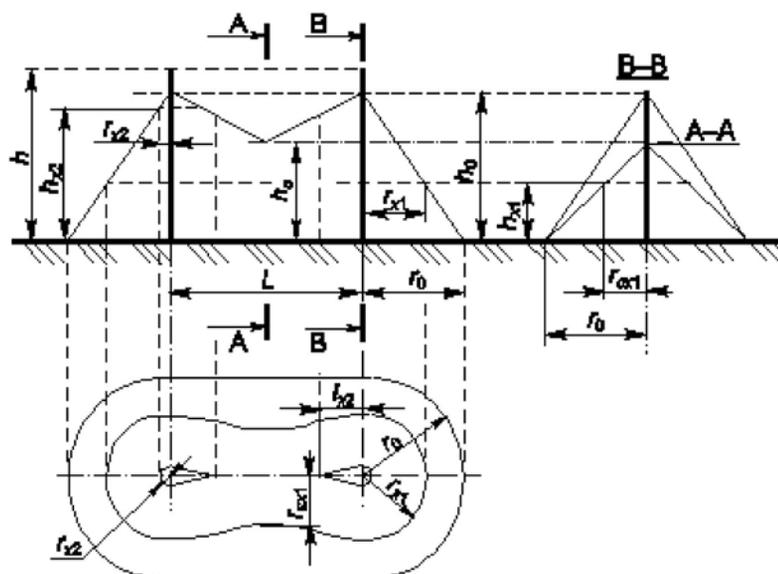


Рисунок 10.3 – Схема зоны защиты двойного стержневого молниеотвода

Предельные значения расстояний, входящих в зону защиты двойного стержневого молниеотвода, определяют по формулам согласно таблице 10.3.

Таблица 10.3 – Формулы расчета параметров зоны защиты двойного стержневого молниеотвода

Надежность молниезащиты P_3	Высота молниеотвода h , м	L_{max} , м	L_r , м
0,900	От 0 до 30 включ.	$5,75h$	$2,5h$
	Св. 30 до 100 включ.	$[5,75 - 3,57 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$	$2,5h$
	Св. 100 до 150 включ.	$5,5h$	$2,5h$
0,990	От 0 до 30 включ.	$4,75h$	$2,25h$
	Св. 30 до 100 включ.	$[4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$	$[2,25 - 0,0107 \cdot (h - 30)] \cdot h$
	Св. 100 до 150 включ.	$4,5h$	$1,5h$
0,999	От 0 до 30 включ.	$4,25h$	$2,25h$
	Св. 30 до 100 включ.	$[4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$	$[2,25 - 0,0107 \cdot (h - 30)] \cdot h$
	Св. 100 до 150 включ.	$4h$	$1,5h$

Размеры горизонтальных сечений зоны защиты двойного стержневого молниеотвода определяют по общим для всех уровней надежности защиты формулам:

– максимальный радиус зоны защиты в горизонтальном сечении r_x , м, на высоте h_x (при разной высоте молниеотвода вычисляют отдельно для каждого молниеотвода) – по формуле (10.1);

– длину горизонтального сечения l_x , м, на высоте $h_x \geq h_c$:

$$l_x = \frac{L \cdot (h_0 - h_x)}{2 \cdot (h_0 - h_c)}, \quad (10.3)$$

при этом $h_x < h_c$, $l_x = L / 2$.

Зона защиты образовывается касательными от точки l_x к окружностям с радиусами r_{x1} и r_{x2} (при разной высоте молниеотвода; l_x определяют отдельно для каждого молниеотвода);

– ширину горизонтального сечения в центре между молниеотводами $2r_{cx}$ м, на высоте $h_x \geq h_c$:

$$r_{cx} = \frac{r_c \cdot (h_c - h_x)}{h_c}, \quad (10.4)$$

$$h_c = \frac{h_{c1} + h_{c2}}{2}, \quad (10.5)$$

$$r_c = \frac{r_{01} + r_{02}}{2}, \quad (10.6)$$

10.1.6 Одиночный тросовый молниеотвод считают двойным, если расстояние между тросами не превышает предельного значения L_{max} , в противном случае оба тросовых молниеотвода рассматривают как одиночные. Для тросов разной высоты необходимо принимать меньшее из двух значений L_{max} и L_c .

Определение размеров внешней области зоны защиты двойного тросового молниеотвода (двух односкатных поверхностей с высотой h_0 и радиусом r_0) производят по формулам согласно таблице 10.2 как для одиночного тросового молниеотвода.

Внутреннюю область зоны защиты определяют значением максимальной высоты зоны защиты, расположенной непосредственно возле тросов молниеотвода h_0 , и минимальной высотой зоны защиты, расположенной посередине между тросами h_c .

При расстоянии между тросами $L \leq L_c$ граница зоны защиты не имеет провеса ($h_0 = h_c$), при $L_c \leq L \leq L_{max}$ значение h_c определяют по формуле (10.2).

Длину горизонтального сечения l_x м, зоны защиты двойного тросового молниеотвода на высоте h_x определяют по следующим формулам:

– при $h_c \geq h_x$

$$l_x = L / 2; \quad (10.7)$$

– при $0 < h_c < h_x$ – по формуле (10.3).

При разной высоте тросов значение l_x необходимо определять отдельно для каждого троса, значения r_{cx} , r_x – как для двойного стержневого молниеотвода.

Схема зоны защиты двойного тросового молниеотвода приведена на рисунке 10.4.

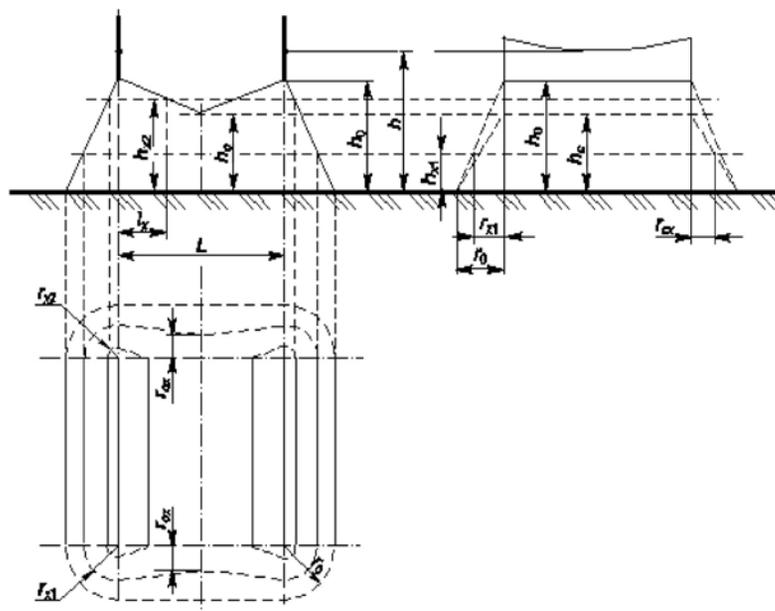


Рисунок 10.4 – Схема зоны защиты двойного тросового молниеотвода

Предельные значения расстояний, входящих в зону защиты двойного тросового молниеотвода, определяют по формулам согласно таблице 10.4.

Таблица 10.4 – Формулы для расчета параметров зоны защиты двойного тросового молниеотвода

Надежность молниезащиты P_z	Высота молниеотвода h , м	L_{max} , м	L_z , м
0,900	От 0 до 150 включ.	$6h$	$3h$
0,990	От 0 до 30 включ.	$5h$	$2,5h$
	Св. 30 до 100 включ.	$5h$	$[2,5 - 7,14 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$
	Св. 100 до 150 включ.	$[5 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$	$[2 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$
0,999	От 0 до 30 включ.	$4,75h$	$2,25h$
	Св. 30 до 100 включ.	$[4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$	$[2,25 - 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$
	Св. 100 до 150 включ.	$[4,5 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$	$[2 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$

При необходимости расширения защищаемого объема зону защиты двойного тросового молниеотвода следует увеличивать за счет зоны защиты несущих опор (при наличии молниеотводов на тросостойках), которые рассчитывают как для двойного стержневого молниеотвода (см. таблицу 10.3). В противном случае несущие опоры следует рассматривать как одиночные стержневые молниеотводы.

В случае когда требуется расчет молниезащиты с учетом стрел провеса или когда концы одного троса находятся на разных высотах, следует применять специальные программы расчета и построения молниезащиты.

10.2 Защита оптических кабельных линий магистральной и внутризоновой сети связи от прямых ударов молнии

На вновь проектируемых оптических кабельных линиях сети связи меры молниезащиты следует предусматривать на тех участках, где вероятное количество опасных ударов молнии для кабелей (вероятная плотность повреждений) превышает допустимые значения, указанные в таблице 10.5.

Таблица 10.5 – Допустимое количество опасных ударов молнии в год на 100 км трассы для оптических кабелей сети связи

Наименование кабеля	Допустимое количество опасных ударов молнии в год на 100 км трассы при удельном сопротивлении грунта, Ом·м	
	более 500	менее 500
Кабели магистральной сети связи	0,1	0,2
Кабели внутризоновой сети связи	0,3	0,5

При проектировании оптических кабельных линий сети связи следует применять кабели, имеющие категорию по молниестойкости не ниже приведенной в таблице 10.6.

Таблица 10.6 – Категории по молниестойкости оптических кабельных линий сети связи в зависимости от удельного сопротивления грунта

Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Категория по молниестойкости оптически кабельных линий сети связи	
	магистральной	внутризоновой
До 1000	I–III	I–IV
Более 1000	I, II	I–III

На существующих оптических кабельных линиях сети связи меры молниезащиты необходимо осуществлять на участках, где возможны повреждения кабелей от ударов молнии, на расстояние не менее чем 100 м в каждую сторону от места повреждения. В этом случае необходимо предусматривать прокладку защитных проводов.

10.3 Защита воздушных линий электропередачи от прямых ударов молнии

10.3.1 Защита воздушных линий электропередачи напряжением 110–750 кВ

10.3.1.1 Защита ВЛ должна обеспечивать допустимое количество отключений ВЛ с учетом условий их эксплуатации (интенсивности грозовой деятельности, удельного сопротивления грунта, статистических параметров тока молнии и т. д.).

Молниезащиту ВЛ следует осуществлять посредством тросовой защиты, заземления опор ВЛ с нормированными значениями сопротивления заземления, а также при необходимости посредством установки на опорах ВЛ аппаратов защиты от грозовых перенапряжений (далее – аппаратов защиты).

10.3.1.2 ВЛ 110–750 кВ с металлическими и железобетонными опорами необходимо защищать от прямых ударов молнии тросами по всей длине.

10.3.1.3 ВЛ 110–330 кВ или их участки следует предусматривать без тросов.

Количество грозовых отключений ВЛ для случаев, приведенных в 10.3.1.4, перечисления а) и в), определенное расчетом с учетом опыта эксплуатации, без усиления изоляции, не должно превышать: 3 раза в год – для ВЛ 110–330 кВ; 1 раз в год – для ВЛ 750 кВ.

ВЛ 110–220 кВ, предназначенные для электроснабжения объектов добычи и транспорта нефти и газа, следует защищать от прямых ударов молнии тросами по всей длине (независимо от интенсивности грозовой деятельности и удельного сопротивления грунта).

ВЛ 110 кВ на деревянных опорах в районах со среднегодовой продолжительностью гроз более 40 ч следует защищать тросами.

10.3.1.4 При осуществление защиты ВЛ от грозовых перенапряжений тросами необходимо выполнять следующие требования:

а) одноствоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом должны иметь угол защиты не более 30° , опоры с двумя тросами – не более 20° ;

б) на металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам для ВЛ 110–330 кВ должен быть не более 20° , для ВЛ 750 кВ – не более 22° . В районах по гололеду IV и более, а также в районах с частой и интенсивной пляской проводов для ВЛ 110–330 кВ следует обеспечивать угол защиты не более 30° ;

в) на железобетонных и деревянных опорах порталного типа следует обеспечивать угол защиты по отношению к крайним проводам не более 30° ;

г) при защите ВЛ двумя тросами расстояние между тросами на опоре должно быть не более 5-кратного расстояния по вертикали от троса до провода, а при высоте подвеса тросов на опоре более 30 м – не более 5-кратного расстояния по вертикали от троса до провода на опоре, умноженного на коэффициент, равный $5,5/\sqrt{h}$ (где h – высота подвеса троса на опоре).

10.3.1.5 На каждом анкерном пролете длиной не более 10 км тросы необходимо заземлять в одной точке путем устройства специальных перемычек на анкерной опоре. При большей длине анкерных пролетов количество точек заземления в пролете выбирают из условия, чтобы при максимальном значении продольной электродвижущей силы, наводимой в тросе при КЗ на ВЛ, не происходил пробой ИП.

На ВЛ 110 кВ, если не предусмотрены плавка гололеда или устройство каналов высокочастотной связи на тросе, изолированное крепление троса следует выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах.

На участках ВЛ с неизолированным креплением троса и током КЗ на землю, превышающим 15 кА, заземление троса должно быть выполнено с установкой перемычки, шунтирующей зажим.

При использовании тросов для устройства каналов высокочастотной связи их необходимо изолировать от опор на всем протяжении каналов высокочастотной связи и заземлять на ПС и усилительных пунктах через высокочастотные заградители.

10.3.1.6 Количество изоляторов в поддерживающем тросовом креплении должно быть не менее двух и должно определяться условиями обеспечения требуемой надежности каналов высокочастотной связи. Количество изоляторов в натяжном тросовом креплении следует принимать удвоенным по сравнению с количеством изоляторов в поддерживающем тросовом креплении.

10.3.1.7 Изоляторы, на которых подвешен трос, должны быть шунтированы ИП. Размер ИП следует выбирать минимально возможным согласно следующим требованиям:

– разрядное напряжение ИП должно быть не менее чем на 20 % ниже разрядного напряжения изолирующего тросового крепления;



– ИП не должен перекрываться на других опорах при ОКЗ на землю;
– при перекрытиях ИП от грозовых разрядов должно происходить самопогасание дуги сопровождающего тока промышленной частоты.

На ВЛ 330–750 кВ для улучшения условий самопогасания дуги сопровождающего тока промышленной частоты и снижения потерь электроэнергии следует применять скрещивание тросов.

10.3.1.8 Если на тросах ВЛ предусмотрена плавка гололеда, то изолированное крепление тросов следует выполнять по всему участку плавки. В одной точке участка плавки тросы необходимо заземлять с помощью специальных перемычек. Тросовые изоляторы необходимо шунтировать ИП, которые должны быть минимальными, выдерживать напряжение плавки и иметь разрядное напряжение меньше разрядного напряжения тросовой гирлянды. Размер ИП должен обеспечивать самопогасание дуги сопровождающего тока промышленной частоты при его перекрытии во время КЗ или грозовых разрядов.

10.3.1.9 Требуемый уровень грозоупорности ВЛ без тросов должен обеспечиваться установкой ОПН согласно требованиям 10.3.1.16–10.3.1.18.

10.3.1.10 Металлические и железобетонные опоры ВЛ 110–750 кВ необходимо заземлять. Значения сопротивления заземления опор ВЛ, имеющих трос или другие устройства молниезащиты, при высоте опор не более 50 м не должны превышать приведенных в таблице 10.7, при высоте опор более 50 м – должны быть в 2 раза ниже приведенных в таблице 10.7.

Таблица 10.7 – Наибольшие значения сопротивления заземления опор ВЛ

Удельное сопротивление грунта ρ , Ом·м	Сопротивление заземления, Ом, не более
До 100 включ.	10
св. 100 » 500 »	15
» 500 » 1000 »	20
» 1000 » 5000 »	30
» 5000	$6 \cdot 10^{-3}\rho$

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

На двух- и многоцепных опорах ВЛ, независимо от класса напряжения ВЛ и высоты опор, значения сопротивления заземления опор ВЛ должны быть в 2 раза ниже приведенных в таблице 10.7.

10.3.1.11 Для ВЛ, защищенных тросами, значения сопротивления заземления опор ВЛ, выполненных по требованиям молниезащиты, должно обеспечиваться при отсоединенном тросе.

Сопротивление заземления опор ВЛ должно обеспечиваться и измеряться при токах промышленной частоты в период их наибольших значений в летнее время. В другие периоды следует производить измерения с корректировкой результатов путем введения сезонного коэффициента. Не следует производить измерения в период, когда на значение сопротивления заземления существенное влияние оказывает промерзание грунта.

10.3.1.12 Железобетонные фундаменты опор ВЛ 110 кВ и более могут быть использованы в качестве естественных заземлителей при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента и отсутствии гидроизоляции железобетона полимерными материалами. Применение битумной обмазки на железобетонных фундаментах не влияет на их использование в качестве естественных заземлителей.

10.3.1.13 При прохождении ВЛ 110 кВ и более в местности с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и подобными грунтами со значением $\rho \leq 1000$ Ом·м следует использовать арматуру железобетонных фундаментов, опор и пасынков в качестве естественных заземлителей без дополнительной укладки или в сочетании с укладкой заземлителей.

В грунтах с более высокими значениями удельного сопротивления естественную проводимость железобетонных фундаментов не учитывают, а для обеспечения требуемого значения сопротивления заземления опор ВЛ следует применять только заземлители.

10.3.1.14 На ВЛ с деревянными опорами следует применять болтовое соединение заземляющих спусков, на ВЛ с металлическими и железобетонными опорами – болтовое или сварное соединение заземляющих спусков.

10.3.1.15 Заземлители опор ВЛ следует размещать на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле – не менее 1 м.

10.3.1.16 На одноцепных ВЛ 110 кВ и более, защищенных тросами, при повышенных значениях сопротивления заземления опор ВЛ (50 Ом и более), для повышения грозоупорности ВЛ следует устанавливать ОПН парал-

лельно гирляндам изоляторов опор с повышенными значениями сопротивления заземления. Количество опор ВЛ и фаз на опоре, на которых должны быть установлены ОПН, определяют технико-экономическими расчетами, исходя из допустимого количества отключений ВЛ.

10.3.1.17 При отсутствии тросовой защиты на участке ВЛ 110 кВ и более для повышения грозоупорности ВЛ следует устанавливать ОПН независимо от сопротивления заземления опор ВЛ. ОПН также следует устанавливать на двух крайних опорах, примыкающих к участку ВЛ без тросовой защиты.

ОПН следует подключать к ВЛ напрямую или через ИП. При подключении ОПН к ВЛ напрямую между фазовым проводом и землей следует устанавливать ОПН с максимальным значением номинального тока разряда и наибольшим рабочим напряжением на 15 %–20 % выше, чем у подстанционных ОПН того же класса напряжения.

10.3.1.18 На двухцепных ВЛ 110 кВ и более, защищенных тросами, для сокращения количества двухцепных грозовых перекрытий необходимо снижать сопротивление заземления опор ВЛ до значения не более 20 Ом. При невозможности снижения сопротивления заземления опор ВЛ на одной или нескольких фазах одной цепи ВЛ следует устанавливать ОПН.

10.3.1.19 Для повышения грозоупорности двухцепных ВЛ и сокращения количества двухцепных отключений ВЛ следует предусматривать усиление изоляции одной из цепей на 20 %–30 % по сравнению с изоляцией другой цепи.

10.3.1.20 Кабельные вставки на ВЛ необходимо защищать от грозовых перенапряжений с помощью ОПН, установленных по обоим концам кабеля. Заземляющий зажим ОПН следует соединять с заземлителем посредством отдельного проводника.

10.3.1.21 Гирлянды изоляторов единичных металлических опор, а также крайних опор участков с данными опорами и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ с деревянными опорами следует защищать с помощью ОПН.

10.3.1.22 При осуществлении защиты переходов ВЛ 110–750 кВ от грозовых перенапряжений необходимо соблюдать следующие требования:

- предусматривать тросовую защиту на ВЛ;
- количество тросов должно быть не менее двух с углом защиты по отношению к крайним проводам не более 20°. При расположении перехода за пределами длины защищаемого подхода ВЛ к РУ ПС с повышенным защитным уровнем в районах по гололеду III и более, а также в районах с частой и интенсивной пляской проводов следует обеспечивать угол защиты не более 30°;
- не предусматривать тросовую защиту переходов в гололедных районах с толщиной стенки гололеда более 25 мм при условии установки на опорах перехода ОПН;
- горизонтальное смещение троса от центра крайней фазы должно быть, м, не менее:
 - 1,5 – для ВЛ 110 кВ;
 - 2,5 – для ВЛ 220 кВ;
 - 3,5 – для ВЛ 330 кВ;
 - 4,0 – для ВЛ 750 кВ.

10.3.1.23 Для защиты переходов ВЛ с пролетами длиной более 700 м или с высотой опор более 100 м на опорах перехода следует устанавливать ОПН. Установку ОПН по фазам и опорам перехода необходимо определять расчетом.

10.3.1.24 Значения сопротивления заземления опор перехода с ОПН следует уменьшать в 2 раза по сравнению со значениями, приведенными в таблице 10.7.

10.3.2 Защита воздушных линий электропередачи с защищенными проводами напряжением 35–110 кВ

10.3.2.1 ВЛЗ 35 кВ следует защищать от грозовых перенапряжений с помощью устройств защиты согласно 10.3.2.3.

При выполнении защиты ВЛЗ 35 кВ применение тросов не требуется, за исключением подходов ВЛЗ 35 кВ к ПС.

10.3.2.2 Участки с ВЛЗ 35 кВ следует прокладывать в местах, где имеется экранирование (например, в лесном массиве) и прямые удары молнии маловероятны. Лесной массив с высотой деревьев, равной или более высоты подвески провода, практически исключает прямые удары молнии в ВЛ всех напряжений.

На открытой местности прокладывать ВЛЗ 35 кВ не следует.

10.3.2.3 На ВЛЗ 35 кВ для защиты от прямых ударов молнии, индуктированных и коммутационных перенапряжений необходимо применять:

- мультикамерные разрядники экранного типа РМКЭ-35 или ГИРМК-35 (определяют по проекту);
- УЗПН-35, выполненное конструктивно как ОПН с ИП;
- ОПН на основе оксидно-цинковых варисторов.



10.3.2.4 РМКЭ-35 применяют для защиты ВЛЗ 35 кВ от отключений и повреждений, возникающих вследствие воздействия индуктированных перенапряжений, обратных перекрытий и прямых ударов молнии.

10.3.2.5 УЗПН-35 применяют для защиты ВЛЗ 35 кВ от индуктированных перенапряжений и предотвращения пережога защитной изоляции защищенного провода на опорах промежуточного вида типа КВЛЗ-35 с опорными линейными изоляторами типов ОЛСК и ОЛФ, устанавливаемыми на горизонтальные траверсы.

На каждую опору необходимо устанавливать один УЗПН-35 с последовательным чередованием фаз. При необходимости (определяют по проекту) разрешается устанавливать на каждую опору три УЗПН-35 (по одному на каждую фазу). Такую установку необходимо применять при защите ВЛЗ 35 кВ с пролетами более 80 м, при устройстве ЗУ опор ВЛЗ 35 кВ в грунтах с большим удельным сопротивлением (более 500 Ом·м), локальных объектов (оборудования) ВЛЗ 35 кВ, ответственных ВЛЗ и т. д.

Установку необходимой величины ИП на УЗПН-35 производят в соответствии с документацией изготовителя (руководством по монтажу или эксплуатации).

10.3.2.6 Для защиты ВЛЗ 35 кВ, прокладываемой через лесной массив, следует применять ОПН, которые устанавливают на входе ВЛЗ 35 кВ в лесной массив и на выходе ее из лесного массива.

Количество ОПН, устанавливаемых на ВЛЗ 35 кВ, прокладываемой через участок лесного массива длиной более 1 км, следует определять исходя из местных условий (интенсивности грозовой деятельности, удельного сопротивления грунта, степени экранирования, высоты деревьев и т. д.). При этом установку ОПН следует предусматривать через каждые 400–500 м.

10.3.2.7 В целях эффективной защиты проводов от грозовых перенапряжений, на опорах ВЛЗ 35 кВ монтаж ОПН-35 следует выполнять в каждую фазу параллельно изоляторам.

10.3.2.8 Выбор аппаратов защиты и их количество для установки на ВЛЗ 35 кВ необходимо определять на стадии проектирования конкретного защищаемого объекта с учетом интенсивности грозовой деятельности, высоты подвеса защищенного провода, удельного сопротивления грунта, длины ВЛЗ 35 кВ в лесном массиве, высоты деревьев и т. д.

10.3.2.9 ВЛЗ 110 кВ с металлическими и железобетонными опорами необходимо защищать от прямых ударов молнии тросами по всей длине (независимо от интенсивности грозовой деятельности и удельного сопротивления грунта с однородной и неоднородной структурой). На металлических и железобетонных опорах ВЛЗ 110 кВ следует выполнять изолированное крепление троса.

Опоры ВЛЗ 110 кВ должны иметь заземление с нормированным сопротивлением.

10.3.2.10 Для дополнительной защиты от грозовых перенапряжений, в случае прорыва молнии через тросовую защиту, на ВЛЗ 110 кВ следует применять изоляторы-разрядники типа ИРМК-110 или ГИРМК-110.

ГИРМК-110 необходимо устанавливать на опорах промежуточного вида вместо поддерживающей гирлянды изоляторов и стыковать со стандартной арматурой. На опорах анкерного вида с натяжной изоляцией ГИРМК-110 следует устанавливать в шлейф.

10.3.2.11 Для повышения грозоупорности ВЛЗ дополнительно к тросу следует устанавливать ИРМК-110 (или ГИРМК-110) на неэкранированных линиях (которые не экранированы соседними ВЛ, или высокими деревьями в лесном массиве, или сооружениями в населенных пунктах, превышающими по высоте ВЛ) в районах со среднегодовой продолжительностью гроз более 20 ч.

Количество дополнительно установленных изоляторов-разрядников в гирлянде должно быть указано в проекте и согласовано с изготовителем.

10.3.2.12 Защиту ВЛЗ 110 кВ от индуктированных перенапряжений не предусматривают в связи с высокой импульсной прочностью изоляции ВЛЗ.

10.3.2.13 ВЛЗ 110 кВ следует защищать с помощью ОПН от возможного «заноса» грозового импульса (или коммутационного перенапряжения).

В местах перехода неизолированных проводов ВЛ 110 кВ в защищенные провода ВЛЗ 110 кВ (на опорах анкерного вида) для защиты ВЛЗ 110 кВ от перенапряжений следует применять ОПН на основе оксидно-цинковых варисторов, взрывобезопасных, с требуемыми энергоемкостью и защитным уровнем.

Следует предусматривать установку ОПН-110 на входе ВЛЗ 110 кВ в лесной массив.

Анкерная опора с ОПН-110 должна иметь заземления с сопротивлением не более 10 Ом.

10.3.2.14 Для обеспечения эффективной защиты ВЛЗ 110 кВ от прямых ударов молнии трос необходимо наглухо присоединять к опоре, электропроводящее тело которой связано с контуром заземления.

10.3.2.15 Расстояние по вертикали между тросом и защищенным проводом ВЛЗ 110 кВ в середине пролета без учета их отклонения под действием ветра по требованиям защиты от грозовых перенапряжений должно быть не менее 2 м независимо от длины пролета.

10.3.2.16 Кабельные вставки в ВЛЗ необходимо защищать от грозовых перенапряжений с помощью аппаратов защиты, устанавливаемых по обоим концам кабеля.

Заземляющий зажим аппарата защиты следует соединять с заземлителем посредством отдельного заземляющего проводника.

Не требуется защита от грозовых перенапряжений кабельных вставок 35–110 кВ длиной 1,5 км и более, защищенных тросами.

10.3.2.17 В качестве ЗУ для ВЛЗ в первую очередь следует применять естественные заземлители по ГОСТ 12.1.030.

10.3.2.18 Железобетонные фундаменты опор ВЛЗ 110 кВ разрешается использовать в качестве естественных заземлителей, за исключением случаев, приведенных в 10.3.2.20 и 10.3.2.21, при выполнении 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.

10.3.2.19 При применении железобетонных фундаментов, в том числе в качестве естественных заземлителей, металлическая связь между опорами, анкерными болтами и арматурой фундаментов должна быть выполнена с помощью болтовых или сварных соединений.

10.3.2.20 При прохождении ВЛЗ 110 кВ в районе с глинистыми, суглинистыми, супесными и подобными грунтами с удельным сопротивлением $\rho \leq 1000$ Ом·м, в качестве естественных заземлителей следует использовать арматуру железобетонных фундаментов, опор и пасынков без дополнительной укладки или в сочетании с укладкой заземлителей.

В грунтах с более высоким удельным сопротивлением естественную проводимость железобетонных фундаментов не учитывают, а для обеспечения требуемого значения сопротивления заземления следует применять заземлители.

Требуемое сопротивление заземления опор ВЛЗ-35 должно обеспечиваться применением заземлителей, при этом естественную проводимость фундаментов, подземных частей опор и пасынков (приставок) не учитывают.

10.3.2.21 Не допускается применение в качестве естественных заземлителей арматуры железобетонных опор, приставок и фундаментов опор (в том числе железобетонных фундаментов анкерных опор), ограничивающих пролет пересечения ВЛЗ с железными дорогами. В этом случае, независимо от значения удельного сопротивления грунта, необходимо применять заземлители. При этом требуемое значение сопротивления заземления должно обеспечиваться заземлителями без учета естественной проводимости железобетонных опор, приставок и фундаментов.

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

В качестве заземляющего проводника вне стойки или внутри нее при необходимости следует прокладывать специальный проводник. Элементы арматуры, используемые в качестве заземляющих проводников, не должны нагреваться за время протекания тока КЗ более чем на 60 °С.

Оттяжки железобетонных опор необходимо использовать в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре.

Заземляемые тросы и детали крепления изолирующей подвески проводов к траверсе железобетонной опоры должны быть металлически соединены с заземляющим спуском или заземленной арматурой.

10.3.2.23 Площадь поперечного сечения каждого из заземляющих спусков на опоре ВЛЗ должна быть не менее 35 мм², для однопроволочных спусков – не менее 78,5 мм² (при диаметре проволоки не менее 10 мм). Количество заземляющих спусков на многостоечных опорах ВЛЗ должно быть не менее двух.

Для районов со среднегодовой относительной влажностью воздуха 60 % и более, а также при средне- и сильноагрессивной степени воздействия окружающей среды заземляющие спуски в месте их входа в грунт необходимо защищать от коррозии.

В случае опасности коррозии заземлителей следует увеличить их площадь поперечного сечения либо применять заземлители с токопроводящими и стойкими к вредным воздействиям покрытиями (например, оцинкованные) или медные заземлители.

10.3.2.24 На ВЛЗ с деревянными и композитными опорами для заземляющих спусков необходимо применять болтовое соединение, на ВЛЗ с металлическими и железобетонными опорами – болтовое или сварное соединение.

10.3.2.25 Заземлители опор ВЛЗ следует размещать на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле – не менее 1 м.



10.3.3 Защита воздушных линий электропередачи напряжением 6–35 кВ

10.3.3.1 Применение троса на ВЛ 6–35 кВ не предусматривают по причине низкой импульсной прочности изоляции и, как следствие, высокой вероятности обратного перекрытия при прямом ударе молнии в опору и трос. Трос следует предусматривать только на ВЛ 35 кВ на подходе к ПС для защиты оборудования ПС от грозовых волн, набегающих с ВЛ.

10.3.3.2 К мероприятиям, повышающим грозоупорность ВЛ 6–35 кВ, следует относить:

- использование изолированной нейтрали;
- компенсацию токов ОКЗ на землю;
- автоматическое повторное включение ВЛ;
- телеуправление коммуникационными аппаратами ВЛ;
- использование изоляционных траверс из пластических материалов для подвески нижних проводов.

10.3.3.3 На ВЛ 6–35 кВ для защиты мест с ослабленной изоляцией необходимо устанавливать ОПН и вентиляционные облегченные разрядники. Следует предусматривать дополнительную защиту следующих отдельных мест ВЛ:

- пересечений ВЛ между собой и с линиями связи;
- опор ВЛ со сниженной импульсной прочностью изоляции;
- высоких переходных опор;
- ответвлений к ПС на отпайках и секционирующих разъединителей на опорах ВЛ.

10.3.3.4 От грозовых перенапряжений необходимо защищать:

- линейное оборудование, установленное на опорах ВЛ (силовые и измерительные трансформаторы, разъединители и другие аппараты);
- участки ВЛ напряжением 6–10 кВ с ослабленной изоляцией (места пересечения ВЛ, опоры с кабельными муфтами, отдельные железобетонные опоры на ВЛ с деревянными опорами и др.);
- ВЛП;
- ВЛ с неизолированными проводами (например, в местах с аномальной грозовой деятельностью).

Для защиты секционирующих пунктов и пунктов автоматического ввода резерва 6–10 кВ необходимо устанавливать аппараты защиты, по одному комплекту с каждой стороны ВЛ.

Для защиты разъединителей и выключателей, имеющих изоляцию того же класса, что и ВЛ 6–10 кВ с железобетонными опорами, аппараты защиты не устанавливают.

10.3.3.5 Для ВЛ 6–10 кВ на железобетонных опорах основным резервным мероприятием для повышения эксплуатационной надежности, предотвращающим перерывы в электроснабжении, является АПВ и (или) телеуправление коммуникационными аппаратами ВЛ. Отказ от АПВ в каждом отдельном случае должен быть обоснован. Имеющиеся в эксплуатации устройства АПВ должны быть постоянно включены в работу.

На ВЛ 6–10 кВ необходимо применять устройства АПВ одно- и двукратного действия. Для первого цикла АПВ следует использовать бестоковую паузу продолжительностью от 1 до 3 с, для второго цикла – от 15 до 20 с.

Вероятность эффективной работы АПВ на ВЛ 6–10 кВ при грозах должна составлять примерно 0,5.

10.3.3.6 Если на ВЛ 6–10 кВ с деревянными опорами устанавливают отдельные железобетонные опоры, то на данных опорах ВЛ при отсутствии аппаратов защиты следует применять изоляторы более высокого класса напряжения и (или) изолирующие траверсы.

При этом градиент рабочего напряжения по пути перекрытия между фазами не должен превышать значений, приведенных в 10.3.3.7.

10.3.3.7 Для повышения грозоупорности ВЛ 6–10 кВ необходимо применять деревянные опоры и (или) изолирующие траверсы из различных материалов (полимеров, сухой древесины, пропитанной новыми антисептиками).

Длина изолирующих траверс в изоляционной части должна быть такой, чтобы градиент рабочего напряжения по пути перекрытия между фазами составлял от 8 до 10 кВ/м.

Металлические изолирующие траверсы на деревянных опорах не применяют.

10.3.3.8 На ответвлениях от магистрали ВЛ 6–10 кВ на деревянных опорах за линейным разъединителем со стороны электроснабжения необходимо устанавливать аппараты защиты.

10.3.3.9 Кабельные вставки на ВЛ 6–10 кВ следует защищать от грозовых перенапряжений путем установки ОПН на обоих концах кабеля.

Не требуется защита от грозовых перенапряжений кабельных вставок на ВЛ напряжением не более 10 кВ, выполненных кабелями с пластмассовой изоляцией и оболочкой, длиной 2,5 км и более и кабелями других конструкций длиной 1,5 км и более.

10.3.3.10 Для защиты ВЛ 6–10 кВ от прямых ударов молнии следует устанавливать:

– опоры, обеспечивающие расположение проводов треугольником;
 – РДИ параллельно изолятору: на верхнюю фазу – РДИ с относительно небольшой длиной перекрытия (например, 1 м для ВЛ 10 кВ); на нижние фазы – РДИ с длиной перекрытия 2 м. Установка РДИ также обеспечивает защиту от индуктированных перенапряжений.

10.3.3.11 На пересечениях ВЛ 6–10 кВ требуется установка аппаратов защиты.

Применение специальных мер защиты ВЛ 6–10 кВ на пересечениях не требуется для ВЛ:

– с железобетонными опорами;

– с деревянными опорами при расстоянии между проводами пересекающихся ВЛ, м, не менее:

9 – при пересечении с ВЛ 750 кВ;

7 – то же ВЛ 330–500 кВ;

6 – » ВЛ 150–220 кВ;

5 – » ВЛ 35–110 кВ;

4 – » ВЛ 6–10 кВ и более низкого напряжения.

10.3.3.12 Место пересечения следует выбирать как можно ближе к опоре верхней из пересекающихся ВЛ с целью обеспечения требуемых по условиям защиты от грозových перенапряжений расстояний в местах пересечения ВЛ.

Провода ВЛ более высокого напряжения должны быть расположены выше проводов пересекаемых ВЛ более низкого напряжения.

10.3.3.13 Расстояния между ближайшими проводами пересекающихся ВЛ (при температуре воздуха 15 °С без ветра) должны быть не менее значений, приведенных в таблице 10.8.

Таблица 10.8 – Минимальные расстояния между проводами пересекающихся ВЛ на железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии аппаратов защиты

Напряжение в пересекающей ВЛ, кВ	Длина пролета пересекающей ВЛ, м	Минимальное расстояние между проводами, м, при расстоянии от места пересечения до ближайшей опоры ВЛ, м					
		30	50	70	100	120	150
750	До 200	6,5	6,5	6,5	7,0	–	–
	300	6,5	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
	450	6,5	6,5	7,5	8,0	8,5	9,0
	500	7,0	7,0	8,0	8,5	9,0	9,5
330	До 200	5,0	5,0	5,0	5,5	–	–
	300	5,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
	450	5,0	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0
150–220	До 200	4,0	4,0	4,0	4,0	–	–
	300	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0	5,5
	450	4,0	4,0	5,0	6,0	6,5	7,0
35–110	До 200	3,0	3,0	3,0	4,0	–	–
	300	3,0	3,0	4,0	4,5	5,0	–
6–10 и более низкого напряжения	До 100	2,0	2,0	–	–	–	–
	150	2,0	2,5	2,5	–	–	–

Примечание – Для промежуточных значений пролетов соответствующие расстояния определяют линейной интерполяцией.

Расстояние между ближайшими проводами пересекающей и пересекаемой ВЛ 6–10 кВ при условии, что хотя бы одна из ВЛ выполнена с защищенными проводами, должно быть не менее 1,5 м (при температуре воздуха 15 °С без ветра).

10.3.3.14 На ВЛ с деревянными опорами на опорах, ограничивающих пролеты пересечения, аппараты защиты следует устанавливать на обеих пересекающихся ВЛ. Расстояния между проводами пересекающихся ВЛ должны быть не менее значений, приведенных в таблице 10.8.

10.3.3.15 На деревянных опорах ВЛ 6–10 кВ при пересечении с ВЛ 750 кВ и менее необходимо устанавливать аппараты защиты.



При пересечении с деревянными опорами с ВЛ 750 кВ металлические детали для крепления проводов (крюки, штыри) на опорах ВЛ, ограничивающих пролеты пересечения, необходимо заземлять.

Для пересекающихся ВЛ при расстоянии от места пересечения до ближайших опор ВЛ более 40 м аппараты защиты не устанавливают.

10.3.4 Защита воздушных линий электропередачи с открытыми проводами напряжением 6–10 кВ

10.3.4.1 Для защиты ВЛП от грозовых перенапряжений, в том числе от пережога покрытых проводов в местах их крепления на опорах, следует предусматривать установку РДИ, ОПН, УЗПН (ОПН с ИП), заземление опор.

10.3.4.2 Для ВЛП требования к заземлению опор, значение сопротивления заземления должны соответствовать требованиям для ВЛ с неизолированными проводами:

- опоры с РДИ и УЗПН дополнительно не заземляют;
- опоры с ОПН следует заземлять с нормированными значениями для ОПН согласно ТКП 339.

10.3.4.3 Защиту от индуктированных перенапряжений следует осуществлять с применением РДИ, УЗПН, ОПН, путем их установки на опорах ВЛП параллельно изоляторам.

На ВЛП следует применять РДИП. Применение РДИ модульного и шлейфового типа, а также мультикамерных разрядников и изоляторов-разрядников следует производить согласно рекомендациям по применению изготовителя (после включения в типовую нормативную документацию).

РДИП и УЗПН следует поодиночно устанавливать на промежуточных и угловых промежуточных опорах ВЛП в каждую цепь с чередованием фаз в любой регулярной последовательности.

На каждую опору ВЛП в каждую фазу следует устанавливать по три ОПН. Количество ОПН на ВЛП определяют по проекту с учетом 10.3.4.5 и 10.3.4.6–10.3.4.8.

УЗПН на ВЛП с подвесной изоляцией не применяют.

10.3.4.4 Петлю РДИП и УЗПН следует располагать по отношению к изолятору в сторону направления передачи мощности по ВЛП в нормальном режиме.

10.3.4.5 При прокладке ВЛП в лесном массиве РДИП, УЗПН или ОПН (на опорах ВЛП – через каждые 450–550 м) следует устанавливать:

- в районах со среднегодовой продолжительностью гроз более 60 ч;
- на магистралях ВЛП;
- на ВЛП электроснабжающих потребителей 1-й категории (для 2-й категории – во взаимодействии с электроснабжающей организацией).

Применение конкретного типа аппарата защиты должна определять электроснабжающая организация.

10.3.4.6 В районах со среднегодовой продолжительностью гроз менее 60 ч и для ВЛП электроснабжающих потребителей 2-й и 3-й категории следует устанавливать ОПН. Во взаимодействии с электроснабжающей организацией следует применять РДИП или УЗПН.

10.3.4.7 Количество ОПН, устанавливаемых на опорах ВЛП, определяют с учетом местных условий: интенсивности грозовой деятельности в районе с ВЛП (определяют по региональным картам, с возможным уточнением данных метеослужб); данных электроснабжающей организации по количеству грозовых отключений ВЛ; удельного сопротивления грунта; высоты деревьев в лесном массиве и т. д.

10.3.4.8 Следует предусматривать установку ОПН на входе ВЛП в лесной массив и на выходе из него.

При установке ОПН на опорах ВЛП на входе ее в лесной массив и на выходе из него (двух комплектов) следует применять дополнительные меры по эксплуатации в грозовой период для устранения возможных аварийных ситуаций, возникающих вследствие грозовых перенапряжений, за соответствующий нормам надежности электроснабжения период времени согласно ТКП 385.

10.3.5 Защита воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ

10.3.5.1 От грозовых перенапряжений необходимо защищать:

- оборудование и аппараты, установленные на опорах ВЛ;
- ответвления от магистрали ВЛ к вводам в здания;
- изоляцию проводов ВЛИ.

10.3.5.2 Защиту ответвлений от магистрали ВЛ к вводам в здания и снижение величины грозовых перенапряжений, проникающих во внутреннюю проводку здания, необходимо предусматривать за счет отвода тока молнии в заземлитель через заземляющий спуск, смонтированный на опоре ВЛ с ответвлением к вводу потребителя.

10.3.5.3 На ВЛ 0,38 кВ, прокладываемых по населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой, для защиты от грозových перенапряжений следует устанавливать ЗУ.

К ЗУ следует присоединять нулевой провод, крюки или штыри фазных проводов и проводов всех других линий (проводного вещания, связи и др.), подвешенных на деревянных и железобетонных опорах, а также арматуру железобетонных опор ВЛ.

Сопrotивление заземления опор ВЛ должно быть не более 30 Ом.

Расстояние между опорами ВЛ с ЗУ не должно превышать, м:

200 – для районов со среднегодовой продолжительностью гроз не более 40 ч;

100 – то же более 40 ч.

10.3.5.4 Дополнительно ЗУ следует устанавливать:

– на опорах ВЛ с ответвлениями к вводам в здания, в которых возможно наличие большого количества людей (школы, ясли, больницы), или которые представляют большую материальную ценность (животноводческие, птицеводческие и складские здания);

– на концевых опорах ВЛ с ответвлениями к вводам в здания, при этом расстояние от соседнего заземления данных ВЛ не должно превышать, м:

100 – для районов со среднегодовой продолжительностью гроз не более 40 ч;

50 – то же более 40 ч.

10.3.5.5 На вводах в здания и на концевых опорах ВЛ дополнительно следует устанавливать ОПН низкого напряжения.

10.3.5.6 Для защиты электронного оборудования (компьютеров, телевизоров и т. д.) от грозových перенапряжений, проникающих во внутреннюю проводку здания, следует применять специальные разрядники и ОПН, расположенные в непосредственной близости от защищаемого оборудования; для защиты особо чувствительного оборудования – специальные трансформаторы, фильтры и источники электроснабжения.

10.3.5.7 Крюки, штыри деревянных опор ВЛ не заземляют, за исключением выполненных на опорах с повторным заземлением и заземлением для защиты от грозových перенапряжений.

Крюки, штыри и арматура опор ВЛ напряжением не более 1 кВ, ограничивающие пролет пересечения с ВЛ напряжением более 1 кВ, а также опоры, на которых производится их совместная подвеска, следует заземлять.

10.3.5.8 На ВЛИ 0,38 кВ следует устанавливать ЗУ, предназначенные для повторного заземления нулевого провода, защиты от грозových перенапряжений, заземления оборудования, установленного на опорах ВЛИ 0,38 кВ.

10.3.5.9 ЗУ, предназначенные для повторного заземления нулевого провода и защиты от грозových перенапряжений, следует предусматривать в соответствии с требованиями настоящих строительных норм. Присоединение изолированного нулевого провода к заземлителю следует осуществлять посредством прокалывающего зажима.

10.3.5.10 Для защиты оборудования, аппаратов и ВЛИ 0,38 кВ следует применять ОПН (или РВ), установленные в непосредственной близости от защищаемых объектов.

ОПН (или РВ) на ВЛИ следует присоединять к фазному проводу посредством прокалывающего зажима.

10.3.5.11 ОПН и разрядники, устанавливаемые на опорах ВЛИ 0,38 кВ для защиты кабельных вставок от грозových перенапряжений, необходимо присоединять к заземлителю с помощью отдельного спуска.

10.4 Защита открытых распределительных устройств электрических станций и подстанций напряжением не более 750 кВ от перенапряжений

Эффективность защиты от перенапряжений внутренней изоляции оборудования ПС должна быть значительно более высокой по сравнению с воздушной и линейной изоляцией ВЛ, так как внутренняя изоляция оборудования ПС имеет небольшой потенциал импульсных испытательных напряжений и не обладает свойством самовосстановления после перекрытия в результате разряда молнии.

10.4.1 Выбор системы молниеотводов для защиты распределительных устройств и электрических подстанций. Зона защиты молниеотводов

10.4.1.1 Защиту оборудования РУ и ПС, в том числе зданий, расположенных на территории ПС, от прямых ударов молнии следует обеспечивать системой стержневых и тросовых молниеотводов (преимущественно для ОРУ), молниеприемной сеткой (для части зданий).

10.4.1.2 При размещении защищаемого объекта следует руководствоваться следующим условием: при касании выступающих частей защищаемого объекта границы зоны защиты надежность молниезащиты уменьшается, при размещении защищаемого объекта в глубине зоны защиты – повышается.

Уровень молниезащиты защищаемого объекта от прямых ударов молнии характеризуется надежностью молниезащиты P_z и выражается вероятностью прорыва молнии $P_{пр}$ в зону защиты молниеотвода:

$$P_z = 1 - P_{пр} \quad (10.8)$$

10.4.1.3 Уровни молниезащиты от прямых ударов молнии для зданий вновь возводимых ПС принимают в зависимости от надежности молниезащиты согласно таблице 10.9. Для зданий реконструируемых ПС уровни молниезащиты определяют владельцы данных объектов.

Таблица 10.9 – Уровни молниезащиты в зависимости от надежности молниезащиты для ПС

Уровень молниезащиты	Надежность молниезащиты P_z
I	0,999
II	0,990
III	0,900

Выбор типа и высоты молниеотвода следует производить исходя из значений требуемой надежности молниезащиты.

Объект считается защищенным, если все его молниеотводы обеспечивают надежность молниезащиты не менее требуемой. Во всех случаях систему защиты от прямых ударов молнии следует выбирать исходя из условия максимального использования естественных элементов СМЗ, а при недостаточном обеспечении надежности молниезащиты – в сочетании со специально установленными молниеотводами.

10.4.1.4 Молниезащиту реконструируемых ПС 220–750 кВ и ПС 35–110 кВ следует выполнять с надежностью молниезащиты не менее чем для II и III уровней молниезащиты соответственно.

Зону защиты, состоящую из нескольких молниеприемников, определяют сочетанием зон защиты различных молниеприемников.

10.4.2 Защита открытых распределительных устройств электрических подстанций

10.4.2.1 Защиту ОРУ напряжением не более 750 кВ от прямых ударов молнии необходимо выполнять с помощью отдельно стоящих или установленных на конструкциях стержневых молниеотводов. Также в качестве молниеприемников следует использовать высокие объекты (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты и т. п.).

10.4.2.2 От стоек конструкций ОРУ 35 кВ и более с молниеотводами растекание тока молнии должно быть обеспечено по магистралям заземления не менее чем по трем направлениям, с углом между ними не менее 90°. Кроме того, на каждом направлении необходимо устанавливать не менее одного заземляющего электрода длиной не менее 5 м на расстоянии не менее длины заземляющего электрода от места присоединения к магистрали заземления стойки с молниеотводом.

10.4.2.3 Если зоны защиты стержневых молниеотводов не покрывают всю территорию ОРУ, следует дополнительно использовать тросовые молниеотводы, расположенные над ошиновкой.

10.4.2.4 Защиту ОРУ от прямых ударов молнии, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям, следует выполнять с помощью отдельно стоящих молниеотводов, имеющих обособленные заземлители с импульсным сопротивлением не более 80 Ом при импульсном токе 60 кА.

Импульсное сопротивление контура заземления $R_{и}$ отдельно стоящего молниеотвода, Ом, определяют по формуле

$$R_{и} = R_{изм} \cdot K_{и} \quad (10.9)$$

где $R_{изм}$ – измеренное значение сопротивления контура заземления, Ом;

$K_{и}$ – коэффициент пересчета; определяют по формуле

$$K_{и} = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{S}}{L \cdot (\rho + 320) \cdot (l_m + 45)}} \quad (10.10)$$

здесь S – площадь заземлителя, мм²;

ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

L – длина заземляющего электрода, м;

I_m – ток молнии, при котором начинается искрообразование, кА.

10.4.2.5 Расстояние S_3 , м, между обособленным заземлителем отдельно стоящего молниеотвода и ближайшей к нему точкой контура заземления ПС, ЗРУ, зданий определяют из условия

$$S_3 > 0,2R_{\text{и}} \quad (10.11)$$

10.4.2.6 Расстояние по воздуху $S_{\text{в,о}}$, м, от отдельно стоящего молниеотвода с обособленным заземлителем до токоведущих частей, заземленных конструкций и оборудования ОРУ ПС, а также до ЗРУ, зданий определяют из условия

$$S_{\text{в,о}} > 0,12R_{\text{и}} + 0,1H, \quad (10.12)$$

но оно должно быть не менее 5 м,

где H – высота рассматриваемой точки на токоведущей части, оборудовании, здании над уровнем земли, м.

10.4.2.7 Заземлители отдельно стоящих молниеотводов в ОРУ следует присоединять к ЗУ ОРУ (ПС) при соблюдении требований установки молниеотводов на конструкциях ОРУ согласно 10.4.2.5, 10.4.2.6.

10.4.2.8 Место присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к ЗУ ПС должно быть расположено на магистралях заземления на расстоянии не менее 15 м от места присоединения к ЗУ трансформатора (реактора). В месте присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к ЗУ ОРУ 110–150 кВ магистрали заземления следует прокладывать не менее чем по трем направлениям с углом между ними не менее 90°.

10.4.2.9 Заземлители молниеотводов, установленных на прожекторных мачтах, следует присоединять к ЗУ ПС. При несоблюдении требований согласно 10.4.2.5 и 10.4.2.6 необходимо дополнительно соблюдать следующие требования:

– в радиусе 5 м от молниеотвода следует устанавливать три заземляющих электрода длиной от 3 до 5 м;

– если расстояние на магистрали заземления от места присоединения заземлителя молниеотвода к ЗУ до места присоединения к ЗУ трансформатора (реактора) более 15 м, но менее 40 м, то на выводах обмоток напряжением не более 35 кВ трансформатора следует устанавливать ОПН.

10.4.2.10 Расстояние по воздуху $S_{\text{в,с}}$, м, от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединен с ЗУ ОРУ ПС, до токоведущих частей определяют из условия

$$S_{\text{в,с}} > 0,1H + m, \quad (10.13)$$

где H – высота рассматриваемой точки на токоведущей части над уровнем земли, м;

m – длина гирлянды изоляторов, м.

10.4.2.11 Для снижения грозовых перенапряжений на трансформаторах место присоединения конструкции со стержневым или тросовым молниеотводом к ЗУ ПС на магистралях заземления должно быть расположено на расстоянии не менее 15 м от места присоединения к нему трансформатора (реактора).

10.4.2.12 Присоединение молниеотводов к магистралям заземления ПС на расстоянии менее 15 м от силовых трансформаторов производят при удельном сопротивлении грунта не более 350 Ом·м и соблюдении следующих требований:

– для трансформаторов, имеющих обмотки 6–35 кВ, непосредственно на всех выводах обмоток (кроме выводов нейтрали 6–35 кВ) или на расстоянии не более 5 м от них по ошиновке следует устанавливать ОПН 6–35 кВ;

– должно быть обеспечено растекание тока молнии от стойки конструкции с молниеотводом по магистралям заземления по трем (четырем) направлениям с углом между ними не менее 90°;

– на каждой магистрали заземления, на расстоянии от 3 до 5 м от стойки с молниеотводом, следует устанавливать по одному заземляющему электроду длиной 5 м;

– заземляющие проводники ОПН и силовых трансформаторов следует присоединять к ЗУ ПС на близком расстоянии друг от друга или выполнять их таким образом, чтобы место присоединения ОПН к ЗУ находилось между точками присоединения заземляющих проводников портала и трансформатора;

– заземляющие проводники отдельно стоящих измерительных трансформаторов тока необходимо присоединять к ЗУ РУ в наиболее удаленных от заземления ОПН местах;

– заземление силовых трансформаторов и молниеотвода по кратчайшему пути не выполняют.

10.4.2.13 Тросы ВЛ 110 кВ и более следует присоединять к заземленным конструкциям ОРУ ПС.

10.4.2.14 Неиспользуемые обмотки низшего и среднего напряжения силовых трансформаторов (автотрансформаторов), а также обмотки, временно отключенные от шин РУ в грозовой период, следует соединять в форме звезды или треугольника и защищать с помощью ОПН, установленных между вводами каждой фазы и землей. Защиту неиспользуемых обмоток низшего напряжения, расположенных первыми от магнитопровода, выполняют путем заземления одной вершины треугольника, одной фазы или нейтрали звезды либо установки на каждой фазе ОПН соответствующего класса напряжения.

Защита неиспользуемых обмоток не требуется, если к ним постоянно присоединена кабельная линия длиной не менее 30 м, имеющая заземленную оболочку, броню или экран.

10.4.2.15 Кабельные вставки 110–220 кВ следует защищать с помощью ОПН, устанавливаемых по обоим концам кабеля. При обосновании разрешается устанавливать ОПН на одном конце кабельной вставки.

10.4.2.16 При наличии на территории ПС ОРУ различного уровня напряжения, уровень молниезащиты участков территории должен соответствовать 10.4.1.3.

10.4.2.17 РУ 6–10 кВ, к которым присоединены ВЛ, следует защищать с помощью ОПН (или РВ), установленных на шинах или возле трансформаторов. В обоснованных случаях дополнительно следует применять защитные емкости.

ОПН (или РВ), установленный в одной ячейке с трансформатором напряжения, следует присоединять до его предохранителя.

10.4.2.18 При применении воздушной связи трансформаторов с шинами РУ 6–10 кВ расстояние от ОПН (или РВ) до защищаемого оборудования не должно превышать, м: 60 – для ВЛ на деревянных опорах; 90 – для ВЛ на железобетонных опорах.

При присоединении трансформаторов к шинам с помощью кабелей расстояния от установленных на шинах ОПН (или РВ) до трансформаторов не ограничивают.

При установке на всех вводах линий в РУ аппаратов защиты (ОПН или РВ) с расстояниями до оборудования согласно указанным на шинах ПС данные аппараты защиты разрешается не устанавливать.

10.4.2.19 Защиту ТП 6–10 (0,4) кВ (ЗТП, КТП, СТП и МТП) следует осуществлять с помощью комплекта ОПН (или РВ). Аппараты защиты на ТП следует устанавливать:

– на МТП и СТП – на опорах (опоре) после разъединителя или до него;

– на КТП шкафного или киоскового исполнения с воздушным вводом – на шкафу устройства ввода высокого напряжения;

– на ЗТП с воздушным вводом – на шинную сборку 6–10 кВ.

10.4.2.20 Защиту оборудования ТП 6–10 (0,4) кВ, непосредственно связанного с ВЛ 0,38 кВ, следует осуществлять путем установки на шинах 0,4 кВ ОПН (или РВ), а на подходах ВЛ – двух защитных заземлений на расстоянии, примерно равном 50 м от трансформатора и друг от друга, с присоединением их к нулевому проводу и крюкам или штырям изоляторов фазных проводов. Сопротивление заземления должно быть не более 30 Ом.

10.4.2.21 Защиту ТП 10 (0,4) кВ, связанных с ВЛ 0,38 кВ посредством кабельной вставки, от перенапряжений со стороны ВЛ следует осуществлять путем установки ОПН (или РВ) на опоре с концевой кабельной муфтой и защиты подхода ВЛ, как приведено в 10.4.2.20.

10.4.2.22 На ВЛ на деревянных опорах при переходе ее в кабельную линию заземляющий проводник необходимо присоединять к PEN-проводнику ВЛ и металлической оболочке кабеля (PEN-проводник – совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник).

10.4.3 Защита зданий закрытых распределительных устройств и зданий, расположенных на территории электрических подстанций

10.4.3.1 Здания ЗРУ и ПС следует защищать от прямых ударов молнии в районах со среднегодовой продолжительностью гроз более 20 ч.

10.4.3.2 Уровень молниезащиты для каждого здания, расположенного на территории ПС, следует выбирать из условия устанавливаемого наибольшего напряжения РУ согласно 10.4.1.3. При наличии в здании, расположенном на территории ПС, только РУ напряжением не более 1 кВ, для здания надежность молниезащиты необходимо устанавливать не менее чем для III уровня молниезащиты.

10.4.3.3 Молниезащиту зданий, расположенных на территории ПС, не входящих в зону защиты отдельно стоящих молниеотводов, следует выполнять с помощью молниеприемной сетки и отдельно стоящих молниеприемников, устанавливаемых на кровле здания.

10.4.3.4 Молниеприемную сетку следует выполнять из стальной проволоки диаметром от 8 до 10 мм и укладывать на кровлю, на или под слой негорючих утеплителя или гидроизоляции.

Шаг ячейки молниеприемной сетки и средние расстояния между токоотводами, соединяющими молниеприемную сетку с ЗУ, принимают согласно таблице 10.10.

Таблица 10.10 – Шаг ячейки молниеприемной сетки и среднее расстояние между токоотводами в зависимости от уровня молниезащиты

В метрах

Уровень молниезащиты	Шаг ячейки	Среднее расстояние между токоотводами
I	5	10
II	7	15
III	10	20

10.4.3.5 В качестве естественных элементов СМЗ следует использовать металлические элементы здания с толщиной металла, не менее указанной в таблице 10.11. При этом следует обеспечивать непрерывную электрическую связь между данными элементами и заземлителем.

Таблица 10.11 – Толщина металла кровли, трубы или корпуса резервуара, используемых в качестве естественных элементов СМЗ, в зависимости от материала

Наименование материала	Толщина металла, мм
Железо	4
Медь	5
Алюминий	7

10.4.3.6 Все выступающие над металлической кровлей или молниеприемной сеткой металлические элементы здания (трубы, вентиляционные устройства и прочие, не соединенные с системой электроснабжения) следует соединять с металлической кровлей или молниеприемной сеткой.

Конструктивные элементы высотой 1 м и более, расположенные на крыше здания, в которые не допускаются прямые удары молнии, необходимо включать в зону защиты естественных элементов СМЗ или специально установленных молниеотводов и имеющих металлическую связь с кровлей или молниеприемной сеткой.

10.4.3.7 Для предотвращения нежелательной разности потенциалов между различными металлическими элементами здания (трубами, вентиляционными устройствами, токоотводами, заземляющими спусками и пр.) их следует соединять между собой.

10.4.3.8 Для предотвращения обратных перекрытий с заземляющих спусков и металлических элементов здания на токоведущие части наружных вводов токоотводы следует устанавливать на расстоянии не менее 5 м от проходных изоляторов. Также необходимо принимать меры по уменьшению сопротивления контура заземления здания.

10.4.3.9 При вводе ВЛ в ЗРУ через проходные изоляторы, расположенные на расстоянии менее 10 м от токоотводов и других связанных с ними внешних токопроводящих частей, указанные вводы необходимо защищать с помощью ОПН.

10.4.3.10 Для молниезащиты здания в качестве заземления следует предусматривать контур заземления. В дополнение к естественному заземлителю по внешнему периметру здания следует устраивать контур заземления, укладываемый на глубину 0,5 м и на расстоянии от стен здания от 0,5 до 2 м.

Шаг соединения контура заземления с закладными деталями железобетонного фундамента (при сварной сетке фундамента, а не вязаной) должен быть равен шагу присоединения токоотводов к контуру заземления.

10.4.3.11 Суммарное сопротивление заземления здания R_3 , Ом, при удельном сопротивлении грунта $\rho < 500$ Ом·м не должно превышать 10 Ом без учета вводимых в здание подземных коммуникаций. При $\rho > 500$ Ом·м увеличение сопротивления заземления здания R_3 , Ом, определяют по формуле

$$R_3 = 10 + 0,0022 \cdot (\rho - 500). \quad (10.14)$$

С учетом увеличения R_3 не должно превышать 20 Ом.

10.4.3.12 В случае когда удельное сопротивление грунта ρ в месте размещения защищаемого объекта более 2500 Ом·м, предусматривают мероприятия по его снижению вдоль контура заземления по периметру здания



(например, путем частичной подсыпки грунта или применения специальных материалов высокой проводимости).

10.4.3.13 Для расположенных на территории ПС электролизных зданий, помещений для хранения баллонов с водородом и установок с ресиверами водорода молниеприемная сетка должна иметь ячейки площадью не более 36 м² (с размерами ячейки, например, 6 х 6 м).

10.5 Защита электрических станций и подстанций от грозовых волн, набегающих с воздушных линий электропередачи

10.5.1 Защита открытых распределительных устройств и электрических подстанций

10.5.1.1 Оборудование ОРУ и ПС следует защищать от набегающих с ВЛ грозовых волн и возникающих при коммутациях участков сети перенапряжений.

Защиту ОРУ и ПС от набегающих с ВЛ грозовых волн необходимо осуществлять путем:

– установки ОПН на расстоянии до электрооборудования, обеспечивающем уровень защиты изоляции, соответствующий требованиям ГОСТ 1516.3;

– применения тросового подхода;

– установки в линейной ячейке комплекта ОПН.

10.5.1.2 ОПН в ОРУ и ПС следует устанавливать:

– на трансформаторе, автотрансформаторе или шунтирующем реакторе – для защиты от коммутационных перенапряжений при их включении (отключении) и от грозовых перенапряжений;

– на шинах ОРУ – для защиты оборудования от набегающих с ВЛ грозовых волн и перенапряжений;

– за линейным выключателем – для защиты оборудования, подключаемого к ВЛ за линейным выключателем, от коммутационных перенапряжений и набегающих с ВЛ грозовых волн и перенапряжений.

10.5.1.3 ОПН следует устанавливать без коммутационных аппаратов при присоединении к ВЛ, шинам ОРУ или автотрансформаторам (трансформаторам) или шунтирующему реактору. Спуск от ошиновки к ОПН следует выполнять теми же проводами, что и к остальному оборудованию ОРУ. Заземление ОПН осуществляют путем присоединения его к ЗУ ОРУ (ПС). Соединение заземления защищаемого оборудования и ОПН необходимо выполнять по кратчайшему расстоянию.

10.5.2 Защита подходов воздушных линий электропередачи к открытым распределительным устройствам электрических подстанций

10.5.2.1 На подходах ВЛ к ОРУ для защиты оборудования ОРУ 110 кВ и более от набегающих с ВЛ грозовых волн следует предусматривать:

– тросовую защиту; снятие троса на подходе ВЛ к ОРУ запрещается;

– защитный угол троса на ВЛ от 20° до 26°;

– заземление опор с нормированным сопротивлением.

На каждой опоре подхода, за исключением случаев, предусмотренных в 10.5.2.2–10.5.2.10, трос необходимо присоединять к заземлителю опоры.

10.5.2.2 На подходах ВЛ 220–330 кВ к ПС на расстоянии от ПС от 1 до 3 км и на подходах ВЛ 330–750 кВ на расстоянии от ПС от 3 до 5 км в случае, если тросы не используются для емкостного отбора, плавки гололеда или связи, их следует заземлять на каждой опоре.

Заземление троса необходимо выполнять с установкой перемычки, шунтирующей зажим.

10.5.2.3 Сопротивление заземления опор подхода ВЛ 110 кВ и более не должно превышать, Ом:

10 – при удельном сопротивлении грунта, Ом·м от 0 до 100 включ.;

15 – то же св. 100 » 500 »;

20 – » » 500 » 1000 ».

На подходах ВЛ 110 кВ и более необходимо предусматривать увеличение сопротивления заземления опор в 1,5 раза – для районов со среднегодовой продолжительностью гроз менее 20 ч и в 3 раза – для районов со среднегодовой продолжительностью гроз менее 10 ч.

Если выполнение заземлителей с требуемым сопротивлением заземления невозможно, то на первой опоре подхода со стороны ОРУ следует устанавливать комплект ОПН при условии заземления ОПН на контур заземления ОРУ.

10.5.2.4 На подходах ВЛ 110–330 кВ с двухцепными опорами сопротивление заземления опор ВЛ должно быть не более 10 Ом.

10.5.2.5 Защиту подходов ВЛ к ОРУ с помощью отдельно стоящих стержневых молниеотводов необходимо обеспечивать в особо гололедных районах и районах с удельным сопротивлением грунта более 1000 Ом·м.

10.5.2.6 На ВЛ 110 кВ, имеющих тросовую защиту не по всей длине и которые в грозовой сезон подвержены длительному отключению с одного конца, следует устанавливать комплект ОПН на входных порталах ПС или на первой от ОРУ опоре ВЛ того конца, который подвержен длительному отключению.

10.5.2.7 На ВЛ, работающей на пониженном напряжении относительно класса изоляции, на первой опоре защищенного подхода со стороны ВЛ следует устанавливать комплект ОПН.

10.5.2.8 На ВЛ с усиленной изоляцией (по условию загрязнения атмосферы) на первой опоре защищенного подхода со стороны ВЛ следует устанавливать комплект ОПН при условии, что начало защищенного подхода ВЛ к ОРУ находится в зоне усиленной изоляции.

10.5.2.9 На входном портале ПС 330–750 кВ или первой опоре подхода ВЛ к ОРУ со стороны ОРУ необходимо устанавливать комплект ОПН.

10.5.2.10 Для районов с высокими значениями удельного сопротивления грунта импульсное сопротивление заземления опор подхода ВЛ к ОРУ и локальное сопротивление контура заземления ПС следует определять расчетом или с помощью измерений.

10.5.2.11 Защиту подходов ВЛ 6–10 кВ с деревянными опорами к ПС 35–110 кВ (ПС 6–10 кВ) от грозовых перенапряжений следует выполнять в соответствии с требованиями 10.4.2.19–10.4.2.22.

10.5.2.12 Для защиты подходов ВЛ вместо РТ следует устанавливать ОПН (или РВ), РДИ.

10.5.2.13 На подходах ВЛ 6–10 кВ с деревянными опорами к ПС (РУ, распределительным подстанциям или распределительным трансформаторным подстанциям 6–10 кВ) на расстоянии от 200 до 300 м от ПС необходимо устанавливать комплект аппаратов защиты.

10.5.2.14 На ВЛ 6–10 кВ, которые в грозовой сезон подвержены длительному отключению с одного конца, следует устанавливать аппараты защиты на конструкции ПС или на концевой опоре того конца ВЛ, который подвержен длительному отключению.

10.5.2.15 При установке РВ или ОПН на всех вводах ВЛ в ПС и при их удалении от оборудования ПС в пределах допустимых значений по требованиям молниезащиты аппараты защиты на шинах ПС разрешается не устанавливать.

10.5.2.16 Сопротивление заземления разрядников и ОПН не должно превышать 10 Ом при удельном сопротивлении грунта не более 1000 Ом·м и 15 Ом – при более высоком удельном сопротивлении грунта.

10.5.2.17 Защиту подходов ВЛ 6–10 кВ к ПС с помощью молниеотводов не предусматривают.

10.5.2.18 На подходах ВЛ 6–10 кВ с железобетонными опорами к ПС установка аппаратов защиты не требуется. В случае применения на ВЛ 6–10 кВ изоляции, усиленной более чем на 30 % (например, по условию загрязнения атмосферы), аппараты защиты следует устанавливать на расстоянии от 200 до 300 м от ПС и на ее вводе.

10.5.2.19 Железобетонные опоры подхода ВЛ к ПС на расстоянии от 200 до 300 м необходимо заземлять, при этом значения сопротивления заземления не должны превышать указанных в таблице 10.7.

10.5.2.20 При присоединении ВЛ 6–10 кВ к ПС посредством кабельной вставки, в месте присоединения кабеля к ВЛ следует устанавливать комплект РВ или ОПН. В этом случае заземляющий зажим разрядника, металлические оболочки кабеля, а также корпус кабельной муфты необходимо соединять между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим разрядника следует соединять с заземлителем с помощью отдельного спуска.

10.5.2.21 На ВЛ с деревянными опорами на расстоянии от 200 до 300 м от конца кабеля следует устанавливать комплект аппаратов защиты. При длине кабельной вставки более 50 м установка РВ или ОПН на ПС не требуется. Значения сопротивления заземления аппаратов защиты не должны превышать значений, указанных в 10.5.2.16.

10.5.2.22 Аппараты защиты (ОПН, РДИ, РВ или РТ) необходимо устанавливать на ВЛ с ослабленной изоляцией в следующих местах:

- на единичных железобетонных опорах ВЛ 6–10 кВ с деревянными опорами;
- на опорах, ограничивающих пролеты пересечений ВЛ;
- на опорах с кабельными муфтами.

10.5.2.23 Сопротивление заземления деревянных опор ВЛ, на которых установлены РТ, ОПН, и защитные промежутки следует принимать в соответствии с требованиями настоящих строительных норм.

10.5.2.24 Подходы ВЛ 6–10 кВ, магистрали которых выполнены в габаритах ВЛ 35 кВ, следует защищать от прямых ударов молнии с помощью тросовых молниеотводов.

10.6 Молниезащита электрических машин

10.6.1 Проектирование молниезащиты электрических машин (генераторов, синхронных компенсаторов и высоковольтных электродвигателей) необходимо осуществлять с учетом следующих особенностей:



- уровень электрической прочности изоляции для электрических машин значительно ниже, чем для другого оборудования;
- отсутствие специальных ОПН, обеспечивающих достаточно высокую надежность молниезащиты изоляции электрических машин от перенапряжений;
- в результате повреждения изоляции электрической машины, через место пробоя изоляции аварийный ток продолжает протекать за счет электродвижущей силы остаточного намагничивания даже после отключения электрической машины от сети;
- выход из строя электрических машин приводит к значительному экономическому ущербу.

10.6.2 Для молниезащиты электрических машин на подходах ВЛ необходимо предусматривать установку дополнительных ОПН, отводящих часть тока набегающих с ВЛ грозовых волн в землю и снижающих импульсное перенапряжение на электрической машине.

Для снижения крутизны фронта импульсов перенапряжений на зажимах электрической машины следует предусматривать:

- применение кабельных вставок на подходах ВЛ;
- параллельное подключение конденсаторов к зажимам электрической машины;
- установку фидерных реакторов;
- присоединение электрической машины к воздушной сети через трансформатор.

10.6.3 Схема молниезащиты электрических машин, подсоединенных к воздушной сети напрямую (без трансформатора), должна содержать следующие аппараты защиты: ОПН (или разрядник) и малоиндуктивный конденсатор на шинах; защищенный подход ВЛ; ОПН (или разрядник) на подходе ВЛ и кабельную вставку (дополнительный элемент молниезащиты).

С учетом требуемой надежности молниезащиты длина кабельной вставки должна составлять не менее 300 м, длина подхода ВЛ – не менее 100 м; значение применяемой защитной емкости должно быть 0,5 мкФ.

10.6.4 В случае присоединения мощных электрических машин к трансформатору токопроводами с экраном защиту от индуктированных перенапряжений не предусматривают. В случае присоединения электрической машины к трансформатору с использованием шинного моста или воздушной гибкой связи необходимо предусматривать защиту от индуктированных перенапряжений, возникающих при ударах молнии вблизи шинного моста, посредством установки конденсаторов емкостью от 0,1 до 0,5 мкФ.

10.6.5 Для защиты электрических машин от импульсных перенапряжений следует предусматривать соединение обмоток трансформатора по схеме $Y0 / \Delta$ и Y / Δ .

10.6.6 Для генераторов, электродвигателей и синхронных компенсаторов малой мощности применение промежуточного трансформатора между электрической машиной и воздушной сетью нецелесообразно по технико-экономическим причинам.

10.7 Заземление электроустановок напряжением 0,4 кВ

10.7.1 Для защиты изоляции электроустановок, размещаемых в зданиях, от прямых ударов молнии следует применять систему молниеотводов и систему заземления, для защиты от тока набегающих с ВЛ грозовых волн – предусматривать установку ОПН в соответствии с требованиями раздела 8.

10.7.2 На ПС следует проектировать систему заземления, исключая обратные перекрытия электрической изоляции и нежелательную работу релейной защиты при несоблюдении требований по электромагнитной совместимости согласно 10.8.4.2.

10.8 Заземление электроустановок напряжением 35–750 кВ

10.8.1 Общие требования

10.8.1.1 При проектировании ЗУ для защищаемого объекта следует определять удельное сопротивление грунта по данным вертикального электрического зондирования. В противном случае разрешается применять значения, приведенные в таблице 10.12.

Значение электрических параметров ЗУ следует выбирать в зависимости от значения удельного сопротивления грунта.

10.8.1.2 ЗУ электроустановок 110–750 кВ следует выполнять с соблюдением требований либо к их сопротивлению, либо к напряжению прикосновения. Сопротивление и напряжение ЗУ электроустановок должны соответствовать ТКП 339, напряжение прикосновения – ГОСТ 12.1.038.

Конструкция ЗУ при минимальных затратах на ее сооружение должна обеспечивать нормируемые значения электрических параметров ЗУ в течение нормативного срока службы электроустановки.

10.8.1.3 Для заземления оборудования разного класса напряжения, расположенного на территории одной электроустановки, следует проектировать одно общее ЗУ. На территории одной электроустановки не разрешается проектировать два ЗУ, не связанных между собой, даже если они выполняют разные функции заземления.

10.8.1.4 В качестве основных элементов ЗУ ПС и ОРУ следует предусматривать заземлитель и естественные заземлители, установленные в зоне расположения оборудования.

Для ПС заземлитель следует размещать в пределах внешнего ограждения ПС, при необходимости – расширять за пределы ограждения ПС.

В зоне расположения оборудования заземлитель следует выполнять в виде заземляющей сетки.

В случае расширения заземлителя за пределы зоны расположения оборудования, включая расширение за пределы ограждения, его внешняя часть должна быть выполнена в виде контура заземления с установкой заземляющих электродов.

10.8.1.5 В качестве естественных заземлителей необходимо использовать: заземленные тросы ВЛ, отходящие от электроустановки кабели с металлическими покровами (броней, экраном, оболочкой), металлические трубопроводы, не содержащие горючих газов или жидкостей.

10.8.1.6 ЗУ территориально разделенных ОРУ ПС различных классов напряжения следует соединять между собой горизонтальными заземлителями-связями. Количество заземлителей-связей следует выбирать с учетом значений протекающих между ОРУ различных классов напряжения токов ОКЗ, которые могут приводить к термическому повреждению протяженных проводящих коммуникаций, а также оказывать опасное влияние и мешающие влияния на устройства релейной защиты, противоаварийной автоматики и автоматизированных систем управления.

Количество заземлителей-связей необходимо определять расчетом на стадии проектирования, но при условии, что их количество должно быть не менее четырех.

Заземлители-связи следует прокладывать равномерно по длине соседних ОРУ, в том числе и по краям ОРУ.

10.8.1.7 Заземлитель электроустановок напряжением 35–750 кВ должен состоять из продольных и поперечных горизонтальных заземлителей, соединенных между собой в виде сетки. Продольные и поперечные горизонтальные заземлители, прокладываемые по периметру сетки, должны образовывать замкнутый контур. Продольные элементы сетки следует прокладывать вдоль осей оборудования, со стороны его обслуживания, на глубине от 0,5 до 0,7 м от поверхности земли и на расстоянии от 0,8 до 1 м от фундаментов оснований оборудования.



Таблица 10.12 – Значения удельного сопротивления грунта для различных регионов Республики Беларусь

Грунты	Значение удельного сопротивления грунта, Ом·м														
	рекомендуемое для расчета заземлителей							граничное							усредненное
	Мин-ская обл.	Брест-ская обл.	Витеб-ская обл.	Гомель-ская обл.	Грод-ненская обл.	Могил-евская обл.	Минская обл.	Брест-ская обл.	Витеб-ская обл.	Гомель-ская обл.	Грод-ненская обл.	Могил-евская обл.			
Глины твердые и полутвердые с примесью гравия, песка, известняка	110	130	145	120	120	115	70–150	80–180	100–190	90–150	70–170	70–160	125		
Глины мягкопластичные	100	85	105	105	110	100	70–140	60–110	60–150	70–140	70–150	60–140	105		
Торфы, насыщенные агрессивными водами	40	50	35	40	40	45	25–50	30–70	20–50	30–50	25–55	30–60	45		
Суглинки твердые и полутвердые	155	135	225	155	160	185	110–200	100–170	150–300	120–190	110–210	120–250	200		
Суглинки мягкопластичные	125	125	140	140	125	140	100–150	100–150	110–170	110–170	100–150	110–170	135		
Супеси твердые	265	225	245	280	260	265	210–320	200–250	210–280	210–350	210–310	210–320	275		
Супеси пластичные и текучие	155	160	175	160	160	160	120–190	130–190	150–200	120–200	120–200	130–190	160		
Супеси, насыщенные агрессивными водами	120	90	120	105	110	120	90–145	70–110	90–150	70–140	70–145	90–150	110		
Пески маловлажные	7000	5000	2800	3750	4500	4000	4000–10000	2000–8000	600–5000	500–6000	1000–8000	2000–6000	5300		
Пески влажные и пески, насыщенные водой	470	355	425	405	475	500	390–550	310–400	300–550	310–500	350–600	390–600	450		
Пески, насыщенные агрессивными водами	310	400	280	390	400	305	220–400	250–550	210–350	240–540	250–550	210–400	380		

10.8.1.8 При выполнении заземления ПС и ОРУ ЭС 110–750 кВ с соблюдением предельно допустимых значений напряжения прикосновения поперечные элементы заземляющей сетки разрешается прокладывать в любых удобных местах между оборудованием. При этом расстояние между ними не должно превышать 30 м.

При выполнении заземления ПС и ОРУ ЭС с соблюдением предельно допустимых значений сопротивления поперечные элементы заземляющей сетки следует прокладывать на глубине от 0,5 до 0,7 м от поверхности земли с учетом обеспечения равномерного распределения потенциала по территории с сеткой. С этой целью расстояние между ними необходимо увеличивать от периферии к центру сетки в последовательности, при которой первое и последующее расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4; 5; 6; 7,5; 11; 13,5; 16; 20 м.

При выполнении заземления ПС 35 кВ поперечные элементы заземляющей сетки необходимо прокладывать в удобных местах между оборудованием, при этом их количество должно быть не менее четырех, а расстояние между ними не должно превышать 20 м.

10.8.1.9 Контур заземления следует располагать в пределах внешнего ограждения ПС или за ограждением (с целью обеспечения нормируемых значений электрических параметров ЗУ).

Для ПС 35 кВ для контура заземления разрешается применять заземлитель из системы лучевых горизонтальных заземлителей с заземляющими электродами. По возможности лучевые заземлители следует прокладывать перпендикулярно друг другу, при этом их количество не должно превышать четырех.

С учетом максимальной глубины промерзания грунта, равной 1,8 м, и фактора эффективности работы заземляющих электродов как элементов ЗУ их длина должна быть не менее 5 м.

При соответствующем обосновании (например, стесненные условия) в качестве вертикальных заземлителей разрешается использовать глубинные заземлители с длиной, достигающей слоев грунта с низким удельным сопротивлением по отношению к верхним слоям грунта. При этом необходимо учитывать, что глубинный заземлитель недостаточно эффективен в качестве молниезащиты, т. к. не вся его длина участвует в защите объекта вследствие увеличения импульсного сопротивления.

Лучевые заземлители необходимо прокладывать в земле на глубине 0,5 м, при большей глубине прокладки снижается эффект уравнивания потенциалов молнии и увеличивается напряжение прикосновения.

10.8.1.10 Поперечное сечение заземляющих проводников необходимо выбирать исходя из требований к их механической прочности и термической стойкости, поперечное сечение заземляющих электродов – исходя из требований к их механической и коррозионной стойкости.

10.8.1.11 Коррозионное воздействие на стальные элементы ЗУ, находящиеся в земле, значительно, на оцинкованные и омедненные элементы ЗУ – незначительно, поэтому разрешается его не учитывать. Основным показателем, который необходимо учитывать при определении коррозионного воздействия на металлические элементы ЗУ, является удельное сопротивление грунта, в котором они расположены.

Коррозионная активность грунта в зависимости от удельного сопротивления грунта приведена в таблице 10.13.

Таблица 10.13 – Зависимость коррозионной активности грунта от удельного сопротивления грунта

Коррозионная активность грунта	Удельное сопротивление грунта ρ , Ом·м
Очень высокая	До 5
Высокая	От 5 до 10
Повышенная	От 10 до 20
Низкая	Более 100

Если минимально допустимые размеры поперечного сечения элементов ЗУ не определяют термической стойкостью (например, ЗУ отдельно стоящего молниеотвода), а определяют исходя из требований к их механической прочности, то размеры поперечного сечения в зависимости от агрессивности грунта принимают согласно таблицам 10.14 и 10.15.

10.8.1.12 Соединение частей заземлителя между собой, а также соединение заземлителей с заземляющими проводниками следует выполнять сваркой, присоединение заземляющих проводников к трубопроводам – сваркой или посредством хомутов. Присоединение с помощью хомутов следует производить только при невозможности выполнения присоединения сваркой.

Таблица 10.14 – Размеры поперечного сечения стальных вертикальных заземлителей в зависимости от коррозионной активности грунта

Коррозионная активность грунта к стали	Тип и диаметр заземлителя, мм	Размер заземлителя, допустимого к применению, мм
Очень высокая	Стальной круглый диаметром 16	–
Высокая		
Повышенная	Стальной круглый диаметром 12 – для мягких грунтов	Стальной уголок размерами 63 x 63 x 6
Средняя		
Низкая	Стальной круглый диаметром 16 – для грунтов средней твердости	Стальной уголок размерами 50 x 50 – для мягких грунтов; стальной уголок размерами 63 x 63 x 6 – для грунтов средней твердости

Таблица 10.15 – Размеры поперечного сечения стальных горизонтальных заземлителей и заземляющих проводников в зависимости от коррозионной активности грунта

Коррозионная активность грунта к стали	Тип и диаметр заземлителя, мм	Размер заземлителя, допустимого к применению, мм
Очень высокая	Стальной круглый диаметром 16	Стальная полоса размерами 20 x 10; 30 x 10; 40 x 10
Высокая	Стальной круглый диаметром 14	Стальная полоса размерами 20 x 8; 30 x 8; 40 x 8
Повышенная	Стальной круглый диаметром 12	Стальная полоса размерами 20 x 6; 30 x 6; 40 x 6
Средняя		
Низкая	Стальной круглый диаметром от 10 до 12	Стальная полоса размерами 20 x 4; 30 x 4; 40 x 4

Заземление опорной оцинкованной металлической конструкции аппарата следует выполнять путем соединения сваркой заземляющего проводника с поверхностью металлической конструкции. При невозможности присоединения заземляющего проводника сваркой следует использовать болтовое соединение. Для соединения необходимо использовать стальную полосу размерами не менее 40 x 4 мм.

Схемы заземления молниеотводов приведены на рисунках 10.5–10.7.

Размеры в метрах

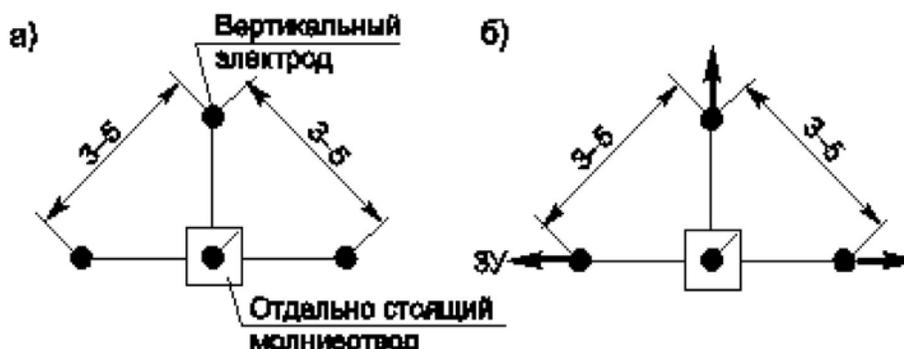


Рисунок 10.5 – Схемы заземления отдельно стоящего молниеотвода:
а – не присоединенного к 3У; б – присоединенного к 3У

Размеры в метрах

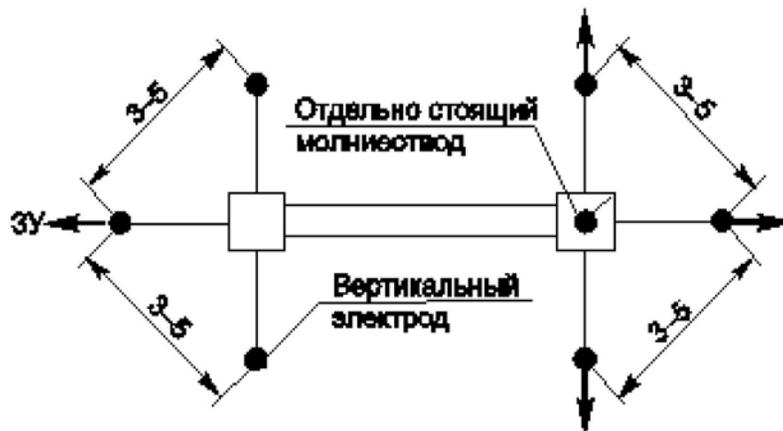


Рисунок 10.6 – Схема заземления молниеотвода, установленного на портале

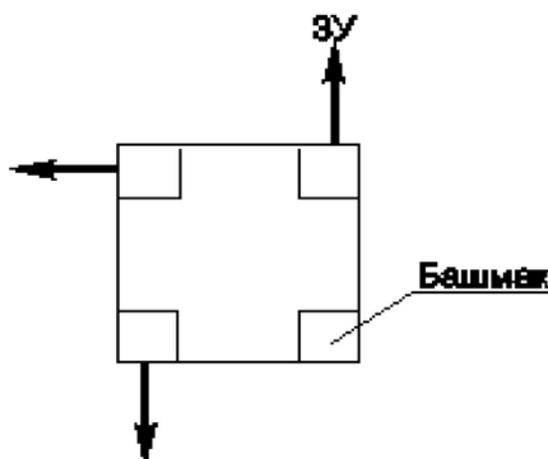


Рисунок 10.7 – Схема заземления стойки отдельно стоящего молниеотвода или стойки портала с установленным на нем молниеотводом, имеющей четыре фундамента

10.8.2 Молниезащита кабелей вблизи молниеотводов

10.8.2.1 В результате прямого удара молнии в молниеотвод в земле образуются две характерные зоны повышенного импульсного потенциала – искровая и стримерная.

Искровая зона является областью с высокой проводимостью и характеризуется повышенным потенциалом. Для средних по удельному сопротивлению грунтов и наиболее вероятных при ударах молнии в электроэнергетические объекты токов молнии радиус искровой зоны r_i составляет 2 м.

Стримерная зона характеризуется наличием проводящих стримеров (каналов), направленных во все стороны от искровой зоны. Радиус стримерной зоны r_c составляет 5 м.

Радиусы искровой и стримерной зон возрастают с увеличением импульсного потенциала заземления молниеотвода.

Прокладка кабелей в искровой и стримерной зоне разрешается только в стесненных условиях на расстоянии от заземлителя молниеотвода не менее 1 м и при применении защитных мероприятий согласно 10.8.2.3.

10.8.2.2 С целью снижения значения импульсного потенциала заземления молниеотвода от него в разных направлениях необходимо прокладывать лучевые горизонтальные заземлители (не менее чем по трем направлениям) для растекания импульсных токов. Для молниеотводов, установленных на порталах, лучевые горизонтальные заземлители следует присоединять к ЗУ.

Для отдельно стоящих молниеотводов в конце лучевых горизонтальных заземлителей необходимо устанавливать вертикальные заземлители. Длина лучевых горизонтальных заземлителей должна быть не менее 5 м.

10.8.2.3 Прокладка кабелей в искровой и стримерной зоне разрешается только в стесненных условиях в населенной местности.

Прокладку кабелей в искровой и стримерной зоне следует производить при выполнении следующих способов защиты:

- прокладка троса между молниеотводом и кабелем с целью перехвата тока молнии согласно 10.8.2.4;
- прокладка кабеля в стальной или полиэтиленовой трубе или покрытие его швеллером или стальным уголком по всей длине в обе стороны от опоры на расстояние не менее 5 м.

10.8.2.4 С целью перехвата тока молнии в земле между молниеотводом и кабелем необходимо прокладывать стальной проводник или трос (барьерный заземлитель), который по концам присоединяют к специально устраиваемым или существующим заземлителям.

Схема системы перехвата тока молнии показана на рисунке 10.8.

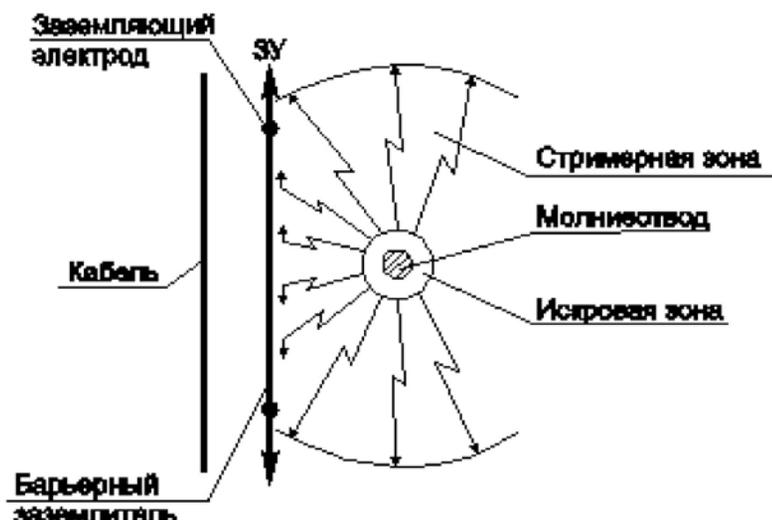


Рисунок 10.8 – Схема системы перехвата тока молнии

В стесненных условиях, когда систему перехвата тока молнии трудно выполнить, для защиты кабеля разрешается его прокладывать в изоляционных трубах или коробках, в этом случае длина изоляционной(-ого) трубы (короба) l_m , м, зависит от радиуса стримерной зоны r_c , м, и расстояния кабеля от молниеотвода d , м, и должна удовлетворять условию

$$l_m > 2 \cdot \sqrt{r_c^2 - d^2}. \quad (10.15)$$

Зависимость l_m от d для стримерной зоны радиусом $r_c \approx 5$ м показана на рисунке 10.9.

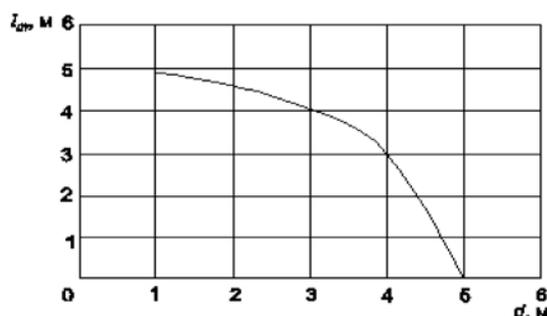


Рисунок 10.9 – Зависимость l_m от d для стримерной зоны радиусом $r_c \approx 5$ м

10.8.3 Защита вторичных цепей электрических подстанций

10.8.3.1 Источники импульсных помех, возникающие во вторичных электрических цепях, подразделяются на:

– внешние – вызванные коммутациями разъединителей и выключателей напряжением более 1 кВ, КЗ, замыканиями на землю, коммутациями в сети напряжением 0,4/0,23 кВ для собственных нужд, влиянием радиопередатчиков, перенапряжениями;

– внутренние – вызванные коммутациями контакторов, соленоидов и реле.

10.8.3.2 Электромагнитная связь вторичных электрических цепей с источниками импульсных помех подразделяется на:

– гальваническую – источник импульсных помех и электрическая цепь, подверженная влиянию, связаны общим сопротивлением (например, общим контуром заземления);

– индуктивную – вторичные электрические цепи находятся в магнитном поле токов источника импульсных помех;

– емкостную – вторичные электрические цепи находятся в электрическом поле зарядов источника импульсных помех.

10.8.3.3 Импульсные помехи, возникающие в результате перехода энергии от источника импульсных помех в электрическую цепь, подверженную влиянию, могут быть снижены путем:

– подавления импульсных помех в источнике импульсных помех;

– подавления импульсных помех в приемнике;

– уменьшения электромагнитной связи между источником импульсных помех и электрическими цепями, подверженными влиянию.

10.8.3.4 Подавление импульсных помех в источниках импульсных помех напряжением более 1 кВ не требуется. Для подавления импульсных помех во вторичных электрических цепях следует применять RC-цепочки, диоды, варисторы и другие элементы, подключаемые параллельно источникам импульсных помех.

Для подавления импульсных помех в приемнике следует применять входные фильтры для селекции полезного сигнала, диоды или варисторы, оптико-волоконные развязки, а также предусматривать снижение уровня импульсных помех, поступающих из сети электроснабжения, с помощью фильтров питания.

10.8.4 Электромагнитная совместимость электросетевых объектов

10.8.4.1 По условиям обеспечения электромагнитной совместимости и в зависимости от электромагнитной обстановки электросетевые объекты подразделяются на четыре класса жесткости.

10.8.4.2 Первый класс жесткости: легкая электромагнитная обстановка, при которой необходимо:

– осуществлять оптимизированные и скоординированные мероприятия по подавлению импульсных помех, защите от перенапряжений во всех электрических цепях;

– резервировать электроснабжение отдельных элементов устройств;

– прокладывать раздельно силовые и контрольные кабели;

– выполнять заземление, прокладку кабелей и электромагнитное экранирование в соответствии с требованиями по электромагнитной совместимости;

– поддерживать относительную влажность воздуха в определенных пределах;

– принимать специальные меры по предотвращению разрядов статического электричества.

10.8.4.3 Второй класс жесткости: электромагнитная обстановка средней тяжести, при которой необходимо:

– электрические цепи управления частично оборудовать помехозащитными устройствами и УЗИП;

– электроснабжение устройств АСДУ осуществлять от сетевых стабилизаторов напряжения;

– ЗУ выполнять в соответствии с требованиями ТНПА;

– токовые контуры разделять гальванически;

– относительную влажность воздуха поддерживать в определенных пределах;

– применять специальные меры по предотвращению разрядов статического электричества;

– исключать применение радиопереговорных устройств и передатчиков.

Установку силовых выключателей, устройств для отключения конденсаторов и катушек индуктивности разрешается не предусматривать.

10.8.4.4 Третий класс жесткости: жесткая электромагнитная обстановка, при которой соблюдают следующие требования:

– защиту от перенапряжений в электрических цепях управления не предусматривают;

– следует предусматривать заземление;



- силовые, контрольные кабели и кабели коммутационных цепей, контрольные кабели линий передачи данных, сигнализации, управления следует разделять;
- относительную влажность воздуха поддерживать в определенных пределах;
- применять специальные меры по предотвращению разрядов статического электричества;
- следует ограничивать применение переносных радиопереговорных устройств (установкой определенного расстояния до приборов).

10.8.4.5 Четвертый класс жесткости: крайне жесткая электромагнитная обстановка, при которой соблюдают следующие требования:

- защиту от перенапряжений в электрических цепях управления и силовых контурах не предусматривают;
- в аппаратах, в которых возможно повторное зажигание дуги, следует устанавливать коммутационные устройства;
- выполнение заземления не нормируют;
- разделение силовых, контрольных кабелей и кабелей коммутационных цепей не предусматривают;
- не нормируют относительную влажность воздуха;
- не принимают меры по предотвращению разрядов статического электричества;
- мощные радиопередатчики и дуговые технологические устройства разрешается устанавливать в непосредственной близости от электросетевых объектов.

10.8.4.6 Характерными источниками электромагнитных воздействий в нормальных и аварийных режимах, которые могут оказывать влияние на АСДУ на электросетевом объекте, являются:

- напряжения и токи промышленной частоты при КЗ и двойных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью в РУ более 1 кВ;
- импульсный ток при ударе молнии;
- электромагнитное поле радиочастотного диапазона;
- разряд статического электричества;
- магнитное поле промышленной частоты;
- импульсное магнитное поле;
- помехи в электрических цепях устройств АСДУ постоянного и переменного тока.

Дополнительными источниками электромагнитных воздействий, которые могут вызвать сбои в работе АСДУ на электросетевом объекте, являются следующие виды вспомогательного оборудования: мощные преобразователи, сварочные аппараты, осветительные приборы, мощные тяговые механизмы, бытовые электрические приборы.

10.8.4.7 При проектировании нового электросетевого объекта уровни электромагнитных воздействий определяют расчетным путем. При технической модернизации электросетевого объекта данные получают расчетно-экспериментальным путем.

По результатам классификации электромагнитной обстановки по видам воздействий устанавливают степень жесткости испытаний устройств АСДУ, при этом класс электромагнитной обстановки и номер степени жесткости испытаний должны совпадать.

Характеристики условий эксплуатации электросетевых объектов для определения класса электромагнитной обстановки приведены в таблице 10.16.

10.8.4.8 При определении класса жесткости для электросетевых объектов необходимо проводить следующие испытания на устойчивость:

- к воздействию динамических изменений напряжения электроснабжения;
- к воздействию микросекундных импульсных помех большой энергии;
- к воздействию колебательных затухающих помех;
- к воздействию наносекундных помех;
- к магнитному полю промышленной частоты.

10.8.5 Схемы заземления контрольных жил и экранов кабелей

10.8.5.1 Заземление контрольных жил и экранов кабелей необходимо осуществлять в соответствии со схемами, приведенными на рисунке 10.10.

10.8.5.2 При заземлении по схеме а) сигнальные цепи следует заземлять на одном конце во избежание появления помех промышленной частоты, а экран кабеля – на обоих концах для оптимального снижения высокочастотных помех.

Данную схему следует использовать для подключения оборудования на РУ (сигнал 4, таблица 10.17) и для подключения кабелей с сигналами управления или цифровыми сигналами среднего уровня на ЭС (сигнал 3, таблица 10.17).

Данную схему заземления не применяют для подключения кабелей с чувствительными сигналами низкого уровня (сигнал 2б, таблица 10.17) в асимметричных (несимметричных) электрических цепях и для высокоскоростных цифровых электрических цепей (сигнал 1а, таблица 10.17).

10.8.5.3 При заземлении по схеме б) сигнальные цепи и экраны кабеля следует заземлять на обоих концах. Данную схему заземления преимущественно применяют для высокочастотных электрических цепей (сигнал 1, таблица 10.17).

Таблица 10.16 – Характеристики условий эксплуатации электросетевых объектов в зависимости от класса электромагнитной обстановки

Характеристики условий эксплуатации электросетевых объектов для класса электромагнитной обстановки				
1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс	5-й класс
1	2	3	4	5
Система электроснабжения				
Электронные устройства подключены к защищенной системе электроснабжения, к которой не подключается другое оборудование, или к автономной системе электроснабжения (система бесперебойного питания, преобразователь мощности)	Порты электроснабжения ТС, установленных на энергетических предприятиях и ЭС, развязаны от силовых электрических сетей с использованием специальных трансформаторов развязки, защитных устройств и т. д.	Порты электроснабжения защищенного электронного оборудования и менее чувствительных электротехнических устройств подключены непосредственно к электрическим сетям ЭС и энергетических предприятий	Электронные устройства и другое оборудование (в том числе энергетическое), имеющие общую систему электроснабжения	–
Система заземления				
ТС подсоединены к специально сконструированной системе заземления, на которую не оказывают существенного влияния силовые установки, коммутации и разряды молнии	ТС подключены с использованием разрядных шин к системе заземления силовых энергетических установок, в которой могут возникнуть напряжения помех, создаваемые как коммутациями, так и разрядами молнии	ТС имеют общую систему заземления с силовыми энергетическими установками, подверженную воздействию помех относительно высокой амплитуды, создаваемых энергетическими установками и разрядами молнии В системе заземления используются проводящие каналы, заземляющие проводники в кабельных лотках (соединенные с системой заземления) и контур заземления	ТС имеют общую систему заземления с энергетическими установками, подверженную значительным воздействиям помех высокой амплитуды, создаваемых энергетическими установками и разрядами молнии	Электронные устройства не имеют распределенной системы заземления
Средства защиты кабеля				
Все входящие в здание кабели обеспечены средствами защиты от перенапряжений и устройствами помехоподавления	Имеется ограниченное количество не защищенных от перенапряжений соединительных кабелей Частичное помехоподавление в целях си-	Отсутствуют устройства помехоподавления в цепях силового электроснабжения и управления, содержащих индуктивные нагрузки, которые переключаются только	Все кабели и линии обеспечены средствами защиты от перенапряжений (первичная защита) Отсутствуют устройства помехоподавле-	Не принимаются меры по снижению помех



1	2	3	4	5
Кабели электроснабжения с экранами, заземленными на обоих концах, и фильтрацией подаваемого электроснабжения	лового электроснабжения и управления, которые переключаются только с помощью реле (без контакторов) Порты электроснабжения и ввода-вывода ТС подключены к экранированным кабелям	с помощью реле (без контакторов) Порты электроснабжения и ввода-вывода ТС подключены к неэкранированным кабелям	ния в цепях силового электроснабжения и управления, содержащих индуктивные нагрузки, которые переключаются с помощью реле и контакторов Порты электроснабжения и ввода-вывода ТС подключены к неэкранированным кабелям, проложенным на открытой местности	
Кабели силового электроснабжения (переменного и постоянного тока) и управляющие и измерительные цепи разделены	Неэкранированные кабели силового электроснабжения (переменного и постоянного тока) и управляющие и измерительные цепи разделены Порты ввода-вывода ТС подключены к кабелям, проложенным параллельно кабелям электроснабжения, соответствующим рассматриваемому классу электромагнитной обстановки	Силовые и сигнальные кабели не разнесены Соединительные кабели разрешается частично прокладывать вне помещения, на открытой местности с применением экранирующих конструкций (например, металлических кожухов) и вблизи шин	Силовые и сигнальные кабели не разнесены Отсутствует разделение цепей, связанных с более жестким классом электромагнитной обстановки от других электрических цепей Соединительные кабели проложены вне помещений	
Порты ввода-вывода ТС подключены к кабелям, проложенным параллельно кабелям электроснабжения, соответствующим рассматриваемому классу электромагнитной обстановки и не выходящим за пределы помещения управления	Порты ввода-вывода ТС подключены к кабелям, соединенным с оборудованием, расположенным в помещениях управления и залах релейной защиты Подключенные к ТС кабели отделены от кабелей, подключенных к электро-механическим реле, контакторам или другим устройствам, генерирующим пере-напряжения, с прокладкой указанных кабелей в отдельных траншеях, лотках, трубах	Порты ввода-вывода ТС подключены к кабелям, проложенным параллельно кабелям электроснабжения, соответствующим рассматриваемому классу электромагнитной обстановки Порты ввода-вывода ТС подключены к кабелям, не являющимся частью системы кабелей, подключенных к контакторам или другим устройствам, генерирующим импульсные помехи, с прокладкой указанных кабелей в общих траншеях, лотках, трубах и т. д.	Применяются многопроводные кабели, являющиеся общими для электронного оборудования и устройств, генерирующих импульсные помехи	

1	2	3	4	5
Уровни возможных помех				
Уровень возможных коммутационных помех ограничивается помехоподавляющими устройствами	Операции переключения и разряды молнии могут создавать в системе заземления напряжения помех с невысокой амплитудой	Операции переключения и разряды молнии могут создавать в системе заземления напряжения помех с относительно высокой амплитудой	Операции переключения и разряды молнии могут создавать в системе заземления напряжения помех со значительно высокой амплитудой Меры по снижению помех не принимаются	Перенапряжения, вызванные КЗ (сила тока до 10 кА) и разрядами молнии (сила тока до 10 кА), могут быть экстремально высокими в случае, если не применены средства защиты
Примеры помещений				
Компьютерные залы	Помещения для средств измерения, контроля и управления на промышленном или энергетическом предприятии	Помещения релейной защиты на ПС высокого напряжения	Помещения с установленным силовым техническим или коммутационным оборудованием	Обстановка на ОРУ ПС высокого напряжения

10.8.5.4 При заземлении по схеме в), используемом для электрических цепей дистанционного управления, экран кабеля следует заземлять на обоих концах для обеспечения экранирования от продольных помех.

В результате заземления снижаются низкочастотные помехи при обеспечении значений продольного сопротивления проводников (с учетом обратного провода в земле), превышающих значения сопротивления нагрузки. В связи с тем, что активная составляющая данного сопротивления, как правило, очень мала, увеличивается только индуктивная составляющая (например, посредством надетого на проводник кольца из магнитного материала). Данную схему заземления применяют для исключения помех во всем диапазоне частот.

10.8.5.5 Заземление по схемам г) и д) применяют для передачи сигналов низкого уровня (сигнал 2а, таблица 10.17) при наличии низкочастотных помех.

Заземление по схеме д) при незаземленном корпусе оборудования обеспечивает повышение помехозащищенности, но не обеспечивает соблюдения требований по технике безопасности.

10.8.5.6 Заземление по схеме е) применяют для ослабления механизма связи между токами низкой и высокой частоты посредством применения конденсаторов, позволяющих снижать высокочастотные помехи за счет двойного заземления без появления противофазных низкочастотных помех вследствие несимметричности электрической цепи.

10.8.5.7 Заземление по схеме ж) объединяет в себе достоинства схем а) и г), обеспечивая хорошую защиту от помех во всем диапазоне частот.

Данную схему заземления используют для передачи низкочастотных сигналов низкого уровня (сигнал 2б, таблица 10.17).

10.8.5.8 Заземление по схеме з) предполагает применение коаксиального кабеля с заземлением его на обоих концах.

Данную схему заземления используют для передачи высокочастотных сигналов оборудованию, не подверженному воздействию низко- и высокочастотных помех, в частности радиооборудованию, работающему в диапазоне СВЧ.

10.8.5.9 По схеме и) коаксиальный кабель заземляют на одном конце.

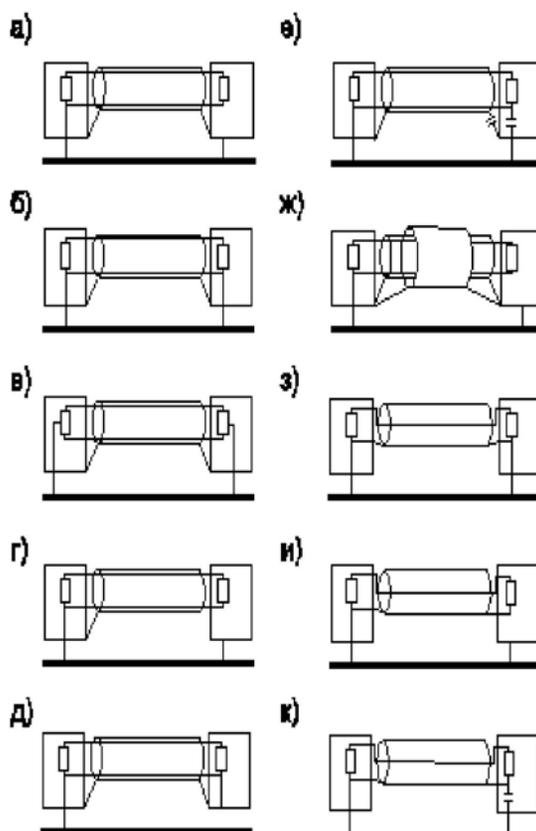
Данную схему заземления используют в местах, где токи низкочастотных помех по внешнему проводнику могут влиять на полезный сигнал.

10.8.5.10 Заземление по схеме к), подобно заземлению по схеме е), применяют для обеспечения хорошего экранирования кабелей от высокочастотных помех.

10.8.5.11 Классификация типовых сигналов в порядке уменьшения чувствительности к внешним помехам приведена в таблице 10.17.

Таблица 10.17 – Классификация типовых сигналов в порядке уменьшения чувствительности к внешним помехам

Вид сигнала	Значение уровня сигнала	Значение частоты сигнала
1а Цифровой высокоскоростной сигнал низкого уровня (например, RS-422/V11, G703)	От 0,1 до 5 В	Более 20 кГц
1б Широкополосный аналоговый сигнал (например, от измерителей потока нейтронов)	От 10 мкВ до 1 В	Менее 10 МГц
2а Цифровой низкоскоростной сигнал низкого уровня (например, от импульсных генераторов для измерений скорости или положения RS-232/V28)	Менее 20 В	Менее 20 кГц
2б Аналоговый низкочастотный сигнал низкого уровня (например, от датчиков измерения температуры или вибрации)	Менее 1 В	Менее 1 кГц
3а Дискретные сигналы среднего уровня (например, сигналы управления или указания)	Более 10 В	Менее 100 Гц
3б Аналоговые сигналы среднего уровня (например, от датчиков технологического контроля)	От 1 до 10 В От 4 до 20 мА	Менее 100 Гц
4а Дискретные сигналы высокого уровня (например, сигналы управления выключателями и разъединителями)	Более 50 В	Менее 100 Гц
4б Аналоговые сигналы высокого уровня от трансформатора тока и напряжения	Более 10 В Более 20 мА	Менее 1 Гц


Рисунок 10.10 – Схемы заземления контрольных жил и экранов кабелей

10.8.6 Проверка на соответствие требованиям электромагнитной совместимости

10.8.6.1 При диагностике состояния ЗУ необходимо производить проверку на соответствие требованиям электромагнитной совместимости, исходя из требований, приведенных ниже.

10.8.6.2 Потенциал ЗУ при КЗ не должен превышать допустимого значения.

10.8.6.3 Разность потенциалов между распределительным щитом и местом КЗ не должна превышать полученного в результате испытания значения для изоляции контрольных кабелей вторичной коммутации.

10.8.6.4 Уровни импульсных помех, связанных с подъемом потенциала при коммутациях силового оборудования и ударах молнии, не должны превышать допустимых для аппаратуры значений.

10.8.6.5 Токопроводящие части силового оборудования, оборудования помещений релейных щитов, щитов управления и оборудования помещений (зданий) связи, а также кабельные лотки и каналы из токопроводящих материалов на обоих концах и при пересечении с другими металлическими элементами следует присоединять к системе уравнивания потенциалов.

Проводники системы уравнивания потенциалов должны быть проложены по кратчайшему пути.

Не допускается последовательное соединение различного оборудования с системой уравнивания потенциалов.

Все проводники системы уравнивания потенциалов следует соединять в местах их взаимного пересечения.

10.8.6.6 В зданиях с электронной и микропроцессорной аппаратурой шины необходимо прокладывать вдоль стен помещений в виде замкнутой петли и соединять с ЗУ не менее чем двумя проводниками того же сечения, расположенными на максимальном расстоянии друг от друга. В зависимости от способа присоединения к шине оборудования, аппаратуры и других металлических конструкций, требующих заземления, данную шину следует прокладывать закрытым способом в стенах, полу помещения или по поверхности стен.

10.8.6.7 Присоединение экранов кабелей следует выполнять к шине либо к корпусам металлических шкафов в точке ввода кабелей. Длина проводника, соединяющего экран и корпус оборудования, должна быть минимальной.

Экран или трубу, используемые в качестве экрана, следует заземлять по всему их периметру.

Сечение проводников для заземления экрана должно быть не менее сечения экрана.

10.8.6.8 Концы заземляющих проводников следует присоединять к чистой металлической поверхности, поверхность контактов – покрывать защитным покрытием, предотвращающим коррозию. Запрещается применение разнородных материалов для заземления аппаратов или внутренних систем к ЗУ.

10.8.6.9 Кабельный лоток следует устраивать в виде единой металлической конструкции, с обеспечением непрерывности металлических соединений. Места стыка отдельных частей лотка необходимо соединять по периметру с помощью сварки.

10.8.6.10 Для заземления ЗРУ в качестве элементов заземляющей сетки в пределах здания следует использовать металлические конструкции оборудования и элементы кабельных конструкций. Дополнительные элементы заземляющей сетки в виде горизонтальных заземлителей следует прокладывать в бетонном полу только со стороны обслуживания оборудования, расположенного на первом этаже здания.

10.8.6.11 Заземление оборудования, расположенного в здании на этажах выше первого, следует осуществлять посредством магистралей заземления, прокладываемых по поверхностям внутренних стен здания. Концы магистралей заземления необходимо присоединять к ЗУ с помощью вертикальных спусков, которые одновременно не должны быть использованы для заземления устройств молниезащиты здания.

Предусматривать уравнивание потенциалов РУ на втором этаже здания и выше не требуется.

10.8.6.12 Заземление оборудования комплектных РУ с элегазовой изоляцией следует производить путем присоединения точек заземления к металлическим рамным конструкциям, на которые устанавливают ячейки комплектных распределительных устройств электрогазовой изоляции. Рамные конструкции следует присоединять к заземляющей сетке, уложенной в бетонном полу под рамными конструкциями и присоединенной к ЗУ электроустановки.

10.9 Заземление электроустановок напряжением 6–10 кВ

10.9.1 Взаимное влияние заземлителей друг на друга оценивают коэффициентом использования заземлителя η , определяемым по формуле

$$\eta = \frac{R_0}{R_3} \cdot n, \quad (10.16)$$

где R_0 – сопротивление отдельного заземлителя, Ом;

n – количество заземлителей;



R_3 – сопротивление заземлителей в целом (сопротивление заземления), Ом; определяют по формуле

$$R_3 = \frac{R_0}{\eta} \cdot n . \quad (10.17)$$

Значения коэффициента η приведены в таблице 10.18.

Таблица 10.18 – Значение коэффициента использования вертикальных заземлителей (заземляющих электродов), размещенных в ряд без учета влияния полосы связи

a / l*	Количество электродов, шт.	Коэффициент использования η
1	2	0,84–0,87
	5	0,67–0,72
	15	0,51–0,56
2	2	0,90–0,92
	5	0,79–0,83
	15	0,66–0,73
3	2	0,93–0,95
	5	0,85–0,88
	15	0,76–0,8

* Отношение расстояния между заземляющими электродами a к их длине l .

10.9.2 Сопротивление вертикального заземлителя R_v , Ом, определяют по формуле

$$R_v = \frac{0,366\rho}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right) , \quad (10.18)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

l – длина вертикального заземлителя, м;

d – диаметр вертикального заземлителя, м;

t – глубина заложения вертикального заземлителя, равная расстоянию от поверхности земли до середины заземлителя, м.

10.9.3 Сопротивление горизонтального заземлителя R_r , Ом, определяют по формуле

$$R_r = \frac{0,366\rho}{l} \cdot \lg \frac{l^2}{dt} , \quad (10.19)$$

где l – длина горизонтального заземлителя, м;

d – диаметр горизонтального заземлителя, м;

t – глубина заложения горизонтального заземлителя, м.

Значения коэффициента использования для полос, параллельно уложенных на глубину от 0,3 до 0,8 м, приведены в таблице 10.19.

Таблица 10.19 – Значения коэффициента использования для параллельно уложенных полос

Длина каждой полосы, м	Количество параллельно уложенных полос	Коэффициент использования для полос при расстоянии между ними, м		
		1	5	15
15	10	0,25	0,49	0,72
	2	0,55	0,75	0,85

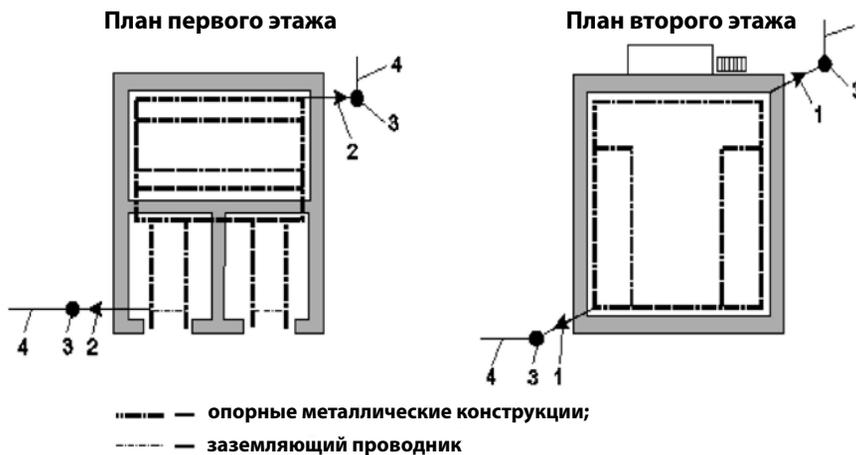
10.9.4 Расстояние между вертикальными заземлителями, исходя из эффективного использования металла, должно быть не менее чем в 2 раза больше их длины. Для лучевого заземлителя лучи следует располагать под равными углами от центра и их количество должно быть не более четырех.

Заземляющий электрод, забитый на расстоянии не более 3 м от железобетонной стойки опоры, не снижает сопротивления заземления.

10.9.5 При сооружении ЗУ ТП в первую очередь следует выполнять обязательный (совмещенный) заземлитель. Данный заземлитель ТП типов КТП и МТП должен состоять из контура заземления, проложенного вокруг площадки, на которой размещается оборудование ТП, на расстоянии от 0,8 до 1,0 м от оборудования, и из горизонтальных связей со всеми концевыми опорами ВЛ 10/0,4 кВ. Кроме того, в двух углах контура заземления ТП типа КТП со стороны разъединителя следует устанавливать по одному вертикальному заземлителю длиной каждого 2,5 м для уравнивания потенциалов молнии на поверхности земли возле разъединителя и снижения импульсного сопротивления заземления.

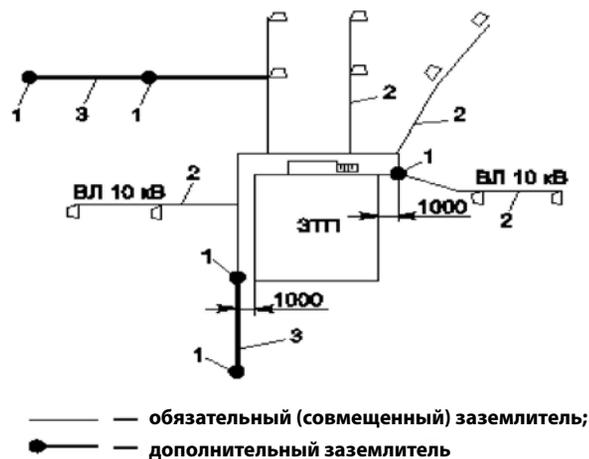
Контур заземления следует укладывать на глубину от 0,3 до 0,5 м. При расположении заземлителя на глубине от 0,1 до 0,2 м эффект уравнивания потенциалов на поверхности земли достаточно высок.

10.9.6 ЗУ ЗТП должно состоять из внутреннего и наружного заземлителей (рисунки 10.11 и 10.12). Внутри здания для магистрали заземления следует использовать все опорные металлические конструкции.



1 – спуск от молниеприемника (стальной круглый проводник диаметром 6 мм); 2 – связь с наружным заземлением; 3 – вертикальный заземлитель (стальной круглый электрод диаметром 10 мм, длиной 2,5 м); 4 – наружный заземлитель

Рисунок 10.11 – Схемы заземления внутри ЗТП



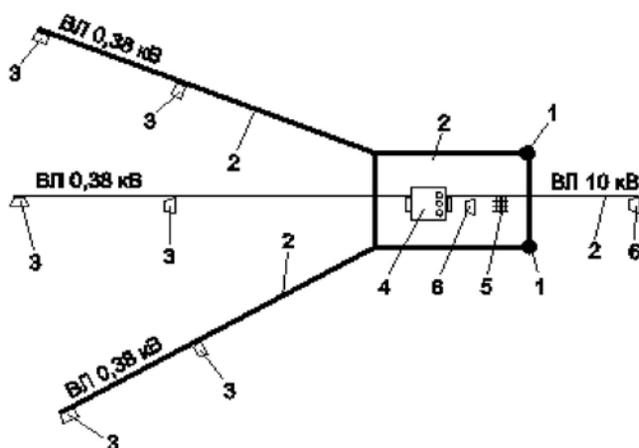
1 – вертикальный заземлитель; 2 – горизонтальный заземлитель (обязательный); 3 – горизонтальный заземлитель (дополнительный)

Рисунок 10.12 – Схема заземления снаружи ЗТП

10.9.7 Наружный заземлитель ЗТП следует выполнять аналогично обязательному заземлителю МТП. Кроме того, в обязательный заземлитель должны входить два вертикальных заземлителя длиной каждого 2,5 м, устраиваемые на расстоянии 1 м от стены здания у спусков от молниеприемника для снижения импульсного сопротивления заземления.

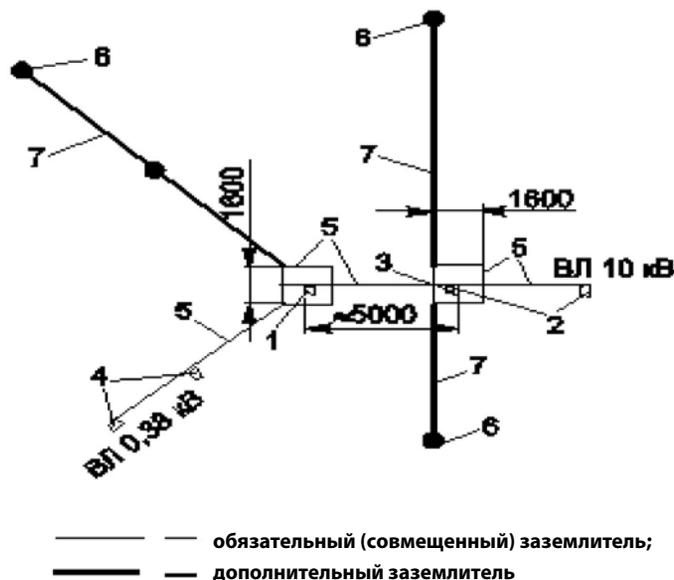
Связь внутреннего и наружного заземлителей следует осуществлять в двух местах с противоположных сторон здания ЗТП.

10.9.8 Схемы заземления опор ВЛ показаны на рисунках 10.13–10.15.



1 – вертикальный заземлитель; 2 – горизонтальный заземлитель (обязательный) с глубиной укладки 0,5 м;
3 – концевая опора ВЛ 0,38 кВ; 4 – трансформатор; 5 – разъединитель; 6 – концевая опора ВЛ 10 кВ

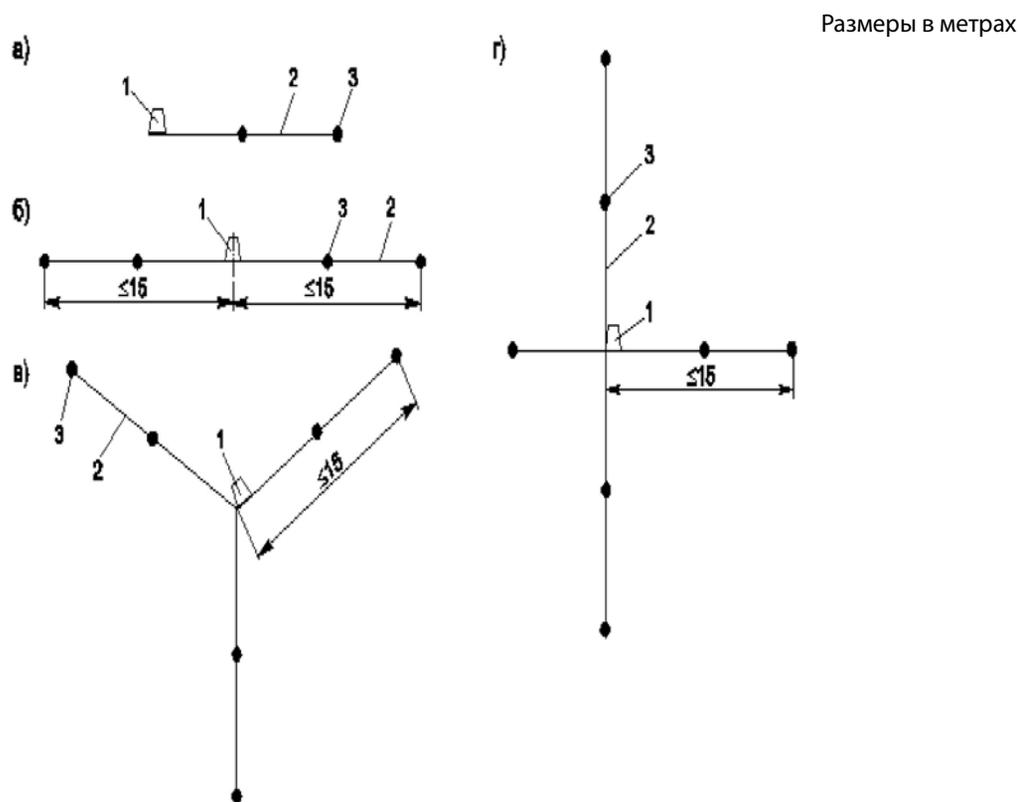
Рисунок 10.13 – Схема заземления КТП 10/0,4 кВ при трех отходящих ВЛ 0,38 кВ



— — обязательный (совмещенный) заземлитель;
— — дополнительный заземлитель

1 – стойка МТП 10/0,4 кВ; 2 – концевая опора ВЛ 10 кВ; 3 – привод разъединителя; 4 – концевая опора ВЛ 0,38 кВ;
5 – горизонтальный заземлитель (обязательный) с глубиной укладки 0,5 м; 6 – вертикальный заземлитель;
7 – горизонтальный заземлитель

Рисунок 10.14 – Схема заземления МТП 10/0,4 кВ



1 – стойка опоры; 2 – горизонтальный заземлитель; 3 – вертикальный заземлитель

Рисунок 10.15 – Схемы рационального расположения заземлителей опор ВЛ:
а – однолучевая; б – двухлучевая; в – трехлучевая; г – четырехлучевая

10.9.9 На целостность конструкции заземления оборудования влияют недокументированные отклонения от проекта при выполнении заземления, коррозия металла в процессе эксплуатации защищаемого объекта, повреждения части заземлителей защищаемого объекта в случае некачественного выполнения электромонтажных работ (например, некачественных сварочных работ), повреждения части заземлителей при ремонтных работах, реконструкции отдельных ячеек РУ и т. п.

10.9.10 Оценку целостности конструкции заземления оборудования следует производить по сопротивлению основания оборудования растеканию тока, которое характеризует качество заземления оборудования с ЗУ объекта (ПС или ОРУ ЭС).

Измерение сопротивления основания оборудования растеканию тока необходимо производить путем имитации ОКЗ при пониженном напряжении. В качестве источника пониженного напряжения целесообразно использовать ТСН. Имитируемый ток ОКЗ следует вводить в заземляющий проводник оборудования без его разрыва и определять потенциал заземления оборудования.

10.9.11 Оценку целостности конструкции заземления оборудования также следует производить по базовому значению сопротивления конструкции заземления R_{ϕ} , Ом, характеризующему качество заземления оборудования с ЗУ, которое определяют по формуле

$$R_{\phi} = \frac{\sum_{n=1}^N R_{xn}}{N}, \quad (10.20)$$

где N – количество точек измерения;

n – текущий индекс суммирования, соответствующий точке измерения;

R_{xn} – сопротивление заземления фундамента в точке n , Ом.

10.9.12 Оценку целостности конструкции заземления устанавливают по значению коэффициента достаточности заземления оборудования K_d , который определяют в зависимости от R_6 и измеренного сопротивления заземления фундамента R_x по формуле

$$K_d = \frac{R_x}{R_6} \leq 1,5. \quad (10.21)$$

10.9.13 Базовое значение сопротивления заземления всего оборудования на энергетическом объекте R_6 характеризует степень приближения значения сопротивления заземления оборудования к требуемому значению сопротивления заземления оборудования. Отклонение значения сопротивления заземления оборудования от значения R_6 в сторону увеличения указывает на то, что целостность конструкции заземления нарушена и требуется ее срочная реконструкция.

10.9.14 Сопротивление заземления фундамента R_x , Ом, в зависимости от измеренного потенциала заземления U_x и тока I_x оборудования определяют по формуле

$$R_x = \frac{U_x}{I_x}. \quad (10.22)$$

Значения U_x и I_x измеряют при имитации ОКЗ при пониженном напряжении. При этом в качестве источника пониженного напряжения следует использовать ТСН.

10.9.15 Имитацию ОКЗ осуществляют с помощью электронного коммутатора, включаемого в электрическую цепь «ТСН – заземляющий проводник» с добавочным сопротивлением R_d (ограничивающим ток), который коммутирует ток I_x . Потенциал заземления U_x измеряют импульсным вольтметром (V).

Схема измерения параметров U_x , I_x приведена на рисунке 10.16.

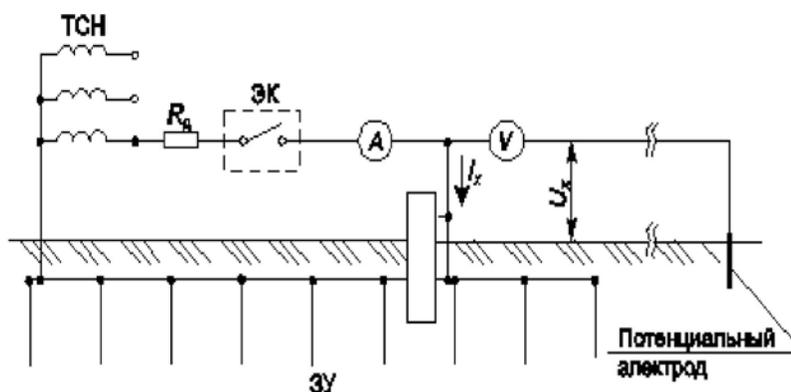


Рисунок 10.16 – Схема измерения параметров U_x и I_x

Приложение А

Оценка среднегодового количества опасных случаев N

А.1 Общие положения

Среднегодовое количество опасных случаев N, возникающих в результате ударов молнии, определяют в зависимости от грозовой активности в районе размещения защищаемого объекта и от физических характеристик данного объекта.

Количество опасных случаев N определяют умножением ежегодного количества ударов молнии на 1 км² земли (плотность ударов молнии в землю) N_g на эквивалентный участок сбора данных защищаемого объекта с учетом поправочных коэффициентов для физических характеристик данного объекта.

Значение N_g может быть определено по местоположению разрядов молнии в землю для многих районов. В районах с умеренным климатом N_g определяют по формуле

$$N_g \approx 0,1T_d \quad (\text{A.1})$$

где T_d – количество грозовых дней в году; определяют по карте, приведенной на рисунке А.1.

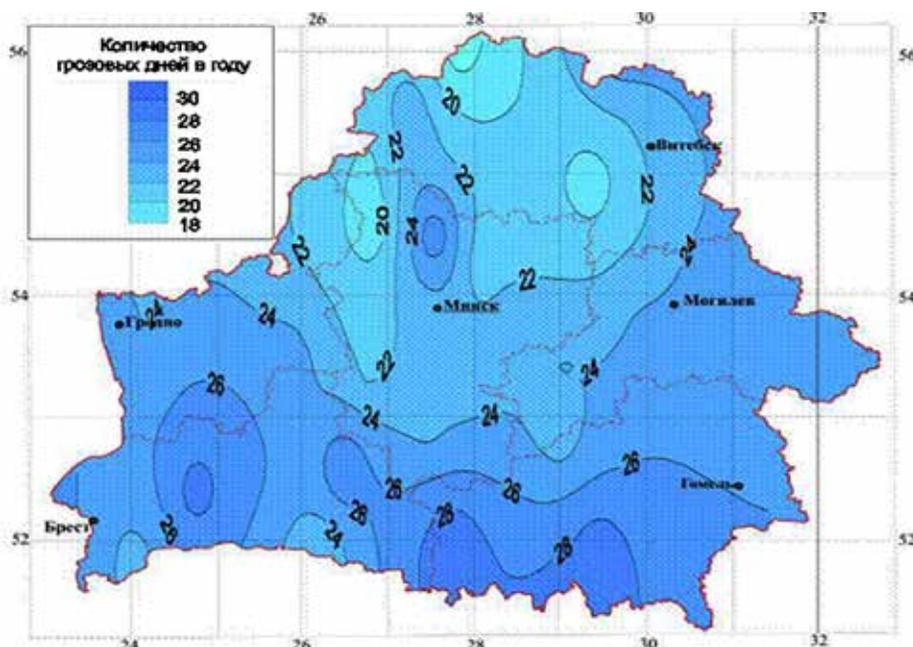


Рисунок А.1 – Карта количества грозовых дней в году

Для защищаемого здания следует рассматривать как опасные случаи, возникающие в результате удара молнии:

- в здание;
- вблизи здания;
- в систему энергоснабжения, входящую в здание;
- вблизи системы энергоснабжения, входящей в здание;
- в здание, к которому подсоединена система энергоснабжения.

Для защищаемой системы энергоснабжения следует рассматривать как опасные случаи, возникающие в результате удара молнии:

- в систему энергоснабжения;
- вблизи системы энергоснабжения;
- в здание, к которому подсоединена система энергоснабжения.

А.2 Оценка среднегодового количества N_D опасных случаев, возникающих в результате удара молнии в здание

А.2.1 Определение площади участка сбора данных A_d

Для изолированных зданий, находящихся на плоской поверхности земли, участок сбора данных представляет собой зону, образуемую пересечением поверхности земли с прямой линией с уклоном 1:3, которая проходит по касательной от верхних выступающих элементов здания по окружности, согласно рисунку А.2. Площадь участка сбора данных A_d может быть определена графическим или математическим методом.

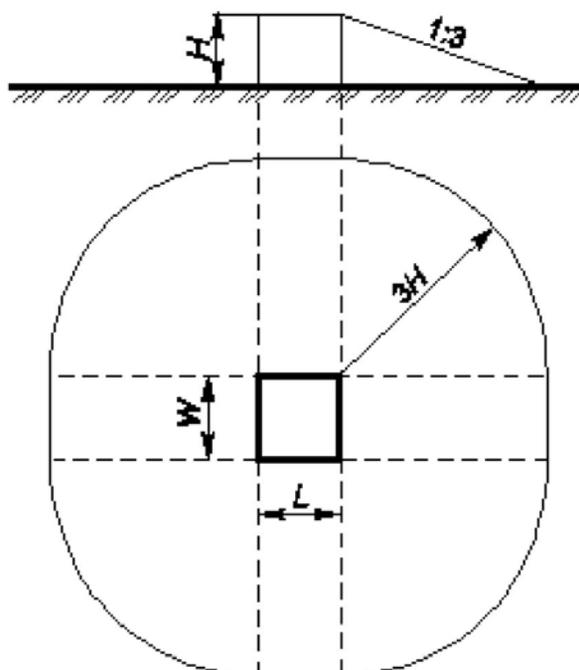


Рисунок А.2 – Схема участка сбора данных для изолированного здания

А.2.1.1 Определение A_d для здания прямоугольной формы

Для изолированного здания прямоугольной формы длиной L , м, шириной W , м, и высотой H , м, находящегося на плоской поверхности земли (см. рисунок А.2), площадь участка сбора данных A_d , м², определяют по формуле

$$A_d = LW + 6H \cdot (L + W) + 9\pi \cdot (H)^2. \quad (\text{А.2})$$

А.2.1.2 Определение A_d для здания сложной конфигурации

Если здание имеет сложную конфигурацию, например крышу с выступающими элементами согласно рисунку А.3, то используют графический метод определения A_d согласно рисунку А.4. При этом площадь участка сбора данных A_d равна сумме площади $A_{d,\min}$, определенной по формуле А.2 при минимальной высоте здания, и площади с учетом выступающих элементов крыши A_d' , м², определяемой по формуле

$$A_d' = 9\pi \cdot (H_p)^2, \quad (\text{А.3})$$

где H_p – высота с учетом выступающих элементов крыши, м.

Размеры в метрах

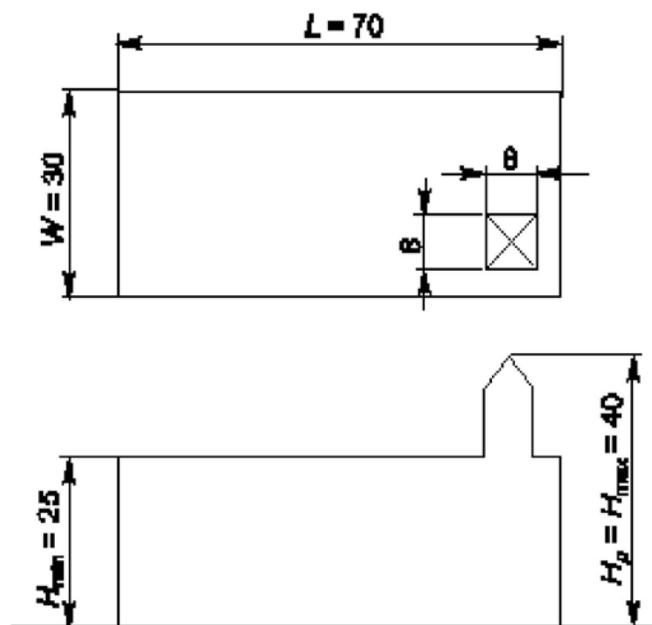


Рисунок А.3 – Пример здания сложной конфигурации

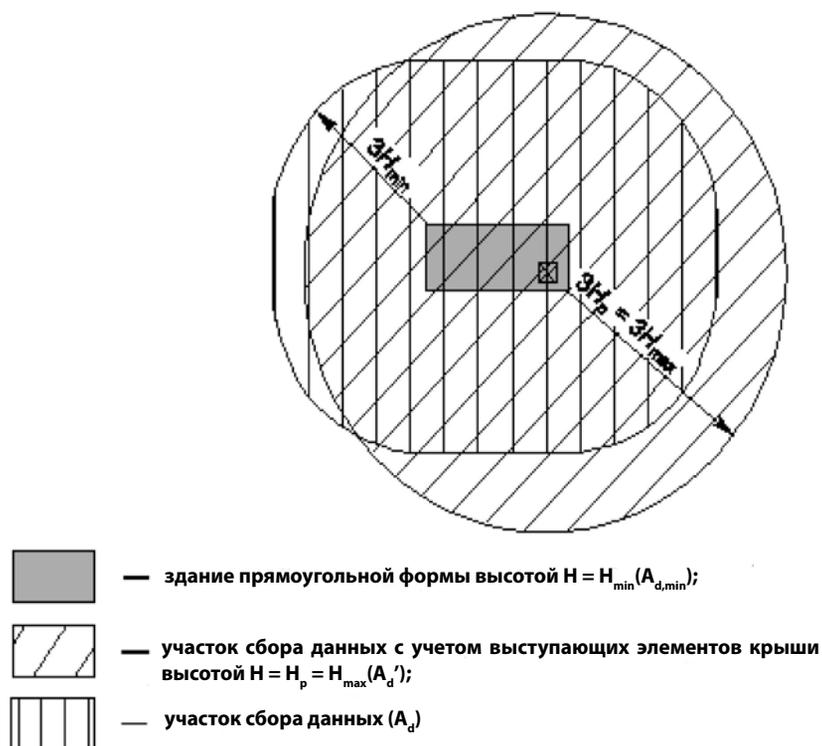


Рисунок А.4 – Схема определения участка сбора данных для здания сложной конфигурации

А.2.1.3 Определение A_d для части здания

Если рассматриваемая конструкция S согласно рисунку А.5 является частью здания B , размеры конструкции S могут быть использованы для определения A_d при выполнении следующих условий:

- конструкция S является отдельной вертикальной частью здания B ;
 - здание B не подвергается опасности возникновения взрыва;
 - распространение огня между конструкцией S и другими частями здания B предотвращается за счет применения стен с пределом огнестойкости 120 мин (REI 120) или других равноценных средств молниезащиты;
 - распространение перенапряжений вдоль линий электропередачи (при их наличии) предотвращается за счет УЗИП, установленных в точке ввода данных линий в здание, или других равноценных мер молниезащиты.
- В случае невыполнения данных условий необходимо использовать размеры всего здания B .

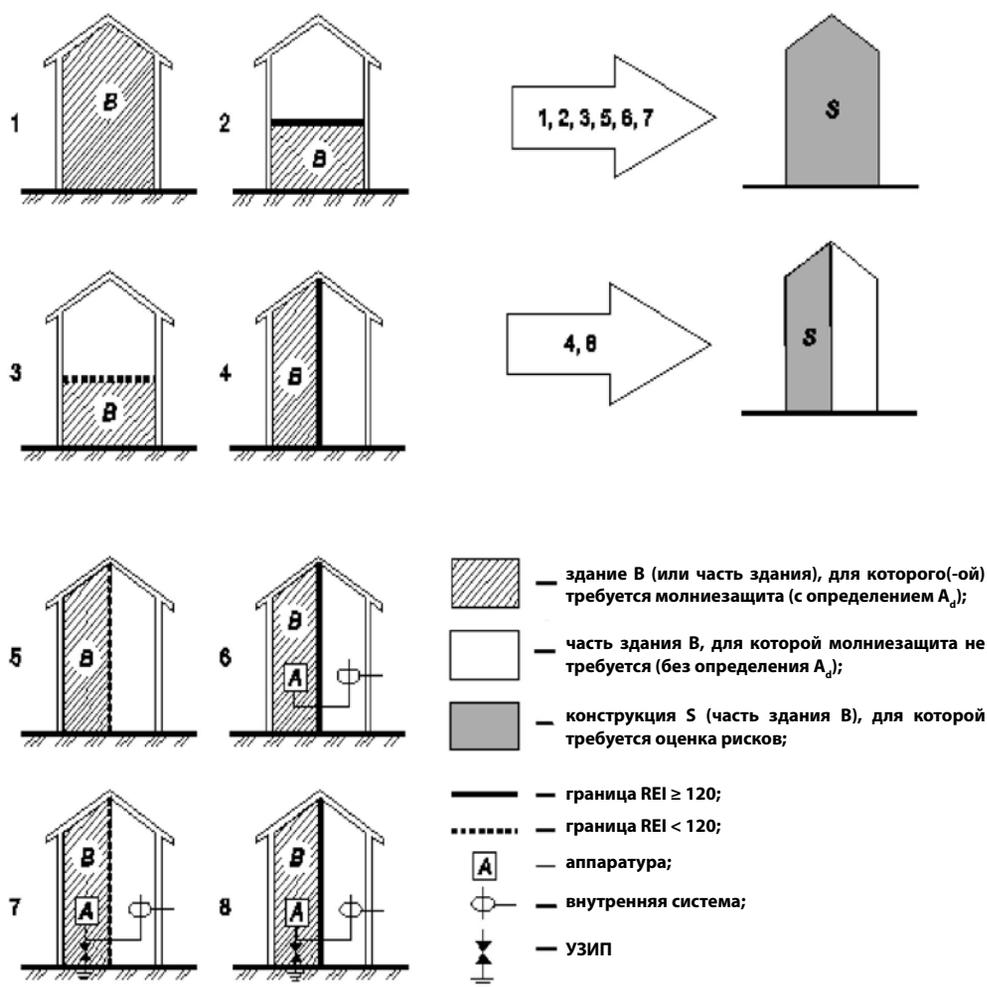


Рисунок А.5 – Схемы определения участка сбора данных для части здания

А.2.2 Определение относительного местоположения здания

Для оценки количества опасных случаев N следует учитывать местоположение здания, определяемое относительно окружающих объектов или выступающих элементов, используя коэффициент влияния местоположения C_d согласно таблице А.1.

Таблица А.1 – Значение коэффициента влияния местоположения здания C_d

Местоположение здания	C_d
Здание, окруженное более высокими объектами или деревьями	0,25
Здание, окруженное объектами или деревьями такой же высоты или более низкими	0,5
Изолированное здание (отсутствуют объекты поблизости от него)	1
Изолированное здание, находящееся на вершине холма или возвышенности	2

А.2.3 Количество опасных случаев для здания (конец в системы энергоснабжения)

Среднегодовое количество опасных случаев N_D определяют по формуле

$$N_D = N_g A_{d/b} C_{d/b} 10^{-6}, \quad (\text{A.4})$$

где N_g – плотность ударов молнии в землю, 1 / (км² · год);

$A_{d/b}$ – площадь участка сбора данных для изолированного здания, м²; определяют по формуле (А.2);

$C_{d/b}$ – коэффициент влияния местоположения здания; принимают по таблице А.1.

А.2.4 Количество опасных случаев N_{Da} для прилегающего здания (конец а системы энергоснабжения)

Среднегодовое количество опасных случаев N_{Da} определяют по формуле

$$N_{Da} = N_g A_{d/a} C_{d/a} C_t 10^{-6}, \quad (\text{A.5})$$

где $A_{d/a}$ – площадь участка сбора данных для изолированного прилегающего здания, м²; определяют по формуле (А.2);

$C_{d/a}$ – коэффициент влияния местоположения прилегающего здания; принимают по таблице А.2;

C_t – поправочный коэффициент, учитывающий влияние высоковольтного (низковольтного) трансформатора, применяемого в системе энергоснабжения здания и расположенного между точкой удара молнии и зданием; принимают по таблице А.2. Коэффициент C_t применяют к участкам линии электропередачи, расположенным от трансформатора до здания.

Таблица А.2 – Значение коэффициента влияния трансформатора C_t

Вид линии электропередачи	C_t
Высоковольтные линии электропередачи (с высоковольтными и низковольтными трансформаторами)	0,2
Низковольтные линии электропередачи, телекоммуникационные линии, линии передачи данных	1

А.3 Оценка среднегодового количества опасных случаев, возникающих в результате удара молнии вблизи здания, N_M

Среднегодовое количество опасных случаев N_M определяют по формуле

$$N_M = N_g \cdot (A_m - A_{d/b} C_{d/b}) \cdot 10^{-6}, \quad (\text{A.6})$$

где A_m – площадь участка сбора данных о молнии, ударяющей вблизи здания, м², проходящего вдоль линии электропередачи, расположенной на расстоянии 250 м от периметра здания; определяют согласно рисунку А.6.

Если $N_M < 0$, то при оценке принимают $N_M = 0$.

Размеры в метрах

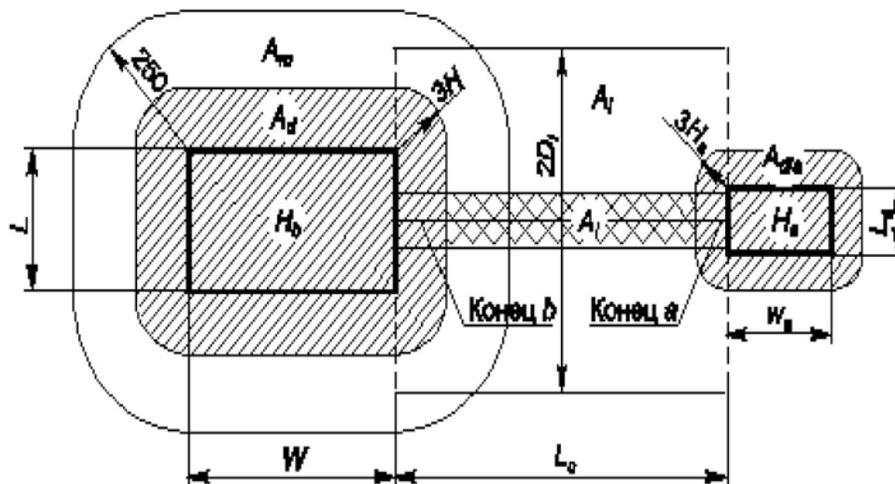


Рисунок А.6 – Схема определения площадей участков сбора данных A_d , A_m , A_i , A_b

А.4 Оценка среднегодового количества опасных случаев, возникающих в результате удара молнии в систему энергоснабжения, N_L

Для системы энергоснабжения, состоящей из одного участка, среднегодовое количество опасных случаев N_L определяют по формуле

$$N_L = N_g A_i C_d C_t 10^{-6}, \quad (A.7)$$

где A_i – площадь участка сбора данных о молнии, ударяющей в систему энергоснабжения, m^2 ; определяют согласно таблице А.3 и рисунку А.6.

Защищаемое здание следует рассматривать как здание, подсоединенное на конце б к системе энергоснабжения (см. рисунок А.6).

Таблица А.3 – Формулы для определения площади участков сбора данных A_i и A_i^* в зависимости от характеристик системы энергоснабжения

Участок сбора данных	Формулы для определения площади участка сбора данных для системы энергоснабжения	
	надземной	подземной
A_i	$(L_c - 3 \cdot (H_a + H_b)) \cdot 6H_c$	$(L_c - 3 \cdot (H_a + H_b)) \cdot \sqrt{\rho}$
A_i^*	$1000L_c$	$25L_c \cdot \sqrt{\rho}$

* Участок сбора данных A_i системы энергоснабжения определяют его длиной L_c и горизонтальной дальностью D_i (см. рисунок А.6), на которой удар молнии вблизи системы энергоснабжения может вызвать индуцированные перенапряжения не ниже 1,5 кВ.

Примечание – Обозначения, принятые в таблице:
 A_i – площадь участка сбора данных о молнии, ударяющей в землю вблизи системы энергоснабжения, m^2 , (см. рисунок А.6);
 H_c – высота проводника системы энергоснабжения над землей, м;
 L_c – длина участка системы энергоснабжения от здания до первого соединительного узла, м; если L_c не известно, то принимают равным 1000 м;
 H_a – высота здания, подсоединенного на конце а к системе энергоснабжения, м;
 H_b – высота здания, подсоединенного на конце б к системе энергоснабжения, м;
 ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м; если ρ не известно, то принимают равным 500 Ом·м.

А.5 Оценка среднегодового количества опасных случаев, возникающих в результате удара молнии вблизи системы энергоснабжения, N_I

Для системы энергоснабжения (надземной, подземной, экранированной, неэкранированной и т. д.), состоящей из одного участка, среднегодовое количество опасных случаев N_I определяют по формуле

$$N_I = N_g A_I C_e C_f 10^{-6}, \quad (\text{A.8})$$

где A_I – площадь участка сбора данных о молнии, ударяющей в землю вблизи системы энергоснабжения, м²; определяют согласно таблице А.3 и рисунку А.6;

C_e – коэффициент влияния окружающей среды; принимают по таблице А.4.

Таблица А.4 – Значение коэффициента влияния окружающей среды C_e

Окружающая среда	C_e
Городская местность с высокими зданиями ¹⁾	0
Городская местность ²⁾	0,1
Местность в пригородных районах ³⁾	0,5
Сельская местность	1
¹⁾ Высота здания – более 20 м.	
²⁾ Высота здания – от 10 до 20 м.	
³⁾ Высота здания – менее 10 м.	

Приложение Б**Оценка вероятностей причинения вреда в результате удара молнии Р****Б.1 Общие положения**

Вероятности причинения вреда, приведенные в настоящем приложении, будут обоснованными в случае, если меры молниезащиты соответствуют требованиям настоящих строительных норм.

Значения вероятностей $P < 1$ могут быть выбраны в том случае, если принятые меры молниезащиты или характеристики являются обоснованными для всего защищаемого здания или зоны здания Z_s , а также для оборудования.

Б.2 Вероятность поражения людей электрическим током в результате удара молнии в здание P_A

Значения вероятности P_A поражения людей электрическим током вследствие воздействия напряжения прикосновения и шагового напряжения в результате удара молнии в здание в зависимости от мер молниезащиты приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Значения вероятности P_A

Мера молниезащиты	P_A
Не применяется	1
Электрическая изоляция (например, изоляция из сшитого полиэтилена толщиной не менее 3 мм) выступающих частей (например, токоотвода)	10^{-2}
Уравнивание потенциалов молнии (заземление)	10^{-2}
Предупредительные надписи	10^{-1}
<i>Примечание – При соблюдении нескольких мер молниезащиты значение P_A является произведением соответствующих значений P_A.</i>	

**Б.3 Вероятность физического повреждения в результате удара молнии в здание P_B**

Значения вероятности P_B физического повреждения в результате удара молнии в здание в зависимости от уровня молниезащиты приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Значения вероятности P_B

Характеристика здания	Уровень молниезащиты	P_B
Здание, не оснащенное СМЗ	–	1
Здание, оснащенное СМЗ	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Здание с токоотводами, расположенными согласно I уровню молниезащиты, или со сплошной металлической или железобетонной структурой, действующей как естественные элементы СМЗ		0,01
Здание с металлической крышей или токоотводами, по возможности включающими некоторые естественные элементы СМЗ, при полной защите всех частей крыши от прямого удара молнии		0,001
<i>Примечание – Применение значений P_B отличных от указанных в настоящей таблице, предусматривают на основании результатов испытаний, не противоречащих требованиям настоящих строительных норм.</i>		

Б.4 Вероятность физического повреждения внутренних систем в результате удара молнии в здание P_C

Значение вероятности P_C физического повреждения внутренних систем в результате удара молнии в здание зависит от применения для молниезащиты соответствующих УЗИП: $P_C = P_{SPD}$.

Значения вероятности P_{SPD} следует принимать в зависимости от уровня молниезащиты, для обеспечения которого устанавливают УЗИП, согласно таблице Б.3.

Таблица Б.3 – Значения вероятности P_{SPD} в зависимости от уровня молниезащиты

Уровень молниезащиты	P_{SPD}
Скоординированная защита (с помощью УЗИП) отсутствует	1
III, IV	0,03
II	0,02
I	0,01
<i>Примечания</i>	
<i>1 Применение УЗИП эффективно для снижения значения вероятности P_C только в зданиях, защищенных внешней СМЗ или имеющих сплошные металлические или железобетонные структуры, которые действуют как естественные элементы СМЗ. При этом соединения и заземление должны соответствовать требованиям настоящих строительных норм.</i>	
<i>2 Для экранированных внутренних систем, соединенных с внешними линиями коммуникаций, состоящими из кабелей, специально защищенных от молнии, или кабелей, проложенных в металлическом кабельном канале, металлических проводников или труб, специально защищенных от молнии, подсоединенных к главной шине, отсутствует необходимость в применении УЗИП для снижения вероятности P_C при условии, что значение индуктированного перенапряжения U_I более значения импульсного выдерживаемого напряжения U_W внутренних систем ($U_I > U_W$).</i>	

Б.5 Вероятность физического повреждения внутренних систем в результате удара молнии вблизи здания P_M

Значения вероятности P_M физического повреждения внутренних систем в результате удара молнии вблизи здания зависят от принятых мер молниезащиты с учетом коэффициента, определяющего технические характеристики принятых мер молниезащиты, K_{MS} .

В случае если защита с применением УЗИП не обеспечена или не отвечает требованиям настоящих строительных норм, значение $P_M = P_{MS}$.

При обеспечении защиты с применением УЗИП значение P_M определяют по формуле

$$P_M = P_{SPD} \cdot P_{MS} \quad (\text{Б.1})$$

Значения P_{MS} в зависимости от коэффициента K_{MS} принимают согласно таблице Б.4.

Таблица Б.4 – Значения вероятности P_{MS} в зависимости от коэффициента K_{MS}

K_{MS}	P_{MS}
0,4 и более	1
0,15	0,9
0,07	0,5
0,035	0,1
0,021	0,01
0,016	0,005
0,015	0,003
0,014	0,001
0,013 и менее	0,0001

Примечание – K_{MS} должно быть не более 1.

Для внутренних систем с оборудованием, не обладающим уровнем сопротивления и устойчивости к напряжениям, установленным в соответствующих стандартах, P_{MS} следует принимать равным 1.

Значение коэффициента K_{MS} определяют по формуле

$$K_{MS} = K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4} \quad (\text{Б.2})$$

где K_{S1} – коэффициент, учитывающий эффективность экранирования здания, СМЗ или другие электромагнитные экраны на границе ЗМЗ 0/1;

K_{S2} – коэффициент, учитывающий эффективность электромагнитных экранов внутри здания на границе ЗМЗ X/Y ($X > 0, Y > 1$);

K_{S3} – коэффициент, учитывающий тип внутренней электропроводки; принимают по таблице Б.5;

K_{S4} – коэффициент, учитывающий импульсное перенапряжение защищаемой внутренней системы; определяют по формуле (Б.4).

Таблица Б.5 – Значения коэффициента K_{S3} в зависимости от типа внутренней электропроводки

Тип внутренней электропроводки		K_{S3}
Неэкранированные кабели	Отсутствуют меры предосторожности в отношении разводки, чтобы избежать петель проводников ¹⁾	1
	Принимаются меры предосторожности в отношении разводки, чтобы избежать больших петель проводников ²⁾	0,2
	Принимаются меры предосторожности в отношении разводки, чтобы избежать петель проводников ³⁾	0,02
Экранированные кабели и кабели, проложенные в металлическом кабельном канале ⁴⁾		0,001

¹⁾ Петли проводников в больших зданиях (при участке петли площадью 50 м²).
²⁾ Петли проводников, проложенных в общем кабельном канале, или петли проводников в небольших зданиях (при участке петли площадью 10 м²).
³⁾ Петли проводников, проложенных в общем кабельном канале (при участке петли площадью 0,5 м²).
⁴⁾ Экраны кабелей и металлические кабельные каналы, а также проводники соединены с шиной уравнивания потенциалов на обоих концах; оборудование также соединено с данной шиной.

Внутри ЗМЗ на безопасном расстоянии от электромагнитного экрана на границе ЗМЗ, как правило, равном ширине ячейки w , коэффициенты K_{S1} и K_{S2} для СМЗ или электромагнитного экрана сетчатого типа определяют по условию

$$K_{S1} + K_{S2} = 0,12w, \quad (Б.3)$$

где w – ширина ячейки электромагнитного экрана сетчатого типа (или токоотводов) либо пространство между металлическими колоннами здания или между железобетонной конструкцией, действующие как естественные элементы СМЗ, м.

Для электромагнитных экранов толщиной от 0,1 до 0,5 мм $K_{S1} = K_{S2} = 10^{-4} - 10^{-5}$, для кирпичных или бетонных конструкций $K_{S1} = 1$.

При прокладке электрических проводов в сплошном металлическом трубопроводе, соединенном с шинами уравнивания потенциалов на обоих концах, значения K_{S3} умножают на 0,1.

Коэффициент K_{S4} определяют по формуле

$$K_{S4} = \frac{1,5}{U_w} \quad (Б.4)$$

где U_w – импульсное выдерживаемое напряжение защищаемой внутренней системы, кВ.

При наличии оборудования с различными значениями импульсного выдерживаемого напряжения для внутренней системы K_{S4} принимают как для самого низкого значения импульсного выдерживаемого напряжения.

Б.6 Вероятность поражения людей электрическим током в результате удара молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание, P_U

Значения вероятности P_U поражения людей электрическим током в результате удара молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание, зависят от характеристик экранирования коммуникаций, импульсного выдерживаемого напряжения защищаемых внутренних систем, связанных с коммуникациями, принятых мер молниезащиты согласно таблице Б.1 и наличия УЗИП, установленных на вводе системы энергоснабжения в здание.

Примечание – В данном случае применение УЗИП для снижения P_U не предусматривают.

Если меры молниезащиты согласно таблице Б.1 не принимают, то значение P_U должно соответствовать значению вероятности повреждения внутренних систем в результате удара молнии в подсоединенную систему энергоснабжения P_{LD} , принимаемому согласно таблице Б.6.

Если УЗИП установлены, то значение P_U будет равно меньшему из значений P_{SPD} (см. таблицу Б.3) и P_{LD} .

Таблица Б.6 – Значения вероятности P_{LD} в зависимости от сопротивления экрана кабеля R_S и импульсного выдерживаемого напряжения оборудования U_w

U_w , кВ	Значение P_{LD} при R_S , Ом/км		
	св. 5 до 20 включ.	св. 1 до 5 включ.	до 1 включ.
1,5	1	0,8	0,4
2,5	0,95	0,6	0,2
4	0,9	0,3	0,04
6	0,8	0,1	0,02

Для неэкранированной системы энергоснабжения принимают $P_{LD} = 1$.

Если обеспечены меры молниезащиты согласно таблице Б.1, то вероятность P_U уменьшают умножением на значения вероятности P_A , приведенные в таблице Б.1.

Б.7 Вероятность физического повреждения в результате удара молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание, P_V

Значения вероятности P_V физического повреждения, возникающего в результате удара молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание, зависят от характеристик экранирования коммуникаций, импульсного выдерживаемого напряжения внутренних систем, связанных с коммуникациями, и наличия УЗИП, установленных на вводе системы энергоснабжения в здание.

Примечание – В данном случае применение УЗИП для снижения P_V не предусматривают.

Если УЗИП не установлены, то значения P_V должны соответствовать значениям P_{LD} , указанным в таблице Б.6. Если УЗИП установлены, то значение P_V должно быть равно меньшему из значений P_{SPD} (см. таблицу Б.3) и P_{LD} .

Б.8 Вероятность повреждения внутренних систем в результате удара молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание, P_W

Значения вероятности P_W повреждения внутренних систем в результате удара молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание, зависят от характеристик экранирования коммуникаций, импульсного выдерживаемого напряжения внутренних систем, связанных с коммуникациями, и наличия УЗИП, установленных на вводе системы энергоснабжения в здание.

Если УЗИП не установлены, то значения P_W должны соответствовать значениям P_{LD} , указанным в таблице Б.6. Если УЗИП установлены, то значение P_W должно быть равно меньшему из значений P_{SPD} (см. таблицу Б.3) и P_{LD} .

Б.9 Вероятность повреждения внутренних систем в результате удара молнии вблизи системы энергоснабжения, входящей в здание, P_Z

Значения вероятности P_Z повреждения внутренних систем в результате удара молнии вблизи системы энергоснабжения, входящей в здание, зависят от характеристик экранирования коммуникаций, импульсного выдерживаемого напряжения внутренних систем, связанных с коммуникациями, и наличия УЗИП, установленных на вводе системы энергоснабжения в здание.

Если УЗИП не установлены, то значение P_Z должно соответствовать значению вероятности повреждения внутренних систем в результате удара молнии в подсоединенную систему энергоснабжения P_{LI} , указанному в таблице Б.7.

Если УЗИП установлены, то значение P_Z должно быть равно меньшему из значений P_{SPD} (см. таблицу Б.3) и P_{LI} .

Таблица Б.7 – Значения вероятности P_{LI} в зависимости от сопротивления экрана кабеля R_s и импульсного выдерживаемого напряжения оборудования U_w

U_w , кВ	Экран отсутствует	Значение P_{LI}			
		Экран не соединен с шиной уравнивания потенциалов, к которой подключено оборудование	Экран соединен с шиной уравнивания потенциалов, к которой подключено оборудование, при R_s , Ом/км		
			св. 5 до 20 включ.	св. 1 до 5 включ.	до 1 включ.
1,5	1	0,5	0,15	0,04	0,02
2,5	0,4	0,2	0,06	0,02	0,008
4	0,2	0,1	0,03	0,008	0,004
6	0,1	0,05	0,02	0,004	0,002

Приложение В

Оценка ущерба L

В.1 Среднегодовой относительный объем ущерба

Оценку ущерба L должен производить проектировщик (владелец здания) расчетом, приведенным в настоящем приложении и установленным Международной электротехнической комиссией.

Оценку ущерба L следует производить по среднегодовому объему конкретного типа ущерба в зависимости от характера повреждения в результате удара молнии и ее вторичных воздействий.

Оценку ущерба L производят в зависимости от следующих условий:

- количество людей и продолжительность их нахождения в опасном месте;
- тип и назначение услуг, предлагаемых населению;
- стоимость поврежденного имущества.

Ущерб L рассматривают в зависимости от типов ущерба (L1–L4), которые зависят от типа повреждения, при этом принимают следующие обозначения:

L_t – поражение людей электрическим током вследствие воздействия напряжения прикосновения и шагового напряжения;

L_f – физическое повреждение вследствие опасного искрения, возникающего внутри здания;

L_o – повреждение внутренних систем.

В.2 Гибель или увечья людей

Определяют значения L_v , L_f и L_o в зависимости от вероятного ущерба L, выраженного количеством жертв, рассчитываемого по формуле

$$L = (n_p / n_t) \cdot (t_p / 8760), \quad (\text{В.1})$$

где n_p – количество людей, подвергающихся вероятной опасности (жертв);

n_t – предполагаемое общее количество людей, находящихся в здании;

t_p – продолжительность нахождения людей в опасном месте за пределами здания (L_t) либо внутри здания (L_v , L_f и L_o), ч/год.

Если значения n_p , n_t и t_p невозможно или затруднительно точно определить, то применяют типовые средние значения L_v , L_f и L_o для типов зданий, приведенные в таблицах В.1–В.3.

Таблица В.1 – Типовые средние значения L_t

Тип здания	L_t
Все типы (люди находятся внутри здания)	10^{-4}
Все типы (люди находятся за пределами здания)	10^{-2}

Таблица В.2 – Типовые средние значения L_f

Тип здания	L_f
Больницы, гостиницы, жилые здания	10^{-1}
Промышленные, коммерческие здания, школы	$5 \cdot 10^{-2}$
Здания для массового отдыха, церкви, музеи	$2 \cdot 10^{-2}$
Другие типы	10^{-2}

Таблица В.3 – Типовые средние значения L_o

Тип здания	L_o
Здание с опасностью возникновения взрыва ¹⁾	10^{-1}
Больницы	10^{-3}
Другие типы	0

¹⁾ Необходимо более точное определение значений L_p , L_o с учетом технологических особенностей здания, опасности возникновения взрыва, наличия опасных зон и применяемых мер по снижению риска.

Определение ущерба, связанного с гибелью или увечьем людей, следует производить с учетом характеристики здания, используя коэффициенты h_z , r_a , r_u , r_p , r_f по следующим формулам:

$$L_A = r_a L_{tr} \quad (B.2)$$

$$L_U = r_u L_{tr} \quad (B.3)$$

$$L_B = L_V = r_p h_z r_f L_{tr} \quad (B.4)$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_{\sigma'} \quad (B.5)$$

где r_a – коэффициент уменьшения гибели или увечья людей в зависимости от типа почвы; принимают по таблице В.4;

r_u – коэффициент уменьшения гибели или увечья людей в зависимости от типа пола; принимают по таблице В.4;

r_p – коэффициент уменьшения физического повреждения в зависимости от применения средств противопожарной защиты в качестве мер уменьшения последствий пожара; принимают по таблице В.5;

r_f – коэффициент уменьшения физического повреждения, вызванного взрывом или пожаром в здании; принимают по таблице В.6;

h_z – коэффициент увеличения физического повреждения, вызванного наличием особой опасности; принимают по таблице В.7.

Таблица В.4 – Значения коэффициентов r_a и r_u

Тип поверхности	Сопротивление контактов, кОм ¹⁾	r_a и r_u
Земля, бетон	До 1 включ.	10^{-2}
Мрамор, керамика	Св. 1 до 10 включ.	10^{-3}
Гравий, гумус, ковровое покрытие	Св. 10 до 100	10^{-4}
Асфальт, линолеум, дерево	100 и более	10^{-5}

¹⁾ Значения, измеренные на электроде площадью 400 см², сжатом с силой 500 Н, в бесконечно удаленной точке.

Таблица В.5 – Значения коэффициента r_p

Меры уменьшения последствий пожара	r_p
Средства противопожарной защиты отсутствуют	1
Применение одного из средств противопожарной защиты, соответствующих требованиям ТНПА: огнетушитель; гидрант; противопожарная преграда; путь эвакуации	0,5
Применение установки пожаротушения или системы пожарной сигнализации ¹⁾	0,2

1) Применяют в случаях, если имеется защита от перенапряжений и других повреждений и если расчетное время свободного развития пожара менее 10 мин., при этом целесообразно руководствоваться [4].

Примечания

¹ Если используют несколько средств противопожарной защиты, следует принимать самое низкое значение r_p , приведенное в настоящей таблице.

² В здании (или его части) с опасностью возникновения взрыва для всех случаев принимают $r_p = 1$.

Таблица В.6 – Значения коэффициента r_f

Опасность	Уровень опасности	r_f
Взрыв	Наличие взрывоопасных зон класса 0 по ГОСТ 60079-10-1 и зоны класса 20 по ГОСТ 31610-10-2, а также твердых взрывчатых веществ	1
	Наличие взрывоопасных зон класса 1 по ГОСТ 60079-10-1 и класса 21 по ГОСТ 31610-10-2	10^{-1}
	Наличие взрывоопасных зон класса 2 по ГОСТ 60079-10-1 и класса 22 по ГОСТ 31610-10-2	10^{-3}
Пожар	Высокий	10^{-1}
	Обычный	10^{-2}
	Низкий	10^{-3}
Взрыв или пожар	Отсутствует	0

Примечания

1 Коэффициент $r_f = 1$ принимается для всего здания (или его части), где обращаются взрывоопасные смеси и взрывчатые вещества; для жилых зданий (высотой четыре этажа и выше) в городской местности и пригородных районах принимают $r_f = 0,01$.

2 Здания III–V степени огнестойкости по СН 2.02.05, здания, водоизоляционный слой кровли которых выполнен из горючих материалов, или здания с пожарной нагрузкой, превышающей 800 МДж/м², рассматривают как здания с высоким уровнем пожарной опасности; здания с пожарной нагрузкой в пределах от 400 до 800 МДж/м² рассматривают как здания с обычным уровнем пожарной опасности; здания с пожарной нагрузкой менее 400 МДж/м² или здания, в которых горючие материалы находятся не постоянно, рассматривают как здания с низким уровнем пожарной опасности.

3 Пожарную нагрузку для зданий следует определять по ТКП 474 и СТБ 2129.

Таблица В.7 – Значения коэффициента h_z

Тип особой опасности	h_z
Отсутствует	1
Низкий уровень паники (например, здание высотой не более двух этажей и с количеством не более 100 человек)	2
Средний уровень паники (например, здания, предназначенные для проведения культурных или спортивных мероприятий с количеством участников от 100 до 1000 человек)	
Затрудненная эвакуация (например, здания, в которых находятся люди с ограниченными физическими возможностями, больницы)	5
Высокий уровень паники (например, здания, предназначенные для проведения культурных или спортивных мероприятий с количеством участников более 1000 человек)	10
Опасность для близлежащей местности и окружающей среды	20
Загрязнение близлежащей местности и окружающей среды	50

В.3 Нарушение коммунального обслуживания

Определяют значения L_f и L_o в зависимости от вероятного ущерба L , рассчитанного по формуле

$$L = (n_p / n_t) \cdot (t / 8760), \quad (B.6)$$

где n_p – количество людей, подвергающихся вероятной опасности (жертв);

n_t – предполагаемое общее количество людей (обслуживаемых потребителей электроэнергии);

t – продолжительность нарушения коммунального обслуживания, ч/год.

Если значения n_p , n_t и t невозможно или затруднительно точно определить, то применяют типовые средние значения L_f и L_o , приведенные в таблице В.8.

Таблица В.8 – Типовые средние значения L_f и L_o в зависимости от вида коммунальных услуг

Вид коммунальных услуг	L_f	L_o
Газоснабжение, водоснабжение	10^{-1}	10^{-2}
Электроснабжение, телевидение, связь	10^{-2}	10^{-3}

Определение ущерба от нарушения коммунального обслуживания следует производить с учетом характеристики инженерной системы, используя коэффициент r_p , по формулам (В.5) и (В.7):

$$L_B = L_V = r_p r_f L_f \quad (B.7)$$

где r_p – принимают по таблице В.5;
 r_f – принимают по таблице В.6.

В.4 Потеря культурных ценностей

Определяют значение L_f в зависимости от вероятного ущерба L , рассчитанного по формуле

$$L = \frac{c}{c_t} \quad (B.8)$$

где c – среднее значение вероятного ущерба, нанесенного зданию (например, страховая стоимость вероятного ущерба имуществу), в денежном выражении;

c_t – общая стоимость здания (например, общая стоимость страхования всего имущества, находящегося в здании), в денежном выражении.

Если значения c и c_t невозможно определить или затруднительно, типовое среднее значение $L_f = 10^{-1}$.

Ущерб, наносимый культурным ценностям, следует определять с учетом характеристики здания, используя коэффициент r_p , по формуле (В.7).

В.5 Экономический ущерб

Значения L_f , L_f и L_o определяют в зависимости от вероятного ущерба L по формуле (В.8), где c – среднее значение вероятного ущерба, нанесенного зданию (включая находящееся в нем оборудование и соответствующую деятельность и последствия ущерба), в денежном выражении; c_t – общая стоимость здания (включая находящееся в нем оборудование и соответствующую деятельность), в денежном выражении.

Если значения c и c_t невозможно определить, то принимают типовые средние значения L_f , L_f и L_o для всех типов зданий, приведенные соответственно в таблицах В.1, В.9 и В.10.

Таблица В.9 – Типовые средние значения L_f

Тип здания	L_f
Больницы, промышленные предприятия, музеи, здания сельскохозяйственного назначения	0,5
Гостиницы, школы, офисы, церкви, здания для массового отдыха, торговые здания	0,2
Другие типы	0,1

Таблица В.10 – Типовые средние значения L_o

Тип здания	L_o
Здания с опасностью возникновения взрыва	10^{-1}
Больницы, промышленные здания, офисы, гостиницы, торговые здания	10^{-2}
Музеи, фермы, школы, церкви, здания для массового отдыха	10^{-3}
Другие типы	10^{-4}

Экономический ущерб следует определять с учетом характеристики здания, используя коэффициенты h_z, r_a, r_u, r_p, r_f по формулам (B.2), (B.3), (B.5) и (B.9):

$$L_B = L_V = r_p h_z r_f L_r \quad (B.9)$$

Значения коэффициентов принимают: r_a и r_u – по таблице B.4; r_p – по таблице B.5; r_f – по таблице B.6; h_z – по таблице B.7.

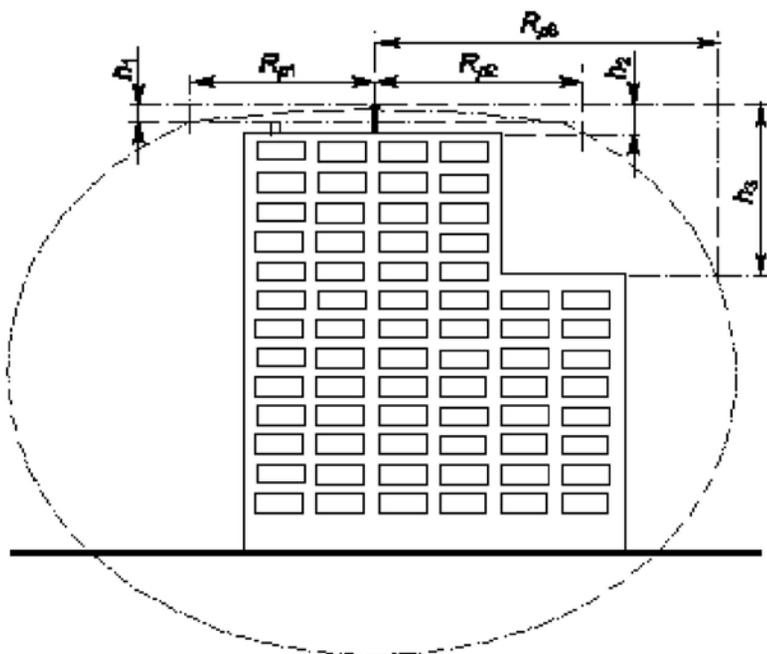
Приложение Г

Выбор системы молниезащиты, использующей молниеприемник с опережающей эмиссией стримера

Г.1 Для обеспечения молниезащиты может быть использован МОЭС, состоящий из острия (наконечника), генератора ионов, корпуса, элемента крепления к мачте и устройства подключения токоотводов.

Г.2 Для создания СМЗ с помощью МОЭС необходимо определять риски для зданий согласно разделу 6 с целью назначения минимального требуемого уровня молниезащиты.

Г.3 Зона защиты МОЭС представляет собой пространство, охватывающее поверхность вокруг оси МОЭС с радиусом защиты R_p на разной высоте h_n над защищаемой горизонтальной поверхностью согласно рисунку Г.1.



h_1-h_3 – высота острия МОЭС над горизонтальной поверхностью, совпадающей с наиболее удаленной точкой защищаемого объекта; $R_{p1}-R_{p3}$ – радиусы защиты МОЭС относительно высоты острия МОЭС h_1-h_3

Рисунок Г.1 – Радиус защиты МОЭС (для $h_1 = 5$ м)

Г.4 Радиус защиты МОЭС R_p , м, зависит от высоты острия МОЭС над горизонтальной защищаемой поверхностью h , эффективности МОЭС и установленного уровня молниезащиты; следует определять по формулам:

– при h от 5 до 60 м

$$R_p(h) = \sqrt{h \cdot (2r - h) + \Delta \cdot (2r + \Delta)} \quad (Г.1)$$

– при h от 2 до 5 м

$$R_p = hR_p(5) / 5, \quad (Г.2)$$

где r – радиус, м; принимают равным:

20 – для уровня молниезащиты	I;
30 – то же	II;
45 – »	III;
60 – »	IV;

Δ – линейный эквивалент эффективности МОЭС, м; принимают равным величине эффективности МОЭС ΔT , в микросекундах, полученной в результате испытаний. В качестве максимального значения для ΔT принимают 60 мкс, даже если в результате проведенных испытаний будут получены значения, превышающие данное значение.

Г.5 Надежность молниезащиты для МОЭС в зависимости от уровня молниезащиты следует определять по таблице 5.2.

Г.6 К каждому МОЭС следует присоединять как минимум два токоотвода.

Для лучшего распределения тока токоотводы следует прокладывать по разным наружным стенам здания, за исключением случая, когда осуществить данное требование технически невозможно.

Г.7 Для прокладки токоотводов по кровле здания следует использовать изделия молниезащиты, предназначенные для устройства СМЗ (кровельные, коньковые и дистанционные держатели, держатели токоотвода, держатели по фасаду и т. п.). Шаг между держателями должен составлять не более 1 м.

Г.8 Если токоотвод невозможно проложить снаружи здания, то разрешается его прокладывать внутри частично или по всей высоте здания. В таком случае токоотвод необходимо прокладывать в специальном изолированном канале, выполненном из негорючих материалов.

Если токоотводы прокладывают по стене из горючего материала, то во избежание контакта нагретого токоотвода с горючим материалом необходимо обеспечить выполнение как минимум одного из следующих условий:

- расстояние от стены до токоотвода должно быть не менее 0,10 м;
- площадь поперечного сечения токоотвода должна составлять не менее 100 мм².

Г.9 Токоотводы следует защищать от механических повреждений с помощью защитных кожухов (труб) на высоту не менее 2 м над поверхностью земли.

Г.10 МОЭС и токоотводы необходимо жестко закреплять, чтобы исключить любой разрыв или ослабление крепления токоотводов под действием электродинамических сил или случайных механических воздействий (например, от вибрации, падения снежного пласта, теплового расширения и т. д.).

Г.11 Токоотвод необходимо присоединять к заземлителю через контрольный стык, позволяющий отсоединить заземление для выполнения необходимых измерений.

Заземление выполняют согласно требованиям раздела 7.

Библиография

- [1] ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы
- [2] ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска
- [3] ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011 Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения
- [4] Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь «Порядок определения необходимого количества сил и средств подразделений по чрезвычайным ситуациям для тушения пожаров НПБ 64-2017», утвержденные постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 27 сентября 2017 г. № 41