

СВОДКА ОТЗЫВОВ

по рассмотрению первой редакции проекта СН «Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций»

Ном ер п.п.	№ пункта проекта ТНПА, рассылав- шегося на отзыв	Наименование организации, представившей замечание, номер и дата письма-отзыва	Замечания и предложения	Заключение руководител я ВНК ТКС или ответственн ого разработчик а организации- исполнителя	Заключение ТКС по отклоненным замечаниям или согласование организации, представившей замечание
1	2	3	4	5	6
ОТЗЫВЫ СУБЪЕКТОВ ИЗ ПЕРЕЧНЯ РАССЫЛКИ					
1.	1 –я редакция проекта СН	РУП «Институт «Белжилпроект» письмо от 27.02.2020 №385/08	Дополнить ссылкой на программу по выполнению расчетов оценки рисков системы молниезащиты здания.	Отклонено	Отсутствует конкретное предложение какую именно программу необходимо включить (что не соответствует требованиям п.13 постановления Совета Министров Республики Беларусь №517 от 07.08.2019 «О реализации Указа Президента Республики Беларусь №217 от 5 июня 2019 г.»).
2.	1 –я редакция проекта СН	МЧС РБ письмо от 27.03.2020 №1/52/1306	Дополнить проект нормами, касающимися мер молниезащиты, технического обслуживания и проверки системы молниезащиты.	Отклонено	Отсутствуют обоснование и конкретное предложение, что не соответствует требованиям п.13 постановления Совета Министров Республики

					Беларусь №517 от 07.08.2019 «О реализации Указа Президента Республики Беларусь №217 от 5 июня 2019 г.».
3.	1 –я редакция проекта СН	МЧС РБ письмо от 27.03.2020 №1/52/1306	В целом по тексту пересмотреть положения с предпосылкой «как правило» (строительные нормы устанавливают обязательные для соблюдения требования).	Принято	См. окончательную редакцию СН.
4.	1 –я редакция проекта СН	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020 №23-13/47	Включить (разработать) в СН раздел с требованиями по устройству молниезащиты на открытых территориях.	Отклонено	Отсутствует конкретное предложение, что не соответствует требованиям п.13 постановления Совета Министров Республики Беларусь №517 от 07.08.2019 «О реализации Указа Президента Республики Беларусь №217 от 5 июня 2019 г.».
5.	1 –я редакция проекта СН	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020 №23-13/47	Включить в проект перечень требований НПА и ТНПА как по молниезащите опасных производственных объектов (например требование п.477 Постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 31.07.2017 № 35 «Об утверждении Правил по обеспечению промышленной безопасности взрывоопасных производств и объектов хранения и переработки зерна») и сельскохозяйственных объектов (требования п.9.15 ТКП 538-2014 «Защита сельскохозяйственных объектов от поражения электрическим током»)	Принято частично	См. окончательную редакцию СН.
6.	Раздел 2	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020 №23-13/47	1. СТБ МЭК 61000-4-8-2006 заменить на ГОСТ IEC 61000-4-8-2006 «Электромагнитная совместимость. Часть 4-8. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты»; 2. СТБ П IEC 62305-1-2006/2010, СТБ П IEC 62305-2-2006/2010, СТБ П IEC 62305-3-2006/2010, СТБ П IEC 62305-4-2006/2010 исключить;	Принято	См. окончательную редакцию СН.

			3. Обозначение ГОСТ 1516.3-2001 изложить в новой редакции «ГОСТ1516.3-96»; 4. ГОСТ 30331.1-95 заменить на ГОСТ 30331.1-2013 (IEC 60364-1:2005) «Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения»		
7.	Раздел 2	МЧС РБ письмо от 27.03.2020 №1/52/1306	Предлагается сокращение «ТНПА» ввести после слов «технические нормативные правовые акты», так как последующие ссылки на ТНПА подразумевают использование только ТНПА в области технического нормирования и стандартизации.	Принято	См. окончательную редакцию СН.
8.	Раздел 2	МЧС РБ письмо от 27.03.2020 №1/52/1306	Перечислить обязательные для соблюдения технические нормативные правовые акты. Нормы иных технических нормативных правовых актов включить (при необходимости) в проект строительных норм.	Оклонено	Отсутствует конкретное предложение, что не соответствует требованиям п.13 постановления Совета Министров Республики Беларусь №517 от 07.08.2019 «О реализации Указа Президента Республики Беларусь №217 от 5 июня 2019 г.».
9.	Раздел 3	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020 №23-13/47	Дать определение термину «Грозоупорность»	Оклонено	Отсутствует конкретное предложение, что не соответствует требованиям п.13 постановления Совета Министров Республики Беларусь №517 от 07.08.2019 «О реализации Указа Президента Республики Беларусь №217 от 5 июня 2019 г.».
10.	Раздел 4	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020	Включить обозначения: 1. «ВЛ - воздушная линия электропередачи;	Принято	См. окончательную редакцию СН.

		№23-13/47	2. ВЛП – воздушная линия электропередачи с покрытыми проводами; 3. ВЛИ – воздушная линия электропередачи с самонесущими изолированными проводами»		
11.	Раздел 5	МЧС РБ письмо от 27.03.2020 №1/52/1306	Дополнить раздел нормами о параметрах тока молнии, вероятности появления значений каждого параметра, зависимость эффективности улавливания системы молниезащиты, вероятность общего задержания ударов молний;	Оклонено	Отсутствует конкретное предложение, что не соответствует требованиям п.13 постановления Совета Министров Республики Беларусь №517 от 07.08.2019 «О реализации Указа Президента Республики Беларусь №217 от 5 июня 2019 г.».
12.	Раздел 5 «Повреждение в результате воздействия молнии»	МЧС РБ письмо от 27.03.2020 №1/52/1306	В графе «Тип объекта в соответствии с его функциональным назначением и/или содержанием» слова «пожароопасные производства» заменить словами «взрывопожароопасные производства»	Оклонено	См. окончательную редакцию СН.
13.	Раздел 5 подраздел 5.3 абзац второй	МЧС РБ письмо от 27.03.2020 №1/52/1306	Слова «угроза для жизни людей» заменить словами «угроза для жизни и здоровья людей» (аналогично далее по тексту).	Принято	См. окончательную редакцию СН.
14.	П.7.1 абзацы 16, 17	РУП «Институт Белгоспроект» письмо от 11.03.2020 №1-563	Изложить в новой редакции: « Стальные элементы, расположенные внутри железобетонных конструкций здания, рассматривают как конструкции с электрической непрерывностью при условии их соединения между собой на сварке или на болтах. Соединения арматуры железобетонных конструкций, для обеспечения электрической непрерывности, должны выполняться на сварке, на болтах или соединяться стальными муфтами. Допускается соединения арматуры железобетонных конструкций выполнять внахлест, обеспечивая длину перехлеста не менее 30d (где d - наименьший из	Оклонено	См. окончательную редакцию СН.

			диаметров соединяемой арматуры), при условии плотного прилегания арматуры друг к другу и фиксации вязальной проволокой. Для вновь возводимых зданий тип соединения арматуры в железобетонных конструкциях и тип соединения железобетонных конструкций между собой должен определять проектировщик» «Для зданий, в которых применяются сборные железобетонные конструкции, в том числе с предварительно напряженной арматурой, электрическую непрерывность соединения конструкций устанавливают электрическим испытанием между самым верхним железобетонным элементом и уровнем земли. При этом общее электрическое сопротивление не должно превышать 0,2 Ом. Если этого значения не получают, то железобетонные конструкции не используют в качестве естественного заземлителя. В этом случае следует устанавливать внешний токоотвод.		
15.	П.7.2.1	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020 №23-13/47	После требования п.7.2.1 «Радиоактивные молниеулавливатели использовать нельзя.» дополнить его следующим предложением: «При применении активной молниезащиты расчет зоны защиты данной системы выполняется без учета «эффекта ионизации» - образования опережающего встречного лидера молнии»	Отклонено	Требование по радиоактивным молниеулавливателям исключено.
16.	П.7.2.2, абзацы b) и c)	РУП «Институт Белгоспроект» письмо от 11.03.2020 №1-563	Изложить в новой редакции: «b) монолитные, непрерывно соединенные арматурой железобетонные конструкции здания. Сборные железобетонные конструкции здания, при условии соединения их между собой во время монтажа, для обеспечения непрерывности соединения. Для предварительно напряженных железобетонных конструкций следует учитывать возможные последствия из-за тока молнии и типа соединения с системой молниезащиты; с) соединенная между собой стальная арматура железобетонных конструкций здания. Если в качестве токоотводов используются металлические конструкции или соединенная между собой металлическая арматура железобетонных конструкций, то в кольцевых проводниках нет необходимости;»	Отклонено	См. редакцию п.7.2.10
17.	Табл.7.8	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020	Наименование табл.7.8 изложить в следующей редакции: «Типовые значения расстояния между токоотводами и	Отклонено	Таблица исключена

		№23-13/47	междукольцевыми проводниками».		
18.	П.7.2.3, последний абзац	РУП «Институт Белгоспроект» письмо от 11.03.2020 №1-563	Изложить в новой редакции: «В качестве естественных заземляющих электродов допускается использовать соединенную между собой арматуру, диаметром не менее 10 мм, железобетонных конструкций, таких как фундаменты, сваи и т.п. Повышенные требования следует предъявлять к соединениям арматуры во всех железобетонных конструкциях. При использовании арматуры необходимо учитывать возможные последствия в бетоне от протекания тока разряда молнии. При использовании элементов фундаментов в качестве заземлителя, возможно длительное повышение сопротивления заземления.»	Отклонено	См. окончательную редакцию СН.
19.	Разделы 3-6, 8, 9	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020 №23-13/47	В связи с имеющимися в тексте проекта СН ошибками и некорректным переводом требований группы международных стандартов IEC 62305, а также с целью разработки актуальных требований по молниезащите зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, предлагается изложить разделы 3-6, 8, 9 в редакциях данных международных стандартов (или государственным стандартам ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010, ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010, ГОСТ Р МЭК 62305-4-2016).	Принято частично	См. новую редакцию разделов
20.	Раздел 10	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020 №23-13/47	Раздел 10 изложить в новой редакции согласно приложению 1 к сводке отзывов по рассмотрению первой редакции проекта СН «Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций».	Принято частично	См. окончательную редакцию СН.
21.	Примечание 5 табл.Б.4	ГПО «Белэнерго» письмо от 28.02.2020 №23-13/47	Дополнить примечание предложением: «Пожарная нагрузка для помещений (зданий, сооружений) определяется согласно СТБ 2129-2010»	Принято частично	См. примечание 6 к табл.С.4
22.	1 –я редакция проекта СН	ОАО «Институт «Минскграждан-проект» письмо от 24.03.2020 №06-06/529	Замечаний нет		
23.	1 –я редакция	ОАО «Институт «Гомельграждан-	Замечаний нет		

	проекта СН	проект» письмо от 27.02.2020 №06-18/618 и письмо от 25.02.2020 №06-18/578			
24.	1 –я редакция проекта СН	УП «Белпромпроект» письмо от 10.03.2020 №06/525	Замечаний нет		
25.	1 –я редакция проекта СН	РУП «Главгостройэкспертиза» письмо от 05.02.2020 №02-05/446	Замечаний нет		
26.	1 –я редакция проекта СН	УП «Минскпроект»	Отзыв не предоставлен		
27.	1 –я редакция проекта СН	ОАО «Институт «Могилевгражданпроект»	Отзыв не предоставлен		
28.	1 –я редакция проекта СН	ОАО «Брестпроект»	Отзыв не предоставлен		
ОТЗЫВЫ СУБЪЕКТОВ, НЕ ВХОДЯЩИХ В ПЕРЕЧЕНЬ РАССЫЛКИ					
1.	Раздел 3 П.3.2.15	ЧУП «ЭЛМОРА-М», ООО «КМ-Вэйр», ИП Такушевич Е.Ф. письмо от 03.03.2020 б/н	Изложить в следующей редакции: «Молниеприемник: часть внешней системы молниезащиты, которая содержит металлические элементы, например, стержни, сетки, натянутые тросы, стержни (мачты) с устройством опережающей стримерной эмиссии».	Принято	См.редакцию п.3.2.15
2.	Раздел 7.2.1 первый абзац	ЧУП «ЭЛМОРА-М», ООО «КМ-Вэйр», ИП Такушевич Е.Ф. письмо от 03.03.2020 б/н	Изложить в следующей редакции: «Молниеприемники могут состоять из любой комбинации следующих элементов: - стержней (включая отдельно стоящие мачты); - стержней (включая отдельно стоящие мачты) с устройством опережающей стримерной эмиссии; - подвесных тросов; - сетчатых проводников.»	Принято частично	См. раздел 7.2.1 первый абзац
3.	Раздел	ЧУП «ЭЛМОРА-М»,	Исключить фразу «Радиоактивные молниеуловители	Принято	См. раздел 7.2.1

	7.2.1	ООО «КМ-Вэйр», ИП Такушевич Е.Ф. письмо от 03.03.2020 б/н	использовать нельзя» ввиду отсутствия их производства.		
4.	Таблица 7.2	Архитектурно- проектная мастерская ОАО «Гомельский домостроительный комбинат» письмо от 13.03.2020 № 33- 10/149	Предлагается переработать на основе таблицы 1 ранее действующего РД 34.21.122-87 «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений», добавить в нее больше объектов по которым принимать решения по выбору категорий молниезащиты и дать указания как выполнять и каким способом, материалами и т.п. каждую систему молниезащиты для каждой конкретной категории, на основе того как это было предусмотрено в РД 34.21.122-87.	Принято частично	См. таблицу 7.2
5.	П.7.2.3	ООО «ИНТЕРБЕЛТРЕЙДЭ НЕРГО» письмо от 10.03.2020 №03/10	Абзацы 8-11 изложить в новой редакции: «При сооружении заземления в районах с высоким удельным сопротивлением грунта с целью недопущения роста объемов земляных работ рекомендуется ряд мероприятий: - наращивание глубины погружения вертикальных заземлителей, если с глубиной удельное сопротивление снижается; - в случае неэффективности увеличения глубины погружения вертикальных заземлителей использование заземлителей с большей площадью электрического контакта, например, таких как, пластин заземляющих; - обработка грунта в околоэлектродном пространстве вертикальных и горизонтальных заземлителей неагрессивными к металлу заземлителей смесями для нормализации заземления с целью снижения удельного сопротивления грунта. (Примеры расчета заземляющего устройства при применении смеси для нормализации заземления в Приложении D).».	Принято частично	См. п.7.2.3
6.	Таблица 7.5	ООО «ИНТЕРБЕЛТРЕЙДЭ НЕРГО» письмо от 10.03.2020 №03/10	В первом столбце третью строку после слов «горячим» дополнить словами «гальваническим способом» и далее по тексту	Принято	См. табл.7.5
7.	Таблица 7.6	ООО «ИНТЕРБЕЛТРЕЙДЭ НЕРГО» письмо от 10.03.2020 №03/10	Таблицу 7.6 изложить в следующей редакции: «Материал профиль и площадь поперечного сечения заземляющих электродов приведены в таблице 7.6. Таблица 7.6 Материал профиль и площадь поперечного сечения	Принято частично	См. табл.7.6

заземляющих электродов.

Материал	Профиль	Площадь поперечного сечения ^a			Рекомендуемые минимальные размеры
		Стержневой заземлитель, мм ² k	Проводниковый заземлитель, мм ²	Листовой заземлитель, мм ²	
Медь луженая f	Многопроволочный		>50		Диаметр каждой жилы 1,7 мм
	Сплошной круглый		>50		Диаметр 8 мм
	Сплошная полоса		>50		Толщина 2 мм
	Сплошной круглый	>176			Диаметр 15 мм
	Труба	>110			Диаметр 20 мм с толщиной стенки 2 мм
	Сплошная полоса			>2500	500x500 мм с толщиной 1,5 мм g
	Решетчатый лист (пластина) g			>3600	600x600 мм, состоящий из ячеек 25x2 мм для полосы
Сталь оцинкованная s	Сплошной круглый		>78		Диаметр 10 мм
	Сплошной круглый	> 133 b			Диаметр 12 мм
	Труба	>140 b			Диаметр 25 мм с толщиной стенки 2 мм
	Сплошная		>90		Толщина 3 мм
	Сплошной лист (пластина)			>2500	500x500 мм с толщиной 3 мм
	Решетчатый лист d			>3600	600x600 мм, состоящий из ячеек 30x3 мм для полосы или диаметром 10 мм для круглого проводника
	Профиль e				Толщина 3 мм
Черная	Многопроволочный		>90		Диаметр каждой жилы 1,7 мм
	Сплошной круглый i		>154		Диаметр 14 мм
	Сплошная полоса j		>100		Толщина 4 мм
Сталь с медным покрытием m c	Сплошной круглый	>113			Диаметр 12 мм, если минимум 250 мкм радиального покрытия меди c
	Сплошной круглый		>50		Диаметр 8 мм, если минимум радиального покрытия меди c

			<table border="1"> <tr> <td></td><td>Сплошной круглый</td><td></td><td>>78</td><td></td><td>Диаметр 10 мм, если минимум радиального</td></tr> <tr> <td></td><td>Сплошной круглый</td><td></td><td>>78</td><td></td><td>Диаметр 10 мм, если минимум радиального</td></tr> <tr> <td></td><td>Сплошная полоса</td><td></td><td>>90</td><td></td><td>Толщина 3 мм, если минимум радиального</td></tr> <tr> <td rowspan="3">Нержавеющая сталь</td><td>Сплошной</td><td></td><td>>78</td><td></td><td>Диаметр 10 мм</td></tr> <tr> <td>Сплошной</td><td>>113</td><td></td><td></td><td>Диаметр 12 мм</td></tr> <tr> <td>Сплошная</td><td>>100</td><td></td><td></td><td>Толщина 2 мм</td></tr> </table> a Производственный допуск - минус 3%. b Резьба, если требуется, должна быть нарезана перед гальванизацией. c Медь должна иметь надежную адгезию со сталью. Толщина покрытия может быть измерена электронным прибором измерения толщины покрытия. d Решетчатый лист представляет собой проводнике минимальной общей длиной 4,8 м. e Допускается применение различных профилей с площадью поперечного сечения 290 мм² и минимальной толщиной 3 мм, например крестообразный профиль. f Лужение оловом применяют только в эстетических целях. s Покрытие методом горячего оцинковании, электролитическое или термодиффузионное покрытие должно иметь минимальную толщину покрытия 1 мкм J С учетом коррозии металла площадь поперечного сечения проводниковых заземлителей из черного металла больше минимум в 1.3 раза, чем у покрытых цветным металлом. K Для стержневых заземлителей рекомендуемая глубина погружения для диаметра 12 до 5-ти метров, для диаметра 14-16 и более от 15 до 30 метров. »		Сплошной круглый		>78		Диаметр 10 мм, если минимум радиального		Сплошной круглый		>78		Диаметр 10 мм, если минимум радиального		Сплошная полоса		>90		Толщина 3 мм, если минимум радиального	Нержавеющая сталь	Сплошной		>78		Диаметр 10 мм	Сплошной	>113			Диаметр 12 мм	Сплошная	>100			Толщина 2 мм		
	Сплошной круглый		>78		Диаметр 10 мм, если минимум радиального																																		
	Сплошной круглый		>78		Диаметр 10 мм, если минимум радиального																																		
	Сплошная полоса		>90		Толщина 3 мм, если минимум радиального																																		
Нержавеющая сталь	Сплошной		>78		Диаметр 10 мм																																		
	Сплошной	>113			Диаметр 12 мм																																		
	Сплошная	>100			Толщина 2 мм																																		
8.	П.7.5	ООО «ИНТЕРБЕЛТРЕЙДЭ НЕРГО» письмо от 10.03.2020 №03/10	Требования п.7.5 изложить в следующей редакции: «Соответствующие меры защиты от поражения людей вследствие напряжения прикосновения и шагового напряжения следует применять в обязательном порядке при большой вероятности гибели людей или их увечий вследствие ударов молнии непосредственно в здания (например, если $R_A > R_T$). Ускоренное движение людей в период грозовой активности по направлению к укрытию - зданиям оборудованным молниезащитой увеличивает расстояние шага, которое в сочетании с высоким сопротивлением грунта может вызвать высокие значения шагового напряжения опасные для жизни. Степень опасности снижается до допустимого уровня, если выполняется несколько следующих условий в приоритетном порядке: - уравнивание потенциалов с помощью сетчатой системы заземления, располагаемой в грунте на глубине 0,5-0,8 метров в	Принято частично	См. п.7.5																																		

			местах скопления и движения людей во время грозы, таких как : пешеходные дорожки по направлению ко входу в здания, отмостка зданий, навесы от стен зданий. В местах нового строительства в качестве сетчатого заземлителя, допускается использование сетки из стальной арматуры бетонных полов, надежно соединенной между собой и подключенной к молниезащитному заземлению. При устройстве молниезащиты в уже возведенных зданиях при их модернизации для уравнивания потенциалов должны использоваться готовые сетчатые заземлители в виде пластин решетчатых либо решетчатых листов, произведенных промышленным способом с учетом требований стандартов молниезащиты к материалу и конструкции заземляющих устройств. Сетчатая система заземления может быть обработана смесью для нормализации заземления с целью снижения удельного сопротивления грунта. После обратной засыпки сетчатой системы заземления грунтом с толщиной слоя не менее 0,025 м. далее по всей ее площади создается слой изоляционного материала с высоким удельным сопротивлением, например, слой гравия толщиной 0,15 м. в сочетании со слоем асфальта, толщиной 0,05-0,1м либо возможна укладка полимерного листа толщиной не менее 3мм. в сочетании с укладкой поверх его тротуарной плитки. Данные мероприятия как правило, снижают опасность поражения человека вследствие шагового напряжения до допустимого уровня. - естественная система токоотводов состоит из нескольких колонн прочной металлоконструкции здания или из нескольких столбов из соединенных между собой стальных конструкций здания с обеспечением электрической непрерывности; - изоляция выступающего токоотвода, обеспечивающая импульсное выдерживаемое напряжение 100 кВ, 1,2/50 мкс, например, с помощью полиэтиленовой трубы с диаметром не менее 16 мм. Токоотвод расположенный на внешних сторонах здания должен быть изолирован от прикосновения человека на высоту от поверхности грунта не менее 3-х метров ; - вероятность приближения людей к зданию или продолжительность их присутствия с наружной стороны здания		
--	--	--	---	--	--

			и близко к токоотводам очень мала; - сопротивление поверхностного слоя почвы на расстоянии 3 м от токоотвода составляет не менее 5000 Ом*м. Если ни одно либо несколько из этих условий не выполняется, необходимо применять следующие меры молниезащиты: - от поражения людей напряжением прикосновения физические ограничения и предупредительные надписи с целью сведения к минимуму вероятности прикосновения к токоотводам и нахождения в зоне растекания электрического разряда молнии. - от поражения людей вследствие шагового напряжения физические ограничения движения людей и предупредительные надписи с целью сведения к минимуму вероятности попадания в опасную зону на расстоянии 10 м. от токоотводов.  Меры молниезащиты должны отвечать требованиям соответствующих стандартов.»		
9.	Таблица 7.8	Архитектурно-проектная мастерская ОАО «Гомельский домостроительный комбинат» письмо от 13.03.2020 № 33-10/149	Уточнить какие значения расстояний между токоотводами и между кольцевыми проводниками в соответствии с классом СМЗ имеется ввиду: «минимальные» или «максимальные» или «рекомендуемые».	Принято	См. табл.7.7

10.	Таблица 7.8	ЧУП «ЭЛМОРА-М», ООО «КМ-Вэйр», ИП Такушевич Е.Ф. письмо от 03.03.2020 б/н	В названии таблицы 7.8 заменить слово «минимальные» на «максимальные».	Отклонено	Таблицей 7.8 устанавливаются минимальные требования
11.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ИНТЕРБЕЛТРЕЙДЭ НЕРГО» письмо от 10.03.2020 №03/10	Дополнить СН приложением D согласно приложению 2 к сводке отзывов по рассмотрению первой редакции проекта СН «Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций».	Приято	См. приложение Г
12.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Дополнить более четкими требованиями к принципам установки (применения) УЗИП (устройств защиты от импульсных перенапряжений) для электроустановок 220/380 В, что приводит в конечном итоге к отказу проектировщиков от применения данных устройств.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
13.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Дополнить проект СН четкие требования по применению каскада УЗИП (УЗИП 1, УЗИП 2 и УЗИП 3 классов), что на практике приводит в тому, что применяется устройство только 1 класса, а это является половинчатой мерой и не обеспечивает комплексную защиту объекта.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
14.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Заменить аббревиатуру ОПН и УЗП на УЗИП (а это международное общепринятое название данных устройств).	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
15.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от	Зачем опять ссылаться на когда-то отменённые европейские стандарты, типо IEC 62305–2:2006, если можно взять как россияне IEC 62305–2:2010, где всё толково расписано как и что считать (там формулы правда немного другие) лучше, чем за 2006 год. А не вписывать в теперь новое СН опять те же	Принято частично	См. окончательную редакцию СН

		02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	таблицы и пр...		
16.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Дополнить примерами расчётов, только не зданий, которые и так понятно как считать (во всяком случае я так думаю) и примеров полно, а установок, вроде отдельно стоящих недалеко от цеха вентиляционных установок, циклонов, к которым питание подходит по трубной эстакаде и пр.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
17.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	В стандарте встречаются формулировки типа «может быть», что дает «размытое» представление об обязательности применения положений. Предлагаем сократить нечеткие формулировки, т.к. потом сложно работать с экспертизой.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
18.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Дополнить простым и понятным алгоритмом расчета риска от молнии, о котором с 2011 года просит весь рынок проектировщиков вместе с экспертизой.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
19.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	В разделе 5 проекта стандарта снова, как и в ТКП 336, есть минимальные и максимальные параметры молнии ,но для каких целей их применять – остается непонятным.... «Защитные меры, установленные в [3], [4], [5], являются эффективными в отношении воздействия молнии, параметры тока которой находятся в пределах, определенных уровнями молниезащиты, которая предусмотрена проектом. Поэтому, эффективность мер защиты принимается равной вероятности, с которой параметры тока молнии находятся в пределах этого диапазона» Просьба уточнить данную ситуацию.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН

20.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Часть информации из раздела 5 проекта стандарта предлагаем поместить в требования по внутренней молниезащите, которые приведены в разделе.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
21.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Считаем все четыре риска или только R1? Из проекта документа так и не стало понятным, как считать? В разделе 6 снова, как и в ТКП 336 запутанная информация по расчету рисков: формулы приведены в разделе, коэффициенты в приложении, какие элементы считать для здания, какие для коммуникации. Просим уточнить этот вопрос.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
22.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	7-ой раздел проекта пестрит подобного рода формулировками «для улавливания. Снова приведена «нерабочая» таблица по рекомендуемым уровням молниезащиты (таблица 7.2 в проекте СН). Для объективности расчетом риска получается один результат, по указанной таблице- другой. Какому положению проекта СН верить, если далее по тексту говорить, что выбор мер требуется производить по расчету риска??? Просим уточнить данную ситуацию	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
23.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Просим уточнить на стр. 31 «–сетчатых проводников» - это традиционная молниеприемная сетка или что?	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
24.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от	Просим добавить описание алгоритма метода катящейся сферы	Принято частично	См. окончательную редакцию СН

		02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru			
25.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	На стр. 38 проекта «Также следует уделять внимание оболочкам с меньшей степенью воспламенения, например деревянному листовому материалу». Уточните, какое именно внимание. На стр. 31 указано: «..Радиоактивные молниеулавливатели использовать нельзя...» Просим уточнить какие можно.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
26.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	На стр. 38: «Соответствующей практикой считают поперечное соединение токоотводов на нулевом уровне и через каждые 10–20 м по высоте в соответствии с данными таблицы 7.8.....» Есть ли опыт практического выполнения данных требований?	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
27.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Таблица 7.8 проекта СН: «Минимальные значения расстояния между токоотводами и между кольцевыми проводниками в соответствии с классом СМЗ» Максимальные расстояния могут быть на усмотрение проектировщика?	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
28.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	В чем сущность формулы проекта СН 7.3? Чтобы показать, что электрическая изоляция измеряется в кА, а не в м? В чем отличие формулы 7.3 от формулы 7.7 проекта СН? Просим уточнить данную ситуацию.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
29.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо	В заземлении оставили опять «черную» сталь, которая через 2-3 года приходит в негодность. Производители молниезащиты предлагают преимущественно оцинкованные изделия. Если	Принято частично	См. окончательную редакцию СН

		на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	посадить на контур заземления из черной стали оцинкованный соединитель – нарушаются требований ГОСТ 9.005-72. «Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, металлические и неметаллические неорганические покрытия. Допустимые и недопустимые контакты с металлами и неметаллами». По этому вопросу не говорит ни действующий ТКП 336 ни редакция проекта СН. Просим уточнить данную ситуацию.		
30.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	на стр. 48: «–изоляция выступающего токоотвода, обеспечивающая импульсное выдерживаемое напряжение 100 кВ, 1,2/50 мкс, например, полиэтилен с поперечным сечением не менее 3 мм;» - это и есть изолированная молниезащита? Либо проектировщик должен будет токоотводы в трубы ПВХ прятать, если первые будут рядом с балконами и подъездами жилого здания проходить? «–сопротивление поверхностного слоя почвы на расстоянии 3 м от токоотвода составляет не менее 5 кОм·м» - просим уточнить кто это должен измерять?	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
31.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Из раздела 8 не понятно, какие обязательные меры нужно проектировать для внутренней молниезащиты? Для каких случаев проектировать сетчатое заземляющее устройство? Как объединять контур молниезащиты с другими контурами заземления внутри здания и т.д. Просим внести ясность по данному вопросу.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
32.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	Раздел 10: как увязать формулы раздела 10 с уровнями молниезащиты? В формулах раздела есть ошибки...Зачем тогда метод защитного угла в разделе 7 проекта СН. Какие методы в каких случаях применять просим уточнить.	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
33.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо	Столкнулись с такой ситуацией: табл. 7.13, ТКП 336-2011 "Молниезащита..." - сталь черная (оцинк.) для горизонтальных заземлителей, мин. размер Ф10. Казалось бы выводим (из ВРУ,	Принято частично	См. окончательную редакцию СН

		на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	от опоры ВЛ и т.д., где необходимо) сталь Ф10 на глубину 0,5м в землю, прокладываем горизонтально, привариваем к вертикальным электродам Ф12. Так вот, энергонадзор считает, что участок от уровня земли до глубины 0,5м в земле (до горизонтального участка) - это вертикальный участок заземлителя, необходимо выполнять Ф12. Формально они правы - это вертикальный участок заземлителя, но тогда теряется смысл применять Ф10 - кто на стройке будет соединять куски то Ф12, потом Ф10, потом опять Ф12, точно все напутают (чисто механически), надо закладывать сразу Ф12, но тут сразу перерасход материала пойдет. Считаем, что необходимо внести ясность по этому вопросу.		
34.	1 –я редакция проекта СН	ООО «ПрофЭлектроПроект» электронное письмо на 'эл.почту mail@stn.by от 02.04.2020 (10.58.39) с эл.почты t6584808@ya.ru	п.4.3.12.1 ТКП 339 "Наименьшие сечения заземляющих проводников, проложенных в земле, должны соответствовать приведенным в таблице 4.3.4."	Принято частично	См. окончательную редакцию СН
35.	1 –я редакция проекта СН	ГУО «УГЗ» МЧС РБ письмо №48/1-35/441 от 26.03.2020	Замечаний нет		

Директор РУП "Стройтехнорм"

И.Л.Лишай

Ответственный разработчик

Е.Г. Петрушкевич

10 Молниезащита объектов электроэнергетики

10.1 Построение зоны защиты

10.1.1 В силу того, что разрядные напряжения воздушных промежутков, особенно при расстояниях в десятки метров, имеют значительные статистические разбросы, молниеотводы обеспечивают защиту объекта лишь с некоторой степенью вероятности.

10.1.2 Зоной защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h является круговой конус высотой $h_0 < h$, вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода. Габариты зоны определяются двумя параметрами: высотой конуса " h_0 " и радиусом конуса на уровне земли " r_0 ". Зона защиты одиночного молниеотвода приведена на рисунке 10.1.

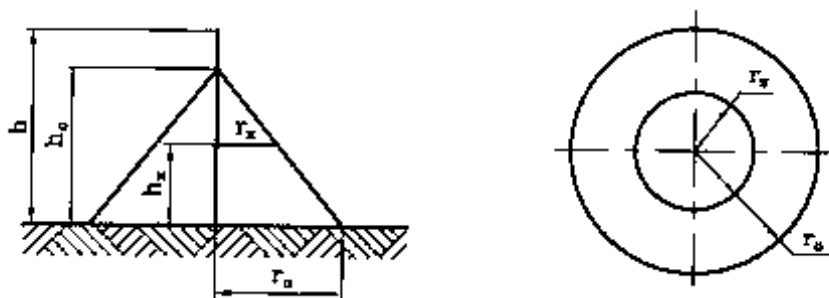


Рисунок 10.1 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Полуширина r_x зоны защиты требуемой надежности на высоте h_x от поверхности земли определяется выражением:

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

10.1.3 В таблице 10.1 приведены расчетные формулы, зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 150 м с учетом надежности защиты.

Таблица 10.1 – Расчетные формулы для определения зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надежность защиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	От 0 до 100	$0,85 \cdot h$	$1,2h$
	От 100 до 150	$0,85h$	$[1,2 - 10^{-3}(h - 100)] \cdot h$
0,99	От 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	От 30 до 100	$0,8h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$

	От 100 до 150	$[0,8-10^{-3}(h-100)] \cdot h$	$0,7h$
0,999	От 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	От 30 до 100	$[0,7-7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)] \cdot h$	$[0,6-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$
	От 100 до 150	$[0,65-10^{-3}(h-100)] \cdot h$	$[0,5-2 \cdot 10^{-3}(h-100)] \cdot h$

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода приведена на рисунке 10.3.

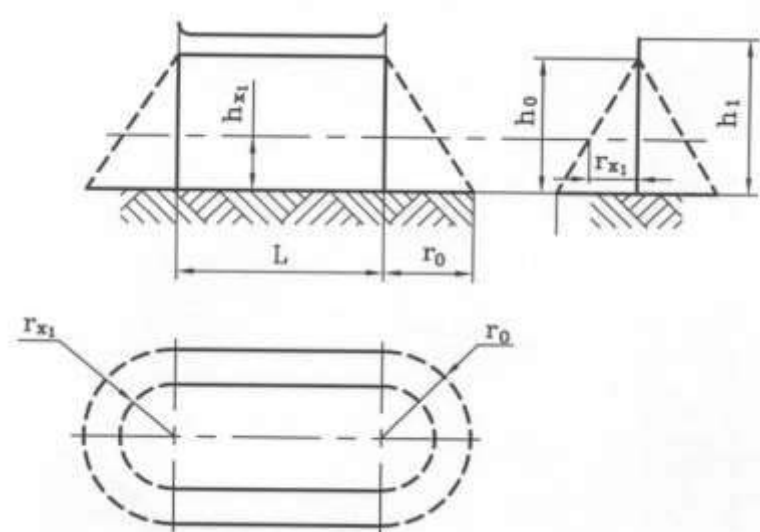


Рисунок 10.3 – Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

10.1.4 В таблице 10.2 приведены расчетные формулы зон защиты одиночного тросового молниеотвода высотой до 150 м. Под “h” понимается минимальная высота троса над уровнем земли (с учетом провеса).

Полуширина r_x зоны защиты требуемой надежности на высоте h_x от поверхности земли определяется выражением:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}, \quad (10.2)$$

При необходимости расширить защищаемый объем к торцам зоны защиты собственно тросового молниеотвода могут добавляться зоны защиты несущих опор, которые рассчитываются по формулам одиночных стержневых молниеотводов в соответствии с таблицей 10.2.

В таблице 10.2 приведены формулы для расчета зоны защиты одиночного тросового молниеотвода.

Таблица 10.2 – Расчет зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Надежность защиты P_3	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	От 0 до 150	$0,87 \cdot h$	$1,5 \cdot h$
0,99	От 0 до 30	$0,8 \cdot h$	$0,95 \cdot h$
	От 30 до 100	$0,8 \cdot h$	$[0,95 - 7,14 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$
	От 100 до 150	$0,8 \cdot h$	$[0,9 - 10^{-3}(h-100)] \cdot h$
0,999	От 0 до 30	$0,7 \cdot h$	$0,7 \cdot h$
	От 30 до 100	$[0,75 - 4,28 \cdot 10^{-4}(h-30)] \cdot h$	$[0,7 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$
	От 100 до 150	$[0,72 - 10^{-3}(h-100)] \cdot h$	$[0,6 - 10^{-3}(h-100)] \cdot h$

10.1.5 Стержневой молниеотвод считается двойным когда расстояние между стержневыми молниеотводами L не превышает предельной величины $L_{\max}$. Для молниеотводов разной высоты значение $L_{\max}$, L_c принимается наименьшим из двух значений. В противном случае оба молниеотвода рассматриваются как одиночные.

Конфигурация вертикальных и горизонтальных сечений зон защиты двойного стержневого молниеотвода (высотой h и расстоянием L между молниеотводами) представлена на рисунке 10.4. Построение внешних областей зон двойного молниеотвода (полуконусов с габаритами h_0 , r_0) проводится в соответствии с формулами таблицы 10.1.

Размеры внутренних областей определяются параметрами h_0 и h_c , первый из которых задает максимальную высоту зоны непосредственно у молниеотвода, а второй – минимальную высоту зоны посередине между молниеотводами. При расстоянии между молниеотводами $L \leq L_c$ граница зоны не имеет провеса ($h_c = h_0$). Для расстояний $L_c \leq L \leq L_{\max}$ высота h_c определяется по выражению:

$$h_c = \frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_c} h_0 \quad (10.3)$$

При расчете h_c для молниеотводов разной высоты значения h_0 принимается среднеарифметическим из двух значений; а $L_{\max}$, L_c – наименьшими для двух стержневых молниеотводов.

Входящие в него предельные расстояния вычисляются по формулам таблицы 10.3.

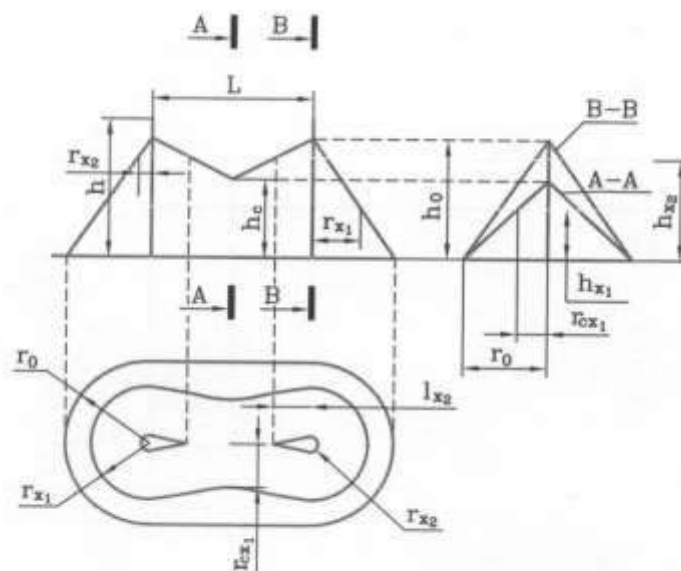


Рисунок 10.4 – Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

Размеры горизонтальных сечений зоны вычисляются по следующим формулам, общим для всех уровней надежности защиты:

максимальный радиус зоны r_x в горизонтальном сечении на высоте h_x (при их разной высоте молниеприемника вычисляется для каждого отдельно) :

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} ;$$

длина горизонтального сечения ℓ_x на высоте $h_x \geq h_c$

$$\ell_x = \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_c)} ,$$

причем при $h_x < h_c$, $\ell_x = L/2$;

Зона образовывается от точки l_x касательными к окружности r_{x1} и r_{x2} (при их разной высоте молниеприемника, l_x вычисляется для каждого молниеприемника отдельно)

А ширина горизонтального сечения в центре между молниеотводами $2r_{cx}$ на высоте $h_x \leq h_c$

$$r_{cx} = r_c(h_c - h_x) / h_c ;$$

где

$$h_c = (h_{c1} + h_{c2}) / 2 ;$$

$$r_c = (r_{c1} + r_{c2}) / 2 ;$$

Таблица 10.3 – Формулы расчета зоны защиты двойного стержневого молниеотвода

Надежность защиты P_3	Высота молниеотвода h , м	$L_{\max}$, м	L_c , м
0,9	От 0 до 30	$5,75h$	$2,5h$
	От 30 до 100	$[5,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$	$2,5h$
	От 100 до 150	$5,5h$	$2,5h$
0,99	От 0 до 30	$4,75h$	$2,25h$
	От 30 до 100	$[4,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$	$[2,25-0,0107(h-30)] \cdot h$
	От 100 до 150	$4,5h$	$1,5h$
0,999	От 0 до 30	$4,25h$	$2,25h$
	От 30 до 100	$[4,25-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$	$[2,25-0,0107(h-30)] \cdot h$
	От 100 до 150	$4h$	$1,5h$

10.1.6 Тросовый молниеотвод считается двойным, когда расстояние между тросами не превышает предельной величины $L_{\max}$, в противном случае оба молниеотвода рассматриваются как одиночные. Для тросов разной высоты значение $L_{\max}$, L_c принимается наименьшим из двух значений. Конфигурация вертикальных и горизонтальных сечений стандартных зон защиты двойного тросового молниеотвода (высотой h и расстоянием между тросами L) представлена на рисунке 10.5.

Построение внешних областей зон (двух односкатных поверхностей с габаритами h_0 , r_0) проводится по формулам таблицы 10.2 для одиночных тросовых молниеотводов.

Размеры внутренних областей определяются параметрами h_0 и h_c , первый из которых задает максимальную высоту непосредственно у тросов, а второй – минимальную высоту зоны посередине между тросами. При расстоянии между тросами $L \leq L_c$, граница зоны не имеет провеса ($h_0 = h_c$). Для расстояний $L_c \leq L \leq L_{\max}$ высота h_c определяется по выражению 10.4:

$$h_c = \frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_c} h_0, \quad (10.4)$$

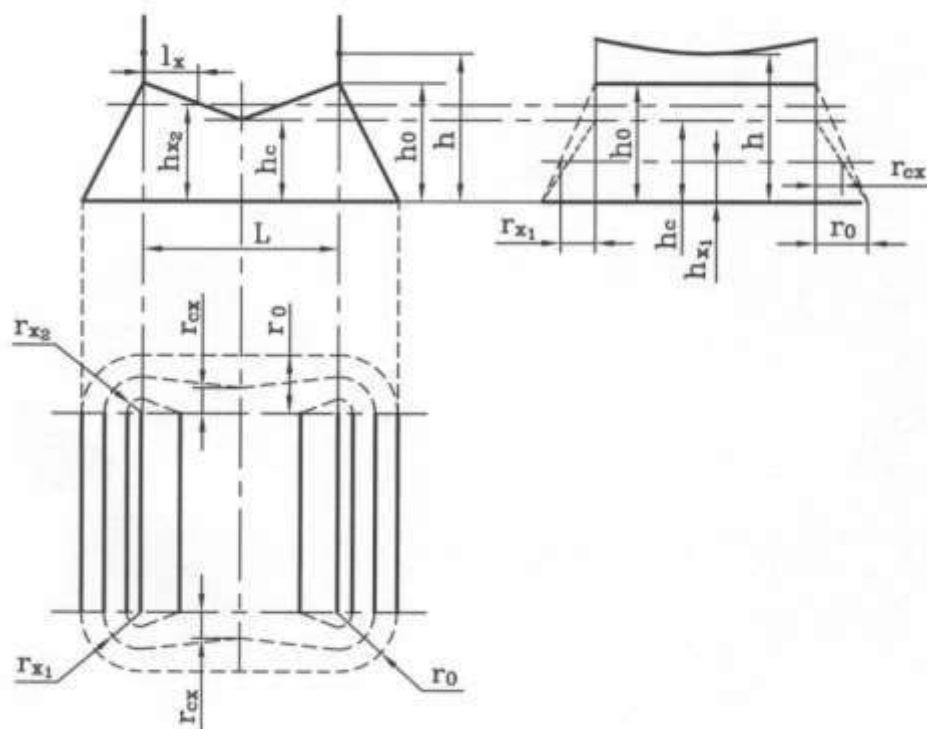


Рисунок 10.5 – Зона защиты двойного тросового молниеотвода

Входящие в него предельные расстояния $L_{\max}$ и L_c вычисляются по формулам таблицы 10.4.

Длина горизонтального сечения зоны защиты на высоте h_x определяется по формулам 10.5, 10.6:

$$l_x = L/2 \text{ при } h_c \leq h_x, \quad (10.5)$$

(параметры r_{cx} , r_x при их разной высоте тросов, вычисляется по аналогии с двойными стержневыми молниеприемниками)

$$l_x = \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_c)} \text{ при } 0 < h_c < h_x, \quad (10.6)$$

при их разной высоте тросов, l_x вычисляется для каждого молниеприемного троса отдельно).

Для расширения защищаемого объема на зону двойного тросового молниеотвода может быть положена зона защиты опор (при наличии молниеприемников на тросостойках, см. расчет двойных стержневых молниеприемников). В противном случае опоры должны рассматриваться как одиночные стержневые молниеотводы.

Когда требуется расчет молниезащиты с учетом стрел провеса или тросы разновелики (концы одного и того же троса находятся на разных высотах) рекомендуется применять специальные программы расчета молниезащиты

Таблица 10.4 – Расчет параметров зоны защиты двойного тросового молниеотвода

Надежность защиты P_3	Высота молниевывода h , м	$L_{\max}$, м	L_c , м
0,9	От 0 до 150	$6h$	$3h$
0,99	От 0 до 30	$5h$	$2,5h$
	От 30 до 100	$5h$	$[2,5-7,14 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$
	От 100 до 150	$[5-5 \cdot 10^{-3}(h-100)] \cdot h$	$[2-5 \cdot 10^{-3}(h-100)] \cdot h$
0,999	От 0 до 30	$4,75h$	$2,25h$
	От 30 до 100	$[4,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$	$[2,25-3,5 \cdot 10^{-3}(h-30)] \cdot h$
	От 100 до 150	$[4,5-5 \cdot 10^{-3}(h-100)] \cdot h$	$[2-5 \cdot 10^{-3}(h-100)] \cdot h$

10.2 Защита оптических кабельных линий передачи, магистральной и внутризоновых сетей связи

На вновь проектируемых оптических кабельных линиях связи защитные мероприятия следует предусматривать в обязательном порядке на тех участках, где вероятное число опасных ударов молнии (вероятная плотность повреждений) в кабелях превышает допустимое число указанное в таблице 10.5.

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

Назначение кабеля	При удельном сопротивлении грунта более 500 Ом·м	При удельном сопротивлении грунта менее 500 Ом·м
Кабели магистральной сети связи	0,1	0,2
Кабели внутризоновой сети связи	0,3	0,5

При проектировании оптических линий передачи предусматривается использование кабелей, имеющих категорию по молниестойкости не ниже приведенных в таблице 10.6. В этом случае при прокладке кабелей на открытой местности защитные меры применяются крайне редко, только в районах с высоким удельным сопротивлением грунта и повышенной грозовой деятельностью.

Таблица 10.6 – Рекомендуемые категории по молниестойкости оптических кабельных линий

Районы	Для магистральной сети связи	Для внутризональной сети связи
С удельным сопротивлением грунта до 1000 Ом·м	I–III	I–IV
С удельным сопротивлением грунта более 1000 Ом·м	I, II	I–III

На существующих оптических кабельных линиях защитные мероприятия осуществляются на тех участках, где произошли повреждения от ударов молнии, и они должны охватывать не менее 100 м в каждую сторону от места повреждения. В этих случаях необходимо предусмотреть прокладку защитных проводов.

10.3 Молниезащита воздушных линий электропередач (ВЛ) напряжением 110–750 кВ от прямых ударов молнии

10.3.1 Защита ВЛ 110-750 кВ

10.3.1.1 Весь комплекс мероприятий молниезащиты ВЛ должен обеспечить допустимое число отключений ВЛ с учетом условий эксплуатации (интенсивности грозовой деятельности, удельного сопротивления грунтов, статистических параметров тока молнии и т.д.).

Молниезащита ВЛ осуществляется применением тросовой защиты, заземлением опор с нормированными значениями сопротивления заземления, а так же, при необходимости, установкой на опорах ВЛ защитных аппаратов (ОПН).

10.3.1.2 Воздушные линии 110–750 кВ с металлическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине.

10.3.1.3 Сооружение ВЛ 110–330 кВ или их участков без тросов допускается:

1) в районах с числом грозовых часов в году менее 20 и в районах с плотностью разрядов на землю менее 1,5 на 1 км² в год;

2) на участках трассы с расчетной толщиной стенки гололеда более 25 мм;

3) для ВЛ с усиленной изоляцией провода относительно заземленных частей опоры при обеспечении расчетного числа грозовых отключений линии, соответствующего расчетному числу грозовых отключений ВЛ такого же напряжения с тросовой защитой.

Число грозовых отключений линии для случаев, приведенных в перечислениях 1) и 3), определенное расчетом с учетом опыта эксплуатации, не должно превышать без усиления изоляции трех в год для ВЛ 110 - 330 кВ и одного в год - для ВЛ 750 кВ.

Воздушные линии 110 - 220 кВ, предназначенные для электроснабжения объектов добычи и транспорта нефти и газа, должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине (независимо от интенсивности грозовой деятельности и удельного эквивалентного сопротивления земли).

Воздушные линии 110 кВ на деревянных опорах в районах с числом грозových часов до 40, как правило, не должны защищаться тросами, а в районах с числом грозových часов более 40 – защита их тросами обязательна.

10.3.1.4 При выполнении защиты ВЛ от грозových перенапряжений тросами необходимо руководствоваться следующим:

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

2) на металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с 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 и в районах с частой и интенсивной пляской проводов для ВЛ 110-330 кВ допускается угол защиты до 30° ;

3) на железобетонных и деревянных опорах portalного типа допускается угол защиты по отношению к крайним проводам не более 30° ;

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

10.3.1.5 На каждом анкерном участке длиной до 10 км тросы должны быть заземлены в одной точке путем устройства специальных перемычек на анкерной опоре. При большей длине анкерных пролетов количество точек заземления в пролете выбирается таким, чтобы при наибольшем значении продольной электродвижущей силы, наводимой в тросе при коротком замыкании (КЗ) на ВЛ, не происходил пробой ИП.

Изолированное крепление троса следует как правило выполнять стеклянными подвесными изоляторами.

На ВЛ 110 кВ, если не предусмотрена плавка гололеда или организация 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 они изолируются от опор на всем протяжении каналов высокочастотной связи и заземляются на подстанциях и усилительных пунктах через высокочастотные заградители.

10.3.1.6 Количество изоляторов в поддерживающем тросовом креплении должно быть не менее двух и 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 искровым промежутком. Размер ИП выбирается минимально возможным по следующим условиям:

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

2) ИП не должен перекрываться при однофазном КЗ на землю на других опорах;

3) 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 выполняется по всему участку плавки. В одной точке участка плавки тросы заземляются с помощью специальных перемычек. Тросовые изоляторы шунтируются ИП, которые должны быть минимальными, выдерживающими 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 (пункты 10.3.1.16 – 10.3.1.18).

10.3.1.10 Опоры ВЛ 110 – 750 кВ должны быть заземлены. Сопротивления заземляющих устройств опор при их высоте до 50 м должны быть не более приведенных в таблице 10.3.1.

При высоте опор более 50 м следует снизить сопротивление заземления опор в 2 раза по сравнению с приведенными в таблице 10.3.1.

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

На двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, независимо от класса напряжения линии и высоты опор, следует снижать сопротивления заземляющих устройств в 2 раза по сравнению с приведенными в таблице 10.3.1.

Таблица 10.3.1 - Наибольшее сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ

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

10.3.1.11 Для ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств, выполненных по условиям молниезащиты, должны обеспечиваться при отсоединенном тросе.

Сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ должны обеспечиваться и измеряться при токах промышленной частоты в период их наибольших значений в летнее время. Допускается

производить измерение в другие периоды с корректировкой результатов путем введения сезонного коэффициента, однако не следует производить измерение в период, когда на значение сопротивления заземляющих устройств оказывает существенное влияние промерзание грунта.

10.3.1.12 Железобетонные фундаменты опор ВЛ 110 кВ и выше могут быть использованы в качестве естественных заземлителей при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента и отсутствии гидроизоляции железобетона полимерными материалами.

Битумная обмазка на фундаментах не влияет на их использование в качестве естественных заземлителей.

10.3.1.13 При прохождении ВЛ 110 кВ и выше в местности с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и тому подобными грунтами с удельным сопротивлением $\rho \leq 1000$ Ом·м следует использовать арматуру железобетонных фундаментов, опор и пасынков в качестве естественных заземлителей без дополнительной укладки или в сочетании с укладкой искусственных заземлителей. В грунтах с более высоким удельным сопротивлением естественная проводимость железобетонных фундаментов не должна учитываться, а требуемое значение сопротивления заземляющего устройства должно обеспечиваться только применением искусственных заземлителей.

10.3.1.14 На ВЛ с деревянными опорами применяется как правило болтовое соединение заземляющих спусков; на металлических опорах соединение заземляющих спусков может быть выполнено как болтовым, так и сварным.

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

10.3.1.16 На одноцепных ВЛ 110 кВ и выше, защищенных тросом, при повышенных сопротивлениях заземления опор (50 Ом и выше) для повышения грозоупорности ВЛ следует устанавливать ОПН параллельно гирляндам изоляции опор с повышенным сопротивлением заземления. Число опор и фаз, на которых должны быть установлены ОПН определяется технико-экономическими расчетами, исходя из допустимого числа отключений ВЛ.

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

ОПН может быть подключен к ВЛ как через ИП так и без него. При непосредственном подключении ОПН между фазовым проводом и землей следует выбирать ОПН с максимальным значением номинального разрядного тока 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 выше, защищенных тросом, для снижения числа двухцепных грозовых перекрытий необходимо снизить сопротивление заземления опор до величины не более 20 Ом. При невозможности снижения сопротивления заземления опор следует установить на одной или нескольких фазах одной цепи ВЛ ОПН.

10.3.1.19 Повышение грозоупорности ВЛ на двухцепных опорах и сокращение числа двухцепных отключений ВЛ можно достичь усилением изоляции одной из цепей на 20 – 30 % по сравнению с изоляцией другой цепи.

10.3.1.20 Кабельные вставки на ВЛ должны быть защищены от грозových перенапряжений установкой ОПН по обоим концам кабеля. Заземляющий зажим ОПН должен быть соединен с заземлителем отдельным проводником.

10.3.1.21 Гирлянды изоляторов единичных металлических опор, а также крайних опор участков с такими опорами и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ с деревянными опорами должны защищаться ОПН.

10.3.1.22 При выполнении защиты переходов ВЛ 110 – 750 кВ от грозových перенапряжений необходимо:

1) защищать от прямых ударов молнии тросами;

2) 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 гололеда III и более, а также в районах с частой и интенсивной пляской проводов допускается угол защиты до 30°;

3) допускается отказ от тросовой защиты для переходов в гололедных районах с толщиной стенки гололеда более 25 мм при установке на опорах перехода ОПН;

4) горизонтальное смещение троса от центра крайней фазы должно быть не менее: 1,5 м – для ВЛ 110 кВ; 2,5 м – для ВЛ 220 кВ; 3,5 м – для ВЛ 330 кВ и 4 м – для ВЛ 750 кВ.

10.3.1.23 Для молниезащиты переходов с пролетами длиной выше 700 м или для с высотой опор выше 100 м выполняется установка ОПН на опорах перехода. Расстановка ОПН по фазам и опорам перехода определяется расчетом.

10.3.1.24 Сопротивление заземления опор перехода с ОПН следует уменьшать в два раза по сравнению со значениями, приведенными в таблице 10.3.1.

10.3.2 Защита ВЛЗ 110 кВ

Для защиты ВЛЗ-110 от грозových перенапряжений (ПУМ и индуктированных) применяется:

– молниезащитный трос;

– ОПН напряжением 110 кВ, которые устанавливаются на каждой фазе на опорах перехода ВЛ в ВЛЗ.

Сопротивление заземления опор должно быть не более 20 Ом.

10.4 Молниезащита ВЛ 6–35 кВ

10.4.1 Общие требования

10.4.1.1 Применение молниезащитного троса на ВЛ 6–35 В малоэффективно из-за низкой импульсной прочности линейной изоляции и, соответственно, высокой вероятности обратного перекрытия при ударе в опору и трос. Только на ВЛ–35 кВ на подходе к подстанциям подвешивается молниезащитный трос для защиты подстанционного оборудования от волн, набегающих с ВЛ.

К мероприятиям, увеличивающим грозоупорность ВЛ 6–35 кВ, относятся:

- использование изолированной нейтрали;
- компенсация токов однофазного замыкания на землю;
- автоматическое повторное включение.

Грозоупорность ВЛ 6–35 кВ существенно повышается при использовании для подвески нижних проводов изоляционных траверс из пластических материалов, так как на этих линиях большой удельный вес отключений от индуцированных перенапряжений.

На ВЛ 6–35 кВ для защиты ослабленных мест устанавливаются ОПН. Отдельные места ВЛ требуют дополнительных мер защиты. К таким местам относятся:

- пересечения ВЛ между собой и с линиями связи;
- опоры ВЛ со сниженной импульсной прочностью изоляции;
- высокие переходные опоры;
- ответвления к подстанциям на отпайках и секционирующие разъединители на опорах.

10.4.1.2 От воздействия грозовых перенапряжений необходимо защищать:

- линейное электрооборудование, 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 другие);
- воздушные линии с защищенными проводами;
- воздушные линии с неизолированными проводами (в местах, например, с аномальной грозовой деятельностью).

Для защиты секционирующих пунктов и пунктов АВР 6-10 кВ должны быть установлены 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 от грозовых перенапряжений не устанавливаются.

10.4.1.3 Для ВЛ напряжением 6-10 кВ на железобетонных опорах основным резервным мероприятием для повышения эксплуатационной надежности, предотвращающим перерывы в электроснабжении, является АПВ. Отказ от АПВ в каждом отдельном случае должен быть обоснован. Имеющиеся в эксплуатации устройства АПВ должны быть постоянно включены в работу.

На ВЛ напряжением 6-10 кВ должны применяться устройства АПВ одно- и двукратного действия. Для первого цикла АПВ следует использовать бестоковую паузу продолжительностью 1-3 с, а для второго цикла - не менее 15-20 с.

Вероятность успешной работы АПВ на ВЛ напряжением 6-10 кВ при грозах составляет примерно 0,5.

10.4.1.4 Если на ВЛ напряжением 6-10 кВ с деревянными опорами устанавливаются отдельные железобетонные опоры, то на последних при отсутствии аппаратов защиты должны применяться изоляторы более высокого класса напряжения и/или изоляционные траверсы.

При этом градиент рабочего напряжения по пути перекрытия между фазами не должен превышать значений, приведенных в 10.4.1.5.

10.4.1.5 Для повышения грозоупорности ВЛ напряжением 6-10 кВ используются как правило 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 не превышал 8-10 кВ/м.

Металлические траверсы на деревянных опорах не применяются.

10.4.1.6 На ответвлениях от магистрали ВЛ напряжением 6-10 кВ на деревянных опорах за линейным разъединителем со стороны питания должен устанавливаться аппарат защиты от грозовых перенапряжений.

10.4.1.7 Кабельные вставки в ВЛ напряжением 6-10 кВ должны быть защищены по обоим концам кабеля. Допускается не защищать:

- вставки с пластмассовой изоляцией и оболочкой длиной 2,5 км и более;
- вставки других конструкций кабеля длиной 1,5 км и более.

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

- применять опоры, обеспечивающих расположение проводов по треугольнику;
- устанавливать РДИ параллельно изолятору. На верхнюю фазу устанавливать РДИ с относительно небольшой длиной перекрытия (например, 1 м для ВЛ 10 кВ). На нижние фазы установить РДИ с длиной перекрытия по 2 м.

Установка РДИ обеспечит также защиту от индуктированных перенапряжений.

10.4.1.9 ВЛ напряжением 6-10 кВ при пересечениях требуют установки аппаратов защиты от воздействия грозовых перенапряжений.

Защита пересечения ВЛ вызвана необходимостью предотвратить тяжелые аварии в случае перекрытия в результате разряда молнии с верхней ВЛ на нижнюю ВЛ или линию связи. Наибольшую опасность представляет удар молнии в пролет пересечения.

10.4.1.10 Применение специальных мер защиты ВЛ напряжением 6-10 кВ на пересечениях не требуется для линий, выполненных на:

- железобетонных опорах;
- деревянных опорах при расстояниях между проводами пересекающихся ВЛ не менее:
 - 9 м при пересечении с ВЛ 750 кВ;
 - 7 м - с ВЛ 330-500 кВ;
 - 6 м - с ВЛ 150-220 кВ;
 - 5 м - с ВЛ 35-110 кВ;
 - 4 м - с ВЛ 6-10 кВ и более низкого напряжения.

10.4.1.11 Следует выбирать место пересечения возможно ближе к опоре верхней из пересекающихся линий, что обычно позволяет обеспечить требуемые по условиям защиты от воздействия грозовых перенапряжений расстояния в месте пересечения.

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

10.4.1.12 Наименьшие расстояния между ближайшими проводами пересекающихся ВЛ должны быть не менее приведенных в таблице 10.4.1 при температуре воздуха плюс 15 °С без ветра.

Таблица 10.4.1 - Наименьшие расстояния между проводами пересекающихся ВЛ на железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии аппаратов защиты

Пересекающая воздушная линия	Длина пролета пересекающейся ВЛ, м	При расстоянии от места пересечения до ближайшей опоры ВЛ, м					
		30	50	70	100	120	150
ВЛ 750 кВ	до 200	6,5	6,5	6,5	7	-	-
	300	6,5	6,5	7	7,5	8	8,5

	450	6,5	6,5	7,5	8	8,5	9
	500	7	7	8	8,5	9	9,5
ВЛ 330 кВ	до 200	5	5	5	5,5	-	-
	300	5	5	5,5	6	6,5	7
	450	5	5,5	6	7	7,5	8
ВЛ 150-220 кВ	до 200	4	4	4	4	-	-
	300	4	4	4	4,5	5	5,5
	450	4	4	5	6	6,5	7
ВЛ 35-110 кВ	до 200	3	3	3	4	-	-
	300	3	3	4	4,5	5	-
ВЛ 6-10 кВ и более низкого напряжения	до 100	2	2	-	-	-	-
	150	2	2,5	2,5	-	-	-

Для промежуточных значений пролетов соответствующие расстояния определяются линейной интерполяцией. Расстояние между ближайшими проводами пересекающей и пересекаемой ВЛ напряжением 6-10 кВ при условии, что хотя бы одна из них выполнена с защищенными проводами, должно быть не менее 1,5 м (при температуре воздуха плюс 15 °С без ветра).

10.4.1.13 На ВЛ с деревянными опорами на опорах, ограничивающих пролеты пересечения ВЛ, должны устанавливаться аппараты защиты на обеих пересекающихся линиях. Расстояния между проводами пересекающихся ВЛ должны быть не менее приведенных в таблице 10.4.1.

10.4.1.14 На деревянных опорах ВЛ напряжением 6-10 кВ при пересечении с ВЛ напряжением 750 кВ и ниже устанавливаются аппараты защиты.

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

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

10.4.2 Защита ВЛП 6-10 кВ

10.4.2.1 ВЛП должны быть защищены от воздействия грозových перенапряжений, в том числе от пережога покрытых проводов в местах их крепления на опорах.

Для защиты ВЛП от грозových перенапряжений (в том числе от пережога проводов) следует применять:

РДИ;

ОПН;

УЗПН, представляющие собой ОПН с искровыми промежутками;

заземление опор.

На ВЛП требования к заземлению опор, значение сопротивления заземляющих устройств должно соответствовать требованиям для ВЛ с неизолированными проводами, а именно:

опоры с РДИ и УЗПН дополнительно не заземляются;

опоры с ОПН должны заземляться с нормированными согласно ТКП 339 значениями для ограничителей перенапряжения.

10.4.2.2 Защита от индуктированных перенапряжений осуществляется с применением РДИ, УЗПН, ОПН путем установки их на опорах ВЛП параллельно изоляторам.

На ВЛП следует применять длинно-искровые разрядники типа РДИП.

Допускается применение РДИМ, РДИШ, а также мультикамерных разрядников и изоляторов-разрядников согласно рекомендаций 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.

ОПН следует устанавливать по 3 штуки на опоре в каждую фазу. Количество ОПН на ВЛП определяется проектом с учетом пунктов 10.4.2.4 и 10.4.2.5.

УЗПН на ВЛП с подвесной изоляцией, как правило, не применяют.

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

10.4.2.4 При прохождении ВЛП в лесном массиве, устройства грозозащиты РДИП, УЗПН или ОПН (на опорах ВЛП через 450-550 м линии) следует устанавливать:

в районах со средней продолжительностью грозовых часов в году – более 60;

на магистралях ВЛП;

на ВЛП, электроснабжающих потребителей категории 1 (категории 2 по согласованию с энергоснабжающей организацией (ЭСО);

Тип конкретного устройства определяет ЭСО.

10.4.2.5 В районах со средней продолжительностью грозовых часов в год менее 60 и ВЛП, питающих потребителей категории 2 и 3, как правило, устанавливают ОПН. Допускается применение РДИП или УЗПН (по согласованию с ЭСО).

Количество ОПН, устанавливаемых на опорах ВЛП, определяется местными условиями, зависящими от конкретной интенсивности грозовой деятельности в районе с ВЛП (определяется по региональным картам, с возможным уточнением данных метеослужб), данным ЭСО по числу «грозовых» отключений ВЛ, сопротивлению грунта, высоте деревьев лесного массива и т.д.

Установка ОПН на ВЛП при входе ее в лес и выходе из него обязательна.

При установке, согласно 10.4.3.5, ОПН на опорах ВЛП при входе в лес и выходе из него (2 комплекта) следует принять дополнительные меры по эксплуатации в грозовой период для безусловного устранения возможных аварийных ситуаций, возникающих от грозовых перенапряжений, за соответствующий нормам надежности электроснабжения период времени согласно ТКП 385.

10.4.3 Защита ВЛЗ 35 кВ

10.4.3.1 Участки с ВЛЗ-35, как правило, прокладываются в местах, где имеется экранирование, поэтому при решении вопроса повышения грозоупорности воздушной линии в первую очередь следует рассматривать защиту от индуктированных грозовых перенапряжений, так как количество ПУМ ничтожно мало.

Участки ВЛЗ-35, проходящие через лес, защищаются от грозовых индуктированных перенапряжений.

На открытой (неэкранированной) местности (при необходимости прокладки ВЛЗ-35), должна быть выполнена молниезащита.

10.4.3.2 Для защиты ВЛЗ-35 от грозовых перенапряжений применяются специальные грозозащитные устройства:

– ограничитель перенапряжения нелинейный на напряжение 35 кВ (ОПН-35);

– ОПН-35 с искровым промежутком типа УЗПН-35, который устанавливается на промежуточных опорах ВЛ со штыревыми (УЗПН-35-Ш) и опорными линейными (УЗПН-35-ОЛ)

изоляторами, а также на промежуточных и анкерных опорах с подвесными изоляторами (УЗПН-35-ПС);

- разрядник мультикамерный экранного типа РМКЭ-35, который на ВЛ с любыми видами опор со штыревой или подвесной изоляцией;

- гирлянда с изоляторами-разрядниками мультикамерными типа ГИРМК-35, которая устанавливается на опоре ВЛ вместо стандартной поддерживающей гирлянды с подвесными изоляторами.

10.4.3.3 Устройства типа УЗПН-35 устанавливаются по одному на каждую опору с последовательным чередованием фаз. УЗПН-35 устанавливается на каждую опору на каждую фазу. Такая установка применяется при защите: ВЛЗ-35 с пролетом более 80 метров, локальных объектов на ВЛ, ВЛ с аномально высокими сопротивлениями заземления опор, особо ответственных ВЛ.

10.4.3.4 Разрядник типа РМКЭ-35 устанавливается на каждой опоре при переходе ВЛ в ВЛЗ в каждую фазу ВЛ (на опоре) со штыревой или полимерной изоляцией.

10.4.3.5 Устройство защиты от перенапряжения типа ГИРМК-35 применяется для установки на все виды опор (в каждую фазу) вместо «традиционных гирлянд» и «стыкуется» со стандартной арматурой. На опорах с натяжной изоляцией ГИРМК-35 устанавливаются в шлейф.

10.4.3.6 Установка ОПН-35 на ВЛЗ-35 при заходе ее в лес и выходе из него обязательна.

При длине участка леса до 200 м допускается установка одного комплекта ОПН-35 в середине участка.

При длине участка леса более 1 км количество ОПН-35 определяется местными условиями (в зависимости от интенсивности грозовой деятельности). Как правило, установка ОПН-35 осуществляется через 400-500 м.

10.4.3.7 В целях эффективной защиты проводов ВЛЗ-35 необходима установка ОПН-35 (на опоре) в каждую фазу параллельно изоляторам.

Защита ВЛ 0,38 кВ

10.4.4.1 От грозовых перенапряжений должны быть защищены:

- электрооборудование и аппараты, установленные на опорах ВЛ;
- ответвления от магистрали к вводам в здания;
- защита изоляции проводов ВЛИ.

10.4.4.2 Защита ответвлений от магистрали к вводам в здания и снижение величины грозовых перенапряжений, проникающих во внутренние проводки, достигается путем отвода тока молнии в заземлитель через заземляющий спуск, смонтированный на опоре с ответвлением к вводу потребителя.

10.4.4.3 ВЛ напряжением 0,38 кВ, проходящие по населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой, должны иметь заземляющие устройства, предназначенные для защиты от грозовых перенапряжений.

К заземляющим устройствам должны быть присоединены 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 арматура железобетонных опор.

Сопротивление заземляющих устройств опор должны быть не более 30 Ом. Расстояния между опорами с заземляющими устройствами не должно превышать:

- 200 м для районов со среднегодовой продолжительностью гроз ≤ 40 ч;
- 100 м - для районов со среднегодовой продолжительностью гроз более 40 ч.

10.4.4.4 Дополнительно, заземляющие устройства должны быть выполнены:

- на опорах с ответвлениями к вводам в здания, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы, ясли, больницы), или которые представляют большую материальную ценность (животноводческие, птицеводческие помещения, склады);

- на концевых опорах линий, имеющих ответвления к вводам, при этом наибольшее расстояние от соседнего заземления этих же линий должно быть не более 100 м для районов со среднегодовым числом часов гроз до 40 и 50 м - для районов со среднегодовым числом часов гроз более 40.

10.4.4.5 На вводах в здания и на концевых опорах линий дополнительно устанавливаются ОПН низкого напряжения.

10.4.4.6 Для защиты электронного оборудования (компьютеры, телевизоры и т.д.) от грозовых перенапряжений, проникающих в проводку здания, следует применять специальные

разрядники и ОПН, расположенные в непосредственной близости от защищаемого оборудования. Для защиты особо чувствительного оборудования следует предусматривать специальные трансформаторы, фильтры и источники питания.

10.4.4.7 Крюки, штыри деревянных опор заземлению не подлежат, за исключением крюков и штырей на опорах, где выполнены повторные заземления для защиты от грозовых перенапряжений.

Крюки, штыри и арматура опор, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых производится совместная подвеска, должны быть заземлены.

10.4.4.8 На ВЛ напряжением 0,38 кВ с изолированными самонесущими проводами (ВЛИ 0,38 кВ) должны быть выполнены заземляющие устройства, предназначенные для повторного заземления нулевого провода, защиты от грозовых перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛИ 0,38 кВ.

10.4.4.9 Заземляющие устройства для повторного заземления нулевого провода и для целей защиты от грозовых перенапряжений должны выполняться в соответствии с требованиями настоящих Норм. В случае изолированного нулевого провода присоединение его к заземлению осуществляется с помощью прокалывающего зажима.

10.4.4.10 Для защиты электрооборудования, аппаратов и ВЛИ 0,38 кВ должны применяться ОПН (или РВ), установленные в непосредственной близости от защищаемых объектов.

ОПН (или РВ) на ВЛИ должны быть присоединены к фазному проводу посредством прокалывающих зажимов.

10.4.4.11 Ограничители перенапряжения и разрядники, устанавливаемые на опорах ВЛИ 0,38 кВ для защиты кабельных вставок от грозовых перенапряжений, должны быть присоединены к заземлителю отдельным спуском.

10.5 Защита ОРУ электростанций и подстанций 6–750 кВ от перенапряжений

Эффективность защиты от перенапряжений внутренней изоляции подстанционного оборудования должна быть значительно более высокой по сравнению с воздушной и линейной изоляцией ВЛ, так как внутренняя изоляция оборудования подстанций имеет небольшие запасы по отношению к импульсным испытательным напряжениям и не обладает свойством самовосстановления после перекрытия в результате разряда молнии.

10.5.1 Выбор системы молниеотводов для защиты РУ и ПС от прямых ударов молнии. Зоны защиты молниеотводов

10.5.1.1 Защита оборудования РУ и ПС, в том числе зданий и сооружений расположенных на территории ПС, от прямых ударов молнии обеспечивается системой стержневых и тросовых молниеотводов (преимущественно на ОРУ), молниеприемной сеткой (в части зданий).

10.5.1.2 При размещении объекта следует руководствоваться тем, что наименьшую надежность защиты объект будет иметь, если он своими выступающими частями касается границы зоны защиты, при размещении объекта в глубине зоны защиты надежность защиты повышается.

Уровень защиты объекта от прямых ударов молнии характеризует надежность защиты (P_z) и выражается через вероятность прорыва молнии в зону защиты молниеотвода:

$$P_z = 1 - P_{пр}.$$

10.5.1.3 В таблице 10.7 приведены уровни защиты от прямых ударов молнии для зданий и сооружений вновь возводимых ПС. Для зданий и сооружений реконструируемых ПС уровни защиты определяются владельцами этих объектов.

Таблица 10.7 Уровни защиты от прямых ударов молнии

Уровень защиты	Надежность молниезащиты P_z
----------------	-------------------------------

I	0,999
II	0,99
III	0,9

Выбор типа и высоты молниеотводов производится, исходя из значений требуемой надежности.

Объект считается защищенным, если совокупность всех его молниеотводов обеспечивает надежность защиты от прорывов молнии на защищаемый объект не менее требуемой. Во всех случаях система защиты от прямых ударов молнии выбирается так, чтобы максимально использовались естественные молниеотводы, а если обеспечиваемая ими защищенность недостаточна - в комбинации со специально установленными молниеотводами.

10.5.1.4 Молниезащиту вновь возводимых ПС 110-750 кВ следует выполнять с II уровнем защиты. Молниезащита реконструируемых ПС 35-110 кВ допускается выполнять с III уровнем защиты, а ПС 220-750 кВ с II уровнем защиты.

Зона молниезащиты состоящая из нескольких молниеприемников и тросов получается путем сложений зон различных молниеприемников и тросов.

10.5.2 Способы защиты от прямых ударов молнии ОРУ ПС

10.5.2.1 Защита ОРУ до 750 кВ от прямых ударов молнии должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на конструкциях стержневыми молниеотводами. Следует использовать защитное действие высоких объектов, которые являются молниеприемниками (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты и т.п.).

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ и выше с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления не менее чем в трех направлениях, с углом не менее 90° между соседними. Кроме того, должно быть установлено не менее одного вертикального электрода длиной не менее 5 м на каждом направлении, на расстоянии не менее длины электрода от места присоединения к магистрали заземления стойки с молниеотводом.

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

Защиту от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям, следует выполнять отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с импульсным сопротивлением (10.____ и 10.____) не более 80 Ом при импульсном токе 60 кА.

$$R_{и} = R_{изм} \cdot K_{и}, \quad (10.____)$$

где $R_{и}$ – импульсное сопротивление контура заземления;

$R_{изм}$ – измеренное значение контура заземления;

$K_{и}$ – коэффициент пересчета.

$$K_{и} = \sqrt{1500 \cdot S / L(\rho + 320)(I_m + 45)},$$

где S – площадь заземлителя;

ρ – удельное сопротивление грунта Ом·м;

I_m – ток молнии, при котором начинается искрообразование (эта величина неопределенная).

Расстояние S_3 , м между обособленным заземлителем отдельно стоящего молниеотвода и ближайшей к нему точкой заземляющего контура ПС, ЗРУ, зданий и сооружений должно быть равным (но не менее 3 м):

$S_3 > 0,2 \cdot R_i$, где R_i – импульсное сопротивление заземления, Ом, отдельно стоящего молниеотвода.

Расстояние по воздуху $S_{в.о}$, м, от отдельно стоящего молниеотвода с обособленным заземлителем до токоведущих частей, заземленных конструкций и оборудования ОРУ ПС, а также до ЗРУ, зданий и сооружений, должно быть равным (но не менее 5 м):

$$S_{в.о} > 0,12 \cdot R_i + 0,1 \cdot H,$$

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

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов в ОРУ должны быть присоединены к заземляющему устройству ОРУ (ПС) при соблюдении указанных выше условий установки молниеотводов на конструкциях ОРУ.

Место присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к заземляющему устройству ПС должно быть удалено по магистралям заземления на расстояние не менее 15 м от места присоединения к нему трансформатора (реактора). В месте присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к заземляющему устройству ОРУ 110 – 150 кВ магистрали заземления должны быть выполнены не менее чем по трем направлениям с углом не менее 90° между ними.

Заземлители молниеотводов, установленных на прожекторных мачтах, должны быть присоединены к заземляющему устройству ПС. В случае несоблюдения условий, указанных выше, дополнительно к общим требованиям присоединения заземлителей отдельно стоящих молниеотводов должны быть соблюдены следующие требования:

1) в радиусе 5 м от молниеотвода следует установить три вертикальных электрода длиной 3 – 5 м;

2) если расстояние по магистрали заземления от места присоединения заземлителя молниеотвода к заземляющему устройству до места присоединения к нему трансформатора (реактора) превышает 15 м, но менее 40 м, то на выводах обмоток напряжением до 35 кВ трансформатора должны быть установлены ОПН.

Расстояние по воздуху от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединен с заземляющим устройством ОРУ ПС, до токоведущих частей должно составлять:

$$S_{в.с} > 0,1 \cdot H + m,$$

где H –высота токоведущих частей над уровнем земли, м; m –длина гирлянды изоляторов, м.

Для снижения грозовых перенапряжений на трансформаторах место присоединения конструкции со стержневым или тросовым молниеотводом к заземляющему устройству ПС должно быть расположено на расстоянии не менее 15 м по магистралям заземления от места присоединения к нему трансформаторов (реакторов).

Присоединение молниеотводов к магистралям заземления ПС на расстоянии менее 15 м от силовых трансформаторов допускается при эквивалентном удельном сопротивлении земли не более 350 Ом·м и при соблюдении следующих условий:

1) для трансформаторов, имеющих обмотки 6–35 кВ, непосредственно на всех выводах этих обмоток (кроме выводов нейтрали 6-35 кВ) или на расстоянии не более 5 м от них по ошиновке должны быть установлены ОПН 6–35 кВ;

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

3) на каждом направлении, на расстоянии 3–5 м от стойки с молниеотводом, должно быть установлено по одному вертикальному электроду длиной 5 м;

4) заземляющие проводники ОПН и силовых трансформаторов следует как правило присоединять к заземляющему устройству ПС поблизости один от другого или выполнять их так, чтобы место присоединения ОПН к заземляющему устройству находилось между точками присоединения заземляющих проводников портала и трансформатора;

5) заземляющие проводники отдельностоящих измерительных трансформаторов тока необходимо присоединить к заземляющему устройству РУ в наиболее удаленных от заземления ОПН места;

6) не соединяются, по кратчайшему пути, заземление силовых трансформаторов и молниеотвод.

10.5.2.2 Грозозащитные тросы ВЛ 110 кВ и выше, как правило, следует присоединять к заземленным конструкциям ОРУ ПС.

Неиспользуемые обмотки низшего и среднего напряжений силовых трансформаторов (автотрансформаторов), а также обмотки, временно отключенные от шин РУ в грозовой период, должны быть соединены в звезду или треугольник и защищены ОПН, включенными между вводами каждой фазы и землей. Защита неиспользуемых обмоток низшего напряжения, расположенных первыми от магнитопровода, может быть выполнена заземлением одной из вершин треугольника, одной из фаз или нейтрали звезды либо установкой ОПН соответствующего класса напряжения на каждой фазе.

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

Кабельные вставки 110 –220 кВ должны быть защищены с обеих сторон ОПН. Отказ от установки ОПН хотя бы с одной стороны кабельной вставки должен быть обоснован.

10.5.2.4 При наличии на территории ПС ОРУ, различного уровня напряжения, уровень молниезащиты участков территории должен соответствовать 10.5.1.4.

10.5.2.5 Распредустройства 6-10 кВ, к которым присоединены ВЛ, должны быть защищены ОПН (или РВ), установленными на шинах или у трансформаторов.

В обоснованных случаях должны применяться дополнительно защитные емкости.

Ограничитель перенапряжения (или вентильный разрядник) в одной ячейке с трансформатором напряжения должен быть присоединен до его предохранителя.

10.5.2.6 При применении воздушной связи трансформаторов с шинами РУ 6-10 кВ расстояния от ОПН (или РВ) до защищаемого оборудования не должны превышать 60 м при ВЛ на деревянных опорах и 90 м при ВЛ на железобетонных опорах.

При присоединении трансформаторов к шинам кабелями расстояния от установленных на шинах ОПН (или РВ) до трансформаторов не ограничиваются.

При установке на всех вводах линий в РУ аппаратов защиты (ОПН или РВ) с расстояниями до оборудования согласно 10.5.2.6 настоящих Норм, по условиям защиты от грозовых перенапряжений на шинах ПС аппараты защиты могут не устанавливаться.

10.5.2.7 Защита ТП 6-10/0,4 кВ (ЗТП, КТП, столбовых (СТП) и мачтовых (МТП) подстанций) осуществляется комплектом ОПН (или РВ).

На МТП и СТП аппараты защиты устанавливаются на опорах (опоре) после или до разъединителя.

На КТП шкафного или киоскового исполнения с воздушным вводом аппараты защиты устанавливаются на шкафу устройства ввода высокого напряжения.

На ЗТП с воздушным вводом аппараты защиты устанавливаются на шинную сборку 6-10 кВ.

Защита электрооборудования ТП 6-10/0,4 кВ, непосредственно связанного с ВЛ напряжением 0,38 кВ, осуществляется путем установки на шинах 0,4 кВ ОПН (или РВ), а на подходах ВЛ - двух защитных заземлений на расстоянии ~50 м от трансформатора и на таком же расстоянии друг от друга с присоединением их к нулевому проводу и к крюкам или штырям изоляторов фазных проводов.

Сопrotивление заземления должно быть не более 30 Ом.

Защита подстанций 10/0,4 кВ, связанных с ВЛ напряжением 0,38 кВ через кабельную вставку, от перенапряжений со стороны ВЛ осуществляется посредством установки ОПН (или РВ) на опоре с концевой кабельной муфтой и защитой подхода, как описано выше.

На деревянных опорах ВЛ при переходе в кабельную линию заземляющий проводник должен быть присоединен к PEN-проводнику ВЛ и металлической оболочке кабеля (PEN-проводник - совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник).

10.5.3 Защита от прямых ударов молнии ЗРУ, зданий и сооружений на территории ПС

Здания ЗРУ и ПС следует защищать от прямых ударов молнии в районах с числом грозовых часов в году более 20.

10.5.3.1 Уровень молниезащиты каждого зданий (сооружения) расположенных на территории ПС выбирается из условия наибольшего напряжения РУ устанавливаемого в здании согласно 10.5.1.4. При наличии в здании (расположенное на территории ПС) только РУ до 1 кВ, здание должно иметь уровень молниезащиты не менее III .

10.5.3.2 Молниезащита зданий не входящих в зону защиты отдельностоящих молниеприемников может выполняться с помощью молниезащитной сетки и локальных молниеприемников, устанавливаемых на кровле здания.

10.5.3.3 Молниеприемная сетка должна быть выполнена из стальной проволоки диаметром 8-10 мм и уложена на кровлю непосредственно или под слой негорючих утеплителя или гидроизоляции. Токоотводы, соединяющие молниеприемную сетку с заземляющим устройством, должны быть проложены не реже указанных в таблице 10.5.3.1.

10.5.3.4 Шаг ячейки и среднее расстояние между токоотводами должен соответствовать таблице 10.5.3.2.

Таблица 10.5.3.1 - Шаг ячейки молниеприемной сетки и тоководами

<i>Уровень защиты</i>	<i>Шаг ячейки</i>	<i>Среднее расстояние между тоководами</i>
I	5	10
II	7	15
III	10	20

10.5.3.5 В качестве молниеприемников следует использовать конструкции здания, трубы и прочее при толщине металла не менее указанных в таблице. При этом должна быть обеспечена непрерывная электрическая связь между молниеприемником и заземлителем.

Таблица 10.5.3.2 - Толщина кровли, трубы, или корпуса резервуара выполняющие функцию естественного молниеприемника

<i>Материал</i>	<i>Толщина, мм</i>
железо	4
медь	5
алюминий	7

10.5.3.5 Все выступающие над металлической кровлей или сеткой металлические элементы здания (трубы, вентиляционные устройства и прочие, несоединенные с системой электроснабжения)) следует соединять с металлической кровлей или молниеприемной сеткой. Конструктивные элементы на крыше высотой 1 м и более, в которые не допустим удар молнии, должны входить в зону защиты молниеотводов, естественных или специально установленных и металлически связанных с металлической кровлей или сеткой.

Для предотвращения нежелательной разности потенциалов между различными металлическими элементами здания (трубы, вентиляционные устройства, токоотводы (заземляющие спуски и пр.), они должны быть соединены между собой.

Для предотвращения обратных перекрытий с заземляющих спусков и металлических конструкций здания на токоведущие части наружных вводов (как для неэкранированных, так и для экранированных зданий) токоотводы следует устанавливать на расстоянии не менее 5 м от проходных изоляторов. Также должны быть приняты меры по уменьшению сопротивления заземляющего контура здания.

При вводе ВЛ в ЗРУ через проходные изоляторы, расположенные на расстоянии менее 10 м от токоотводов и других связанных с ним токопроводящих частей, указанные вводы должны быть защищены ОПН.

В качестве заземления молниезащиты зданий следует использовать контур его рабочего заземления. При молниезащите здания в дополнение к естественному заземлителю выполняется

контур заземления, опоясывающий здание по его внешнему периметру. Контур укладывается на глубине 0,5 м на расстоянии 0,5 - 2 м от стен здания. Шаг соединения контура с закладными деталями железобетонного фундамента (при сварной сетке фундамента, а не вязаной) равен шагу присоединения токоотводов к контуру.

Суммарное импульсное сопротивление заземления зданий не должно превышать 10 Ом без учета эффекта вводимых в здание подземных коммуникаций. При удельном сопротивлении заземления грунта ρ более 500 Ом·м допускается увеличение сопротивления заземления согласно выражению:

$$R_{з.имп}=10 + 0,0022(\rho - 500),$$

Ом, но не более 20 Ом.

Когда эквивалентное удельное сопротивление грунта в месте размещения защищаемого объекта превышает 2500 Ом·м, возможно предусмотреть меры по его снижению по трассе контура заземления, опоясывающего объект, (например, частичной подсыпкой грунта или специальных материалов высокой проводимости).

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 (например, 6×6 м).

10.6.1 Защита ОРУ и ПС

10.6.1.1 Электрооборудование РУ и ПС должно быть защищено от набегающих с ВЛ грозовых волн и перенапряжений, возникающих при коммутациях участков сети.

Защита от набегающих с ВЛ грозовых волн должна осуществляться:

установкой ОПН на расстоянии до электрооборудования, обеспечивающим уровень защиты изоляции, соответствующий ГОСТ 1516.3;

применением тросового подхода;

установкой в линейной ячейке комплекта ОПН.

10.6.1.2 ОПН в ОРУ и ПС устанавливается:

на трансформаторе, автотрансформаторе или ШР – для защиты от коммутационных перенапряжений при их включении или отключении и от грозовых перенапряжений;

на шинах ОРУ для защиты электрооборудования от набегающих с ВЛ грозовых перенапряжений. ОПН может быть установлен на ВЛ за линейным выключателем для защиты электрооборудования, подключаемого к ВЛ за линейным выключателем, от коммутационных перенапряжений и набегающих с ВЛ волн грозовых перенапряжений.

ОПН должны быть установлены без коммутационных аппаратов при присоединении к линии, шинам ОРУ или автотрансформаторам (трансформаторам) или ШР. Спуск от ошиновки к ограничителю следует выполнять теми же проводами, что и для остального электрооборудования ОРУ. Заземление ограничителя осуществляется присоединением его к заземляющему устройству ОРУ, ПС. Необходимо выполнять связь заземления защищаемого оборудования и ОПН по кратчайшему расстоянию.

10.6.2 Защита подходов ВЛ к ОРУ ПС

10.6.2.1 Защита электрооборудования ОРУ 110 кВ и выше от набегающих со стороны ВЛ грозовых волн осуществляется комплексом мер, применяемых на подходах ВЛ к ОРУ, к которым относится:

- 1) тросовая защита. Снятие троса на подходе ВЛ к ОРУ запрещается;
- 2) защитный угол троса на ВЛ не более $20 - 26^\circ$;
- 3) нормирование сопротивлений заземления опор.

На каждой опоре подхода, за исключением случаев, предусмотренных в 10.6.2.2, трос должен быть присоединен к заземлителю опоры.

10.6.2.2 На подходах ВЛ 220-330 кВ к подстанциям на длине 1 - 3 км и на подходах ВЛ от 330 кВ до 750 кВ на длине 3-5 км, если тросы не используются для емкостного отбора, плавки гололеда или связи, их следует заземлять на каждой опоре.

Заземление троса должно быть выполнено с установкой перемычки, шунтирующей зажим.

Сопротивление заземления опор на подходе ВЛ 110 кВ и выше не должно превышать 10, 15 и 20 Ом при эквивалентном удельном сопротивлении земли в диапазоне 0–100, 101–500 и 501–1000 Ом·м. Допускается увеличение сопротивлений заземляющих устройств опор на подходах ВЛ напряжением 110 кВ и выше в 1,5 раза при числе грозовых часов в году менее 20 и в 3 раза при числе грозовых часов в году менее 10.

Если выполнение заземлителей с требуемыми сопротивлениями заземления оказывается невозможным, то на первой опоре подхода со стороны РУ должен быть установлен комплект ОПН при заземлении ОПН на контур заземления ОРУ.

На подходах ВЛ напряжением 110 – 330 кВ с двухцепными опорами заземляющие устройства опор должны быть не выше 10 Ом.

В особо гололедных районах и в районах с эквивалентным удельным сопротивлением земли более 1000 Ом·м допускается выполнение защиты подходов ВЛ к РУ отдельно стоящими стержневыми молниеотводами.

На ВЛ напряжением 110 кВ, которые имеют защиту тросом не по всей длине и в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, следует устанавливать комплект ОПН на входных порталах или на первой от РУ опоре того конца ВЛ, который может быть отключен.

На ВЛ, работающей на пониженном напряжении относительно класса изоляции, на первой опоре защищенного подхода, считая со стороны линии, должен быть установлен комплект ОПН.

На ВЛ с изоляцией, усиленной по условию загрязнения атмосферы, на первой опоре защищенного подхода со стороны ВЛ должен устанавливаться комплект ОПН, если начало защищенного подхода к ОРУ находится в зоне усиленной изоляции.

На портале ПС 330 – 750 кВ или первой опоре ВЛ со стороны ОРУ должен быть установлен комплект ОПН.

Для регионов с высокоомными грунтами импульсные сопротивления заземления опор на подходах и локальные сопротивления заземления контура подстанции должны быть определены расчетом или измерением.

10.6.2.3 Защита подходов ВЛ на деревянных опорах напряжением 6-10 кВ к подстанциям 35-110/6-10 кВ от грозовых перенапряжений должна выполняться в соответствии с требованиями настоящих Норм.

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

На подходах ВЛ 6-10 кВ с деревянными опорами к ПС (РУ, РП или РТП 6-10 кВ) на расстоянии 200-300 м от ПС должен быть установлен комплект аппаратов защиты.

На ВЛ напряжением 6-10 кВ, на которых в грозовой сезон могут иметь место длительные отключения с одной стороны, следует устанавливать аппараты защиты на конструкции ПС или на концевой опоре того конца ВЛ, который может быть длительно отключен.

При установке РВ или ОПН на всех вводах ВЛ в ПС и их удалении от подстанционного оборудования в пределах допустимых значений по условиям грозозащиты аппараты защиты на шинах ПС могут не устанавливаться.

Сопротивление заземления разрядников и ОПН не должны превышать 10 Ом при удельном сопротивлении земли до 1000 Ом·м и 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении.

Защита подходов ВЛ напряжением 6-10 кВ к ПС молниеотводами по условиям грозозащиты не требуется.

На подходах ВЛ напряжением 6-10 кВ с железобетонными опорами к подстанциям установка аппаратов защиты не требуется. Однако, при применении на ВЛ напряжением 6-10 кВ изоляции, усиленной более чем на 30 % (например, из-за загрязнения атмосферы), на расстоянии 200-300 м от ПС и на ее вводе должны быть установлены аппараты защиты.

Железобетонные опоры на протяжении 200-300 м подхода к ПС должны быть заземлены с сопротивлением не более указанных в настоящих Нормах.

В случае присоединения ВЛ напряжением 6-10 кВ к ПС посредством кабельной вставки, в месте присоединения кабеля к ВЛ должен быть установлен комплект РВ или ОПН. В этом случае заземляющий зажим разрядника, металлические оболочки кабеля, а также корпус кабельной муфты должны быть соединены между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим разрядника должен быть соединен с заземлителем отдельным спуском.

Если ВЛ выполнена на деревянных опорах, на расстоянии 200-300 м от конца кабеля следует устанавливать комплект аппаратов защиты. При длине кабельной вставки более 50 м установка РВ или ОПН на ПС не требуется. Сопротивление заземления аппарата должно быть не более значений, указанных в настоящих Нормах.

Аппараты защиты от грозовых перенапряжений (ОПН, РДИ, РВ или РТ) должны быть установлены в точках ВЛ с ослабленной изоляцией:

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

Сопротивления заземляющих устройств деревянных опор, на которых установлены трубчатые разрядники, ОПН и защитные промежутки должны приниматься в соответствии с требованиями настоящих Норм.

Подходы ВЛ напряжением 6-10 кВ, магистрали которых выполнены в габаритах ВЛ напряжением 35 кВ, следует защищать от прямых ударов молнии тросовыми молниеотводами.

10.7 Молниезащита электрических машин

Молниезащита электрических машин (генераторов, синхронных компенсаторов и высоковольтных электродвигателей) имеет свои особенности:

- уровень электрической прочности изоляции у машин значительно ниже, чем у другого оборудования;
- отсутствие специальных ОПН, которые смогли обеспечить достаточно высокую надежность защиты такой изоляции от перенапряжений;
- повреждения изоляции машин весьма значительны, так как через место пробоя изоляции машины продолжает протекать аварийный ток за счет э.д.с. остаточного намагничивания даже после снятия возбуждения машины, отключенной от сети;
- выход из строя электрических машин обуславливает большой экономический ущерб.

Поэтому для молниезащиты электрических машин на подходе ВЛ устанавливают дополнительные ОПН, отводящие часть тока набегающей волны в землю и снижающие таким образом импульсное напряжение на машине.

Кроме того, используется защитное действие кабельных вставок на подходах, чтобы снизить крутизну фронта импульсов перенапряжений на зажимах машины, параллельно с ней подключают конденсаторы. Снижению крутизны фронта способствуют также фидерные реакторы, установленные для снижения токов короткого замыкания.

Задача молниезащиты намного упрощается, если электрическая машина присоединяется к воздушной сети не непосредственно, а через трансформатор. Трансформатор существенно ограничивает амплитуду и крутизну импульсов перенапряжений.

Схема молниезащиты электрических машин, непосредственно связанных с воздушной сетью, содержит комплекс защитных средств: ОПН (разрядник) и малоиндуктивный конденсатор на шинах, защищенный подход ВЛ, ОПН (разрядник) на подходе ВЛ и кабельную вставку. Дополнительным элементом молниезащиты электрических машин является кабельная вставка. Она не только добавляет емкость, сглаживающую волну перенапряжений, но и отводит значительную долю тока волны в землю помимо шинного ОПН. Достаточная для практики надежность требует, чтобы длина кабельной вставки составляла не менее 300 м, а защищенного воздушного подхода – не менее 100 м; величина применяемой защитной емкости должна быть 0,5 мкФ.

Присоединение мощных электрических машин к трансформатору обычно осуществляется токопроводами, имеющими экран, и поэтому для них не представляет опасности индуктированные перенапряжения. Если же соединение машины с трансформатором производится шинным мостом или воздушной гибкой связью, то необходимо предусмотреть защиту от индуктированных перенапряжений, возникающих при ударах молнии вблизи шинного моста. Достаточно эффективным средством молниезащиты в этом случае является установка конденсаторов 0,1 – 0,5 мкФ.

Кроме индуктированных перенапряжений, электрическая машина может подвергаться воздействию импульсных перенапряжений, переходящих в обмотку НН трансформатора с обмотки ВН. Несмотря на то, что высоковольтные обмотки трансформатора имеют защиту от перенапряжений, вызванных набегающими по ВЛ волнам, возникающий в них импульс после перехода на обмотку может быть опасным для электрической машины. Вследствие большой скорости изменения напряжения импульса, его амплитуда, при переходе с одной обмотки в другую, уменьшается не пропорционально $K_{тр}$, а форма существенно изменяется.

Соединение обмоток трансформатора по схеме Y_0/Δ и Y/Δ существенно снижает вероятность появления на машине перенапряжений с амплитудой опасной для изоляции.

При малой мощности генераторов электродвигателей и синхронных компенсаторов использование промежуточного трансформатора между машиной и воздушной сетью нецелесообразно по технико-экономическим причинам.

10.8 Молниезащитные заземления в электроустановках 0,4 кВ

Молниезащитное заземление предназначено для защиты зданий и сооружений от воздействия тока молнии. Повреждения изоляции оборудования на объекте (подстанции, здании, открытой площадке) могут быть вызваны ударами молнии непосредственно в объект или возникновением высоких импульсных потенциалов в результате импульсов, набегающих с линии. При поражении молнией непосредственно линии или объектов и земли вблизи (индуцированный

потенциал) от прямых ударов молнии оборудование объектов защищается системой молниеотводов и заземлений, а от набегающих по линии импульсов (волн) основной защитой является ОПН. При выполнении молниезащитных заземлений для ВЛ (ВЛИ) 0,4 кВ следует руководствоваться п. 5.2.7.9 ТКП 339-2011 и разделом 15.3 ТКП 385-2012. Молниезащитные заземления на воздушных линиях выполняются для того, чтобы ток молнии, перекрывший изоляцию воздушной линии, отводился в землю через заземлители опор. В этом случае до объекта доходят импульсы не с амплитудой тока молнии, ударившей в линию, а со значительно меньшей амплитудой, т.к. раньше произойдет перекрытие линейной изоляции.

Без молниезащитных заземлений на воздушных линиях осуществить защиту зданий, изоляции подстанционного оборудования невозможно. На трансформаторных подстанциях функции молниезащитного, рабочего и защитного (с точки зрения техники безопасности) выполняет единое заземление. Поэтому оно должно быть выполнено так, чтобы избежать возможных обратных перекрытий изоляции и излишней работы релейной защиты при несоблюдении требований по магнитной совместимости.

10.9 Заземляющее устройство электроустановок 35–750 кВ

В таблице 10.8 даны усредненные значения удельных сопротивлений грунтов для различных районов Республики Беларусь. Этими данными необходимо пользоваться при проектировании заземляющих устройств при отсутствии данных по удельному сопротивлению грунта объекта и не проведении вертикального электрического зондирования для получения таких данных.

ЗУ электроустановок 110–750 кВ выполняется с соблюдением требований либо к их сопротивлению, либо к напряжению прикосновения. Величина электрических параметров заземляющего устройства во многом зависит от величины удельного сопротивления земли. В отношении электрической структуры земля может быть однородной и неоднородной. В случае неоднородной земли под ее удельным сопротивлением понимается эквивалентное удельное сопротивление.

Сопоставление ЗУ электроустановок должно соответствовать ТКП 181.

**Таблица 10.8 – Значения удельных сопротивлений грунтов
для различных регионов Республики Беларусь**

№ п/п	Грунты	Удельное сопротивление, Ом·м												
		Значения, рекомендуемые для расчета заземлителей						Граничные значения						Усредненное значение
		Ми нск ая об	Бр ест ска я	Ви теб ска я	Го ме льс кая	Гр од не нск	Мо гил евс кая	Ми нск ая об	Бр ест ска я	Ви теб ска я	Го ме льс кая	Гр од не нск	Мо гил евс кая	

		л.	об л.	об л.	об л.	ая об л.	об л.	л.	об л.	об л.	об л.	ая об л.	об л.	
1	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
2	Глины мягкопластичные	100	85	105	105	110	100	70– 140	60– 110	60– 150	70– 140	70– 150	60– 140	105
3	Торфы насыщенные агрессивными водами	40	50	35	40	40	45	25– 50	30– 70	20– 50	30– 50	25– 55	30– 60	45
4	Суглинки твердые и полутвердые	155	135	225	155	160	185	110 – 200	100 – 170	150 – 300	120 – 190	110 – 210	120 – 250	200
5	Суглинки мягкопластичные	125	125	140	140	125	140	100 – 150	100 – 150	110 – 170	110 – 170	100 – 150	110 – 170	135
6	Супеси твердые	265	225	245	280	260	265	210 – 320	200 – 250	210 – 280	210 – 350	210 – 310	210 – 320	275
7	Супеси пластичные и текучие	155	160	175	160	160	160	120 – 190	130 – 190	150 – 200	120 – 200	120 – 200	130 – 190	160
8	Супеси насыщенные агрессивными водами	120	90	120	105	110	120	90– 145	70– 110	90– 150	70– 140	70– 145	90– 150	110
9	Пески маловлажные	700 0	500 0	280 0	375 0	450 0	400 0	400 0– 100 00	200 0– 800 0	600 – 500 0	500 – 600 0	100 0– 800 0	200 0– 600 0	5300
10	Пески влажные и насыщенные водой	470	355	425	405	475	500	390 – 550	310 – 400	300 – 550	310 – 500	350 – 600	390 – 600	450
11	Пески насыщенные агрессивными водами	310	400	280	390	400	305	220 – 400	250 – 550	210 – 350	240 – 540	250 – 550	210 – 400	380

Напряжение прикосновения должно соответствовать ГОСТ 12.1.038.

Конструкция заземляющего устройства должна при минимальных затратах на ее сооружение обеспечить нормируемые значения электрических параметров заземляющего устройства в течение нормативного срока службы электроустановки.

Для заземления оборудования разного класса напряжения, расположенного на территории одной электроустановки, выполняется одно общее заземляющее устройство. На территории одной электроустановки нельзя иметь два заземляющих устройства, не связанных между собой, даже если они выполняют разные функции.

Основными частями заземляющего устройства подстанций и заземляющих устройств является искусственный заземлитель и естественные заземлители в зоне расположения заземляемого оборудования. Для подстанции искусственный заземлитель выполняется в пределах ограды подстанции. При необходимости искусственный заземлитель может расширяться за пределы ограды подстанции.

В зоне расположения оборудования искусственный заземлитель выполняется в виде заземляющей сетки. В случае расширения искусственного заземлителя за пределы зоны расположения оборудования, включая его расширение за пределы ограды, его внешняя часть выполняется в виде контурного заземлителя с вертикальными электродами.

В качестве естественных заземлителей прежде всего используются: заземленные тросы воздушных линий, отходящие от электроустановки кабели с металлическими покровами (броня, экраны, оболочка), металлические трубопроводы, не содержащие горючих газов или жидкостей.

Заземляющие устройства территориально разделенных открытых распределительных ОРУ подстанций различных классов напряжения соединяются между собой горизонтальными заземлителями—связями. Число связей выбирается с учетом величины протекающих между ОРУ различных классов напряжения токов однофазного короткого замыкания, 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.

Число связей определяется расчетом на стадии проектирования, но их должно быть не менее четырех. Заземлители—связи прокладываются равномерно по длине соседних ОРУ, в том числе и по краям ОРУ.

Искусственный заземлитель электроустановок напряжением 35–750 кВ состоит из продольных и поперечных горизонтальных заземлителей, соединенных между собой в заземляющую сетку. Продольные и поперечные горизонтальные заземлители, прокладываемые по периметру заземляющей сетки, должны в совокупности образовывать замкнутый контур. Продольные элементы заземляющей сетки прокладываются вдоль осей оборудования со стороны их обслуживания на глубине 0,5–0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8–1 м от фундаментов оснований оборудования.

При выполнении ЗУ подстанций и ОРУ электрических станций напряжением 110–750 кВ по норме на допустимое напряжение прикосновения поперечные элементы заземляющей сетки могут прокладываться в любых удобных местах между оборудованием. При этом расстояние между ними не должно превышать 30 м.

При выполнении ЗУ подстанций и ОРУ электростанций по норме на допустимое сопротивление поперечные элементы заземляющей сетки следует прокладывать на глубине 0,5–

0,7 м от поверхности земли с учетом обеспечения равномерного распределения потенциала по территории заземляющей сетки. С этой целью расстояние между ними должно увеличиваться от периферии к центру заземляющей сетки в последовательности, при которой первое и последующее расстояния, начиная от периферии, не должны превысить соответственно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 11,0; 13,5; 16,0; 20,0 м

При выполнении ЗУ подстанций 35 кВ поперечные элементы заземляющей сетки прокладываются в удобных местах между оборудованием, при этом их число должно быть не менее четырех, а расстояние между ними не должно превышать 20 м.

Контурный заземлитель как часть искусственного заземлителя сооружается только у ЗУ подстанций 35–110 кВ. Контурный заземлитель может располагаться как в пределах ограды подстанции, так и вне ее.

Контурный заземлитель вне ограды сооружается с целью выполнения ЗУ, удовлетворяющего нормам на его электрические параметры.

Для подстанций 35 кВ роль контурного заземлителя можно выполнять заземлитель из системы лучевых горизонтальных заземлителей с вертикальными электродами. По возможности лучевые заземлители должны прокладываться перпендикулярно друг другу, и их число не должно превышать четырех.

Для Республики Беларусь максимальная глубина промерзания грунта составляет порядка 1,8 м. С учетом этого и фактора эффективности работы вертикальных электродов как элементов ЗУ их длина не должна быть менее 5 м. При соответствующем обосновании (например, стесненные условия) в качестве вертикальных заземлителей могут быть использованы глубинные заземлители, длина которых позволит достичь слоев земли с низким по отношению к верхним слоям земли удельным сопротивлением. При этом надо учитывать, что с точки зрения молниезащиты не всегда глубинные заземлители полностью эффективны. Часть длины глубинного заземлителя не участвует в молниезащите объекта из-за увеличения импульсного сопротивления.

По возможности лучевые заземлители должны прокладываться на глубине 0,5 м, при большей глубине снижается эффект уравнивания потенциала и увеличивается напряжение прикосновения.

Сечение заземляющих проводников выбирается, исходя из требований, предъявляемых к их механической прочности и термической стойкости. Сечения вертикальных электродов выбираются только по их механической и коррозионной стойкости.

Коррозионное воздействие в основном оказывается на стальные элементы ЗУ, находящиеся в земле, на оцинкованные и омедненные элементы ЗУ коррозионное воздействие незначительно и практически не учитывается. Основным фактором, который влияет на коррозионное воздействие на металлические элементы ЗУ, является удельное сопротивление грунта (а не удельное эквивалентное сопротивление земли), в котором они расположены.

В таблице 10.9 приведена коррозионная активность грунта в зависимости от его удельного сопротивления.

Если минимально допустимое сечение элементов ЗУ определяется не термической стойкостью (например, ЗУ отдельно стоящего молниеотвода), а только механической прочностью, то их сечение в зависимости от агрессивности грунта применяется по таблицам 10.10 и 10.11.

Таблица 10.9 – Зависимость коррозионной активности грунта от его удельного сопротивления.

Коррозионная активность	Удельное сопротивление, Ом·м
Весьма высокая	до 5
Высокая	5–10
Повышенная	10–20
Низкая	более 100

Таблица 10.10 – Сечение стальных вертикальных заземлителей в зависимости от агрессивности грунта.

Коррозионная активность грунта по отношению к стали	Диаметр заземлителей	Допустимые к применению заземлители
Весьма высокая	Сталь круглая, диаметром 16мм	–
Высокая	Сталь круглая, диаметром 16мм	–
Повышенная	Для мягких грунтов сталь круглая, диаметром 12мм	Сталь угловая 63х63х6мм
Средняя	Для мягких грунтов сталь круглая, диаметром 12мм	Сталь угловая 63х63х6мм
Низкая	Для грунтов средней твердости сталь круглая диаметром 16мм	Для мягких грунтов угловая 50х50хмм; для грунтов средней твердости сталь угловая 63х63х6мм

Таблица 10.11 – Сечение стальных горизонтальных заземлителей и заземляющих проводников в зависимости от агрессивности грунтов.

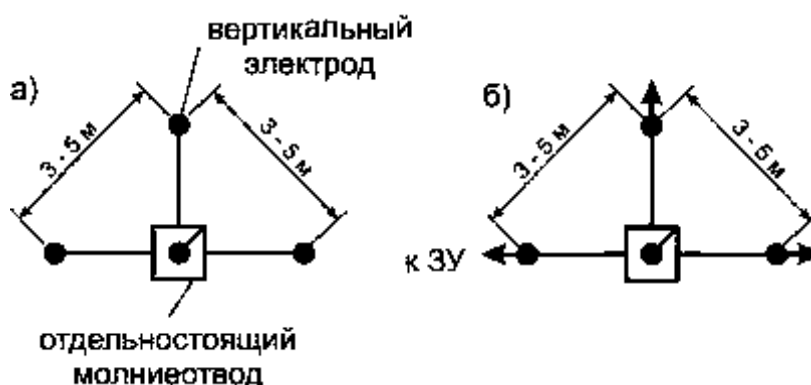
Коррозионная активность грунта по отношению к стали	Рекомендуемый диаметр заземлителей	Допустимые к применению заземлители
Весьма высокая	Сталь круглая диаметром 16мм	Стальная полоса 20х10; 30х10; 40х10мм
Высокая	Сталь круглая диаметром 14мм	Стальная полоса 20х8; 30х8; 40х8мм
Повышенная	Сталь круглая диаметром 12мм	Стальная полоса 20х6; 30х6; 40х6мм

Средняя	Сталь круглая диаметром 12мм	Стальная полоса 20х6; 30х6; 40х6мм
Низкая	Сталь круглая диаметром 10–12мм	Стальная полоса 20х4; 30х4; 40х4мм

Соединение частей заземлителя между собой, а также присоединений заземлителей с заземляющими проводниками следует выполнять сваркой, при этом присоединение заземляющих проводников к трубопроводам должно осуществляться сваркой или хомутом. Применение подсоединения хомутом допускается только при невозможности произвести подключение сваркой.

Заземление опорной оцинкованной металлоконструкции аппарата выполняется путем приварки заземляющего проводника к поверхности металлоконструкции. При невозможности присоединения заземляющего проводника допускается применение болтового соединения. Для соединения необходимо использовать полосовую сталь сечением не менее 40х4мм.

На рисунках 10.16, 10.17, 10.18 приведены схемы заземления отдельно стоящего молниеотвода, молниеотвода, стоящего на портале.



а – заземление отдельностоящего молниеотвода, не присоединенного к ЗУ;

б – заземление отдельностоящего молниеотвода, присоединенного к ЗУ

Рисунок 10.16 – Схема заземления отдельностоящего молниеотвода

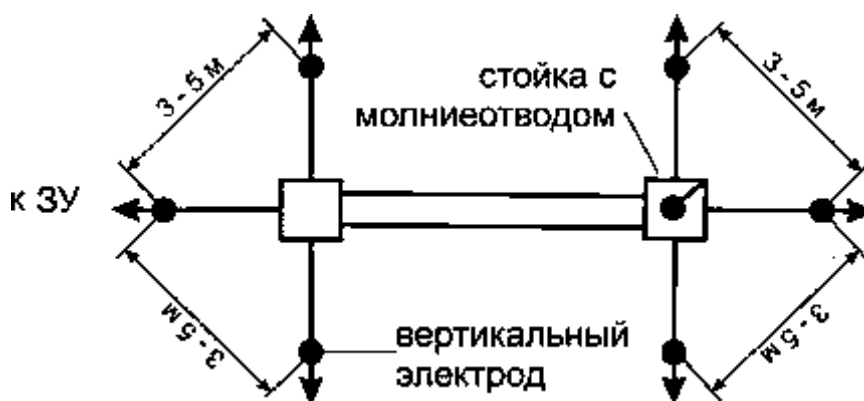


Рисунок 10.17 – Схема заземления молниеотвода, установленного на портале

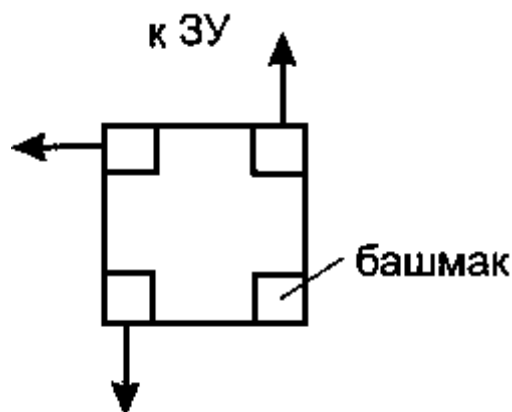


Рисунок 10.18 – Схема заземления стойки отдельностоящего молниеотвода или стойки портала, с установленным на нем молниеотводом, имеющей четыре фундамента

При прямом ударе молнии в молниеотвод в земле образуются две характерные зоны повышенного импульсного потенциала: искровая зона и стримерная.

Искровая зона является областью с высокой проводимостью и характеризуется повышенным потенциалом. Радиус искровой зоны для средних по удельному сопротивлению грунтов и наиболее вероятных при ударах молнии в электроэнергетические объекты токов молнии составляет порядка: $r_{и}=2\text{м}$.

Стримерная зона характеризуется наличием проводящих стримеров, направленных во все стороны от искровой зоны. Радиус стримерной зоны составляет: $r_{с}=5\text{м}$.

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

Величина импульсного потенциала снижается путем обеспечения растекания импульсных токов не менее чем трех направлениях. Для этого от молниеотвода в разных направлениях прокладываются лучевые горизонтальные заземлители. У молниеотводов, установленных на порталах, лучевые заземлители присоединяются к ЗУ.

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

Прокладка кабелей в искровой зоне не рекомендуется.

Прокладка кабелей в стримерной зоне допускается при выполнении двух способов защиты:

- способ защиты с помощью перехвата тока молнии
- способ защиты с помощью прокладки кабелей в изоляционных трубах или коробах.

Система перехвата тока молнии представляет собой проложенный в земле между молниеотводом и кабелем стальной проводник или трос (барьерный заземлитель), который по концам присоединяется к специально устраиваемым или существующим заземлителям.

Стримеры – это хорошо проводящие каналы, которые электрически связывают между собой заземление молниеотвода с заземлением системы перехвата тока молнии, как только

стример достигает ее, снижает общее импульсное сопротивление молниеотвода и тем самым снижает импульсный потенциал молниеотвода и импульсный потенциал в зоне прокладки кабеля.

Схема системы перехвата тока молнии представлена на рисунке 10.19.

В стесненных условиях, когда систему перехвата тока молнии трудно выполнить, для защиты кабель можно прокладывать в изоляционных трубах, в этом случае длина изоляционной трубы (короба) l_m зависит от радиуса стримерной зоны r_c , от удаленности кабеля от молниеотвода d и должна удовлетворить условию:

$$l_m > 2\sqrt{r_c^2 - d^2} \quad , \quad (10.21)$$

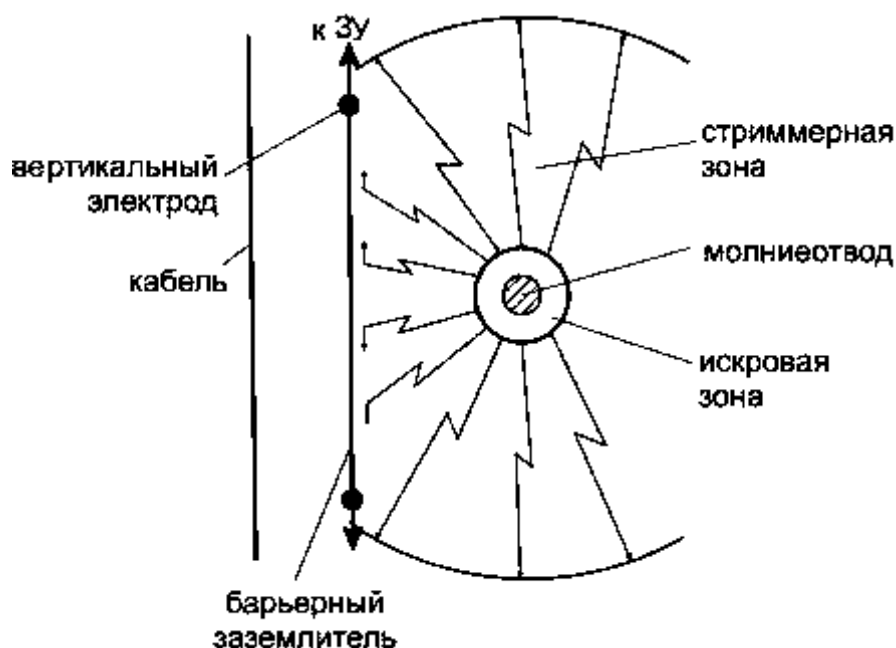


Рисунок 10.19 – Схема системы перехвата тока молнии

На рисунке 10.20 приведена зависимость l_m от d для характерного расстояния трассы прокладки кабелей от молниеотвода, равного $r_c \approx 5$ м.

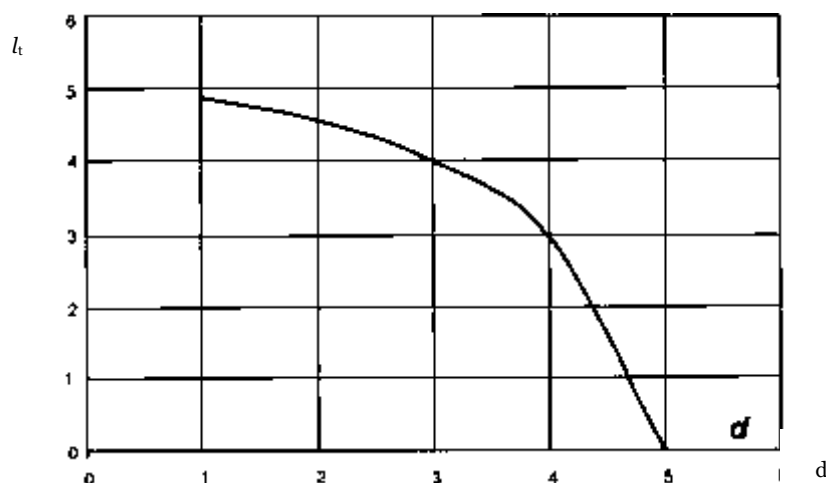


Рисунок 10.20 – Зависимость I_T от d для стримерной зоны радиусом $r_c \approx 5$ м

Источники импульсных помех во вторичных цепях могут быть подразделены на:

- внешние, непосредственно связанные с коммутациями разъединителей и выключателей напряжением выше 1 кВ, к.з. на землю, коммутациями в сети 0,4/0,23 кВ собственных нужд, с влиянием радиопередатчиков, с перенапряжениями;
- внутренние, возникающие во вторичных цепях и обусловленные коммутациями контакторов, реле соленоидов.

Электромагнитная связь вторичных цепей с источниками помех подразделяются на:

- гальваническую, когда источник помех и электрическая цепь, подверженная влиянию, связаны общим сопротивлением, например, общим заземляющим контуром;
- индуктивную, когда вторичные цепи находятся в магнитном поле токов источника помех;
- емкостную, когда вторичные цепи находятся в электрическом поле зарядов источника помех.

Помехи, возникающие в результате перехода энергии от источника помех в цепь, подверженную влиянию, могут быть снижены путем:

- подавления помех в источнике;
- подавления помех в приемнике;
- уменьшения электромагнитной связи между источником помех и цепями, подверженными влиянию.

Подавление помех в источниках помех напряжением свыше 1 кВ в настоящее время не практикуется. Во вторичных цепях эффективным средством подавления помех является применение RC-цепочек, диодов, варисторов и других элементов, подключаемых параллельно источникам помех.

Подавление помех в приемнике достигается:

- включением входных фильтров, осуществляющих селекцию полезного сигнала и установкой диодов или варисторов;
- включением оптоволоконных развязок;
- снижением уровня помех, поступающих из сети питания, с помощью фильтров питания.

По условиям обеспечения электромагнитной совместимости электросетевые объекты классифицируются по классам жесткости.

Класс первый – легкая электромагнитная обстановка, при которой:

- осуществлены оптимизированные и скоординированные мероприятия по подавлению помех, защите от перенапряжений во всех цепях;
- электропитание отдельных элементов устройств резервировано, силовые и контрольные кабели проложены отдельно;
- выполнение заземляющего устройства, прокладка кабелей, экранирование произведено в соответствии с требованиями ЭМС;
- климатические условия контролируются и приняты специальные меры по предотвращению разрядов статического электричества.

Класс второй – электромагнитная обстановка средней тяжести, при которой:

- цепи питания и управления частично оборудованы помехозащитными устройствами и устройствами для защиты от перенапряжений;
- отсутствуют силовые выключатели, устройства для отключения конденсаторов, катушек индуктивности;
- электропитание устройств АСДУ осуществляется от сетевых стабилизаторов напряжения;
- имеется тщательно выполненное заземляющее устройство;
- токовые контуры разделены гальванически;
- предусмотрено регулирование влажности воздуха, материалы, способные электролизироваться трением, отсутствуют;
- применение радиопереговорных устройств, передатчиков запрещено.

Класс третий – жесткая обстановка, при которой:

- защита от перенапряжений в силовых цепях управления не предусмотрена;
- повторного зажигания дуги в коммутационных аппаратах не происходит;
- имеется заземляющее устройство;
- силовые, контрольные и коммутационных цепей кабели разделены;
- контрольные кабели линий передачи данных, сигнализации, управления разделены;
- относительная влажность воздуха поддерживается в определенных пределах, нет материалов электризуемых трением;

- использование переносных радиопереговорных устройств ограничено (установлены ограничения приближения к приборам на определенное расстояние).

Класс четвертый – крайне жесткая обстановка, при которой:

- защита в цепях управления и силовых контурах от перенапряжений отсутствует;
- имеются коммутационные устройства, в аппаратах которых возможно повторное зажигание дуги;
- существует неопределенность в выполнении заземляющего устройства;
- нет пространственного разделения силовых, контрольных кабелей и коммутационных цепей;
- допустимы любая влажность воздуха и наличие электролизуемых трением материалов;
- в непосредственной близости могут находиться мощные радиопередатчики;
- вблизи могут находиться дуговые технологические устройства.

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 коротких замыканиях и двойных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью в распределительных устройствах напряжением выше 1 кВ:

- импульсные токи при ударе молнии;
- электромагнитные поля радиочастотного диапазона;
- разряды статического электричества;
- магнитные поля промышленной частоты;
- импульсные магнитные поля;
- возмущения в цепях питания АСДУ постоянного и переменного тока;

- дополнительными источниками электромагнитных воздействий на электросетевом объекте, которые могут вызвать сбои в работе АСДУ, являются такие виды вспомогательного оборудования, как мощные преобразователи, сварочные аппараты, осветительные приборы, мощные тяговые механизмы, бытовые электроприборы.

При проектировании нового электросетевого объекта уровни электромагнитных воздействий определяют расчетным путем. При техническом перевооружении электросетевого объекта данные получают расчетно–экспериментальным путем. По результатам классификации электромагнитной обстановки (ЭМО) по видам воздействий устанавливают степень жесткости испытаний устройств АСДУ, при этом порядковые номера класса ЭМО и степени жесткости испытаний должны совпадать. В таблице 10.12 приведены характеристики условий эксплуатации для определения класса ЭМО.

При определении класса жесткости испытания производятся в следующем объеме:

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

Таблица 10.12 – Характеристика условий эксплуатации

		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
	Система электропитания	Электронные устройства подключены к защищенной системе электропитания, к которой не подключается другое оборудование или к автономной системе питания (система бесперебойного питания, преобразователь мощности).	Порты электропитания ТС, установленных на энергопредприятиях и на электростанциях, развязаны от силовых электрических сетей с использованием специальных трансформаторов в развязки, защитных устройств и т.д.	Порты электропитания защищенного электронного оборудования и менее чувствительных электротехнических устройств подключения непосредственно к электрическим сетям электростанций и энергопредприятий.	Электронные устройства и другое оборудование (в том числе, энергетическое) имеют общую систему электропитания.	

Продолжение таблицы 10.12

		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5

		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
	Характеристика системы заземления	ТС подсоединены к специально сконструированной системе заземления, на которую не оказывают существенного влияния силовые установки, коммутации и молниевые разряды.	ТС подключены с использованием разрядных заземляющих шин к системе заземления силовых энергетических установок, в которой могут возникать напряжения помех, создаваемые как коммутациями, так и молниевыми разрядами.	1. ТС имеют общую систему заземления с силовыми энергетическими установками, подверженную помеховым воздействиям относительно высокой амплитуды, создаваемым энергетическими установками и молниевыми разрядами. 2. В системе заземления, используются проводящие каналы, проводники заземления в кабельных желобах (соединенных с системой защитного заземления) и контура заземления.	ТС имеют общую систему заземления с энергетическими установками, подверженную значительным помеховым воздействиям высокой амплитуды, создаваемым энергетическими установками и молниевыми разрядами.	Электронные устройства не имеют распределенной системы заземления.

		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
	Наличие средств защиты кабелей	1. Все входящие в помещение кабели обеспечены средствами защиты от перенапряжений, устройствами помехоподавления. 2. Кабели электропитания с экранами, заземленными с обоих концов, и фильтрацией подаваемого электропитания.	1. Имеется ограниченное число не защищенных от перенапряжений соединительных кабелей. 2. частичное помехоподавление в цепях силового электропитания и управления, которые переключаются только с помощью реле (не контакторами). 3. Порты электропитания и ввода–вывода подключены к экранированным кабелям.	1. Отсутствуют устройства помехоподавления в цепях силового электропитания и управления содержащих индуктивные нагрузки, которые переключаются только с помощью реле (не контакторами). 2. Порты электропитания ТС подключены к неэкранированным кабелям.	1. Все кабели и линии обеспечены средствами защиты от перенапряжений, (первичная защита). 2. Отсутствуют устройства помехоподавления в цепях силового электропитания и управления, содержащих индуктивные нагрузки, которые переключаются как с помощью реле, так и контакторов. 3. Порты электропитания и ввода–вывода ТС подключены к неэкранированным кабелям, проложенным на открытой местности.	Не принимают меры по снижению помех.

Продолжение таблицы 10.12

		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
--	--	---------	---------	---------	---------	---------

		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
	Характеристика способа прокладки кабелей	1. Разделены линии силового электропитания (переменного и постоянного тока и управляющие и измерительные цепи).	1. Разделены незэкранированные силовые кабели электропитания (переменного и постоянного тока) и управляющие и измерительные цепи. 2. Порты ввода–вывода подключены к кабелям, проложенным параллельно кабелям электропитания, соответствующим рассматриваемому классу электромагнитной обстановки.	1. Силовые и сигнальные кабели не разнесены. 2. Соединительные кабели могут частично прокладываться вне помещения, на открытой местности с применением экранирующих конструкций (например, металлических кожухов) и проходить вблизи шин заземления.	1. силовые и сигнальные кабели не разнесены. 2. Отсутствует разделение цепей, связанных с более жестким уровнем электромагнитной обстановки от других цепей. 3. Соединительные кабели проложены вне помещений.	

		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
	Характеристика способа прокладки кабелей	2. Порты ввода–вывода подключены к кабелям, проложенным параллельно кабелям электропитания, соответствующим рассматриваемому классу электромагнитной обстановки и не выходящим за пределы помещения для управления.	3. Порты ТС подключены к кабелям, соединенным с оборудованием, расположенным в помещениях управления и залах релейной защиты. 4. Кабели, подключенные к ТС, отделены от кабелей, подключенных к электромеханическим реле, контакторам или другим устройствам, генерирующим перенапряжения, с использованием отдельных траншей, желобов, труб.	3. Порты ввода–вывода подключены к кабелям, проложенным параллельно кабелям электропитания, соответствующим рассматриваемому классу электромагнитной обстановки. 4. Порты ввода–вывода подключены к кабелям, не являющимся частью системы кабелей, подключенных к контакторам или другим устройствам, генерирующим импульсные помехи; вместе с тем указанные кабели могут быть проложены в общих траншеях, желобах, трубах и т.д.	4. используются многопроводные кабели, являющиеся общими для электронного оборудования и устройств, генерирующих импульсные помехи.	

Окончание таблицы 10.12

		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
Характеристика возможных уровней помех		Уровень возможных коммутационных помех ограничивается помехоподавляющими устройствами.	Операции переключения и молниевые разряды могут создавать в системе заземления напряжения помех с не высокой амплитудой.	Операции переключения и молниевые разряды могут создавать в системе заземления с относительно высокой амплитудой.	1.Операции переключения и молниевые разряды могут создавать в системе заземления напряжения помехи со значительной амплитудой.	Перенапряжения, вызванные короткими замыканиями (токи до 10 кА) и молниевыми разрядами (токи до 10 кА), могут
					2. Меры по снижению помех не принимаются.	быть экстремально высокими, если не применены средства защиты.
Пример помещения	Компьютерные залы.	Помещения для средств измерения, контроля и управления на промышленном или энергетическом предприятии.	Помещения релейной защиты на подстанциях высокого напряжения.	Помещения, в которых установлено силовое техническое или коммутационное оборудование.	Обстановка на ОРУ подстанции высокого напряжения.	

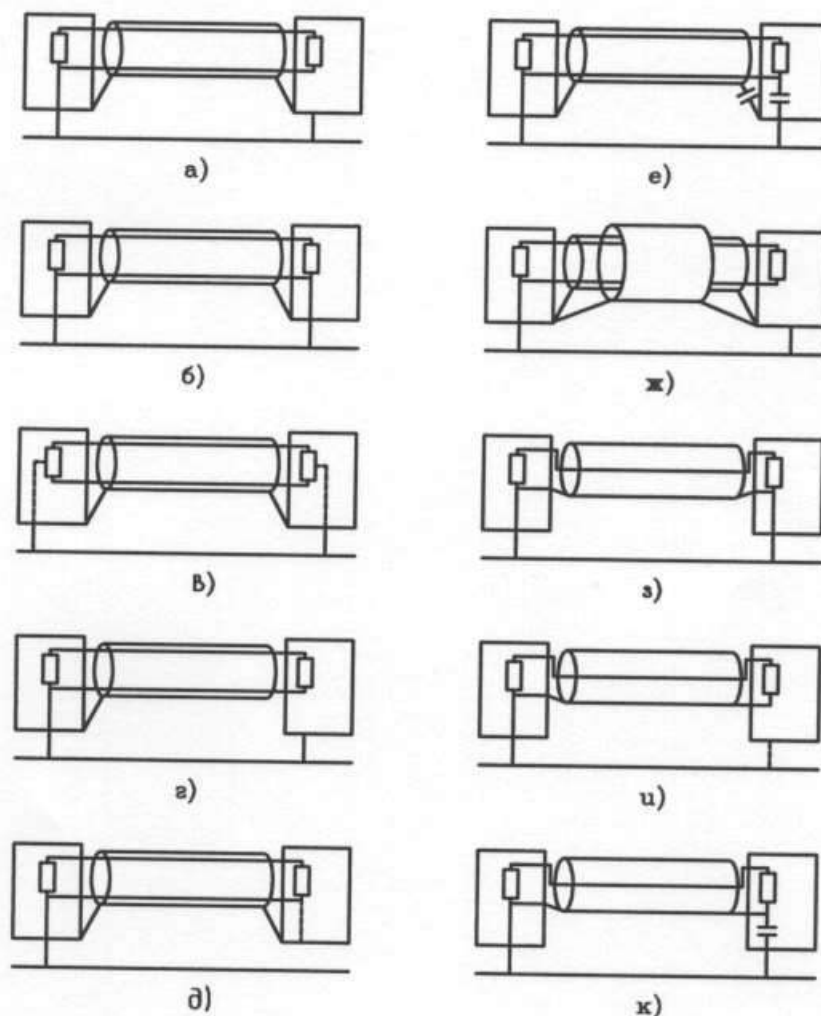
На рисунке 10.21 приведены области применения различных способов заземления жил и экранов кабелей. В таблице 10.12 приведена классификация типовых сигналов.

Схема на рисунке 10.21а – это наиболее часто рекомендуемый способ, при котором сигнальные цепи заземлены на одном конце во избежание появления помех промышленной частоты, а экран заземлен на обоих концах для наилучшего снижения высокочастотных помех. Данная схема широко используется для подключения оборудования на РУ (сигналы 4 таблицы 10.12) и для подключения кабелей с сигналами управления или цифровыми сигналами среднего уровня на электростанциях (сигналы 3 таблицы 10.12). Схема не подходит для подключения кабелей с чувствительными сигналами низкой частоты (2 б таблицы 10.12) в асимметричных

(несимметричных) цепях, она также мало подходит высокоскоростных цифровых цепей (сигнал 1а таблицы 10.12).

Схема 10.21б пригодна для подключения, как экрана, так и сигнальной жилы. Заземление выполняется с двух сторон. Данная схема заземления наилучшая для высокочастотных цепей (сигнал 1 таблицы 10.12), но требует хорошей сети заземления, которая может быть в сетях малых размеров, расположенных в одном здании. Если по цепи передаются сигналы низкой частоты или ожидается появление значительных потенциалов заземлителя на низких частотах, то эту схему применять не следует.

Схема 10.21в используется для цепей дистанционного управления. Экран кабеля заземлен с двух сторон и обеспечивает экранирование от продольных возмущений. Единственным практическим способом уменьшения низкочастотной помехи в данной схеме является обеспечение значений продольных сопротивлений проводников (с учетом обратного провода в земле), много больших, чем сопротивление нагрузки. Так как активная составляющая данного сопротивления обычно очень мала, увеличению поддается только индуктивная составляющая, например, при помощи надетого на проводник кольца из магнитного материала. Данная схема позволяет избавиться от помех во всем диапазоне частот.



а – хорошее заземление для ослабления высокочастотных помех и плохое при несимметричных цепях, чувствительных к низкочастотным помехам; б – хорошее для высокочастотных цепей с выровненным опорным потенциалом и плохое при значительных

продольных низкочастотных помехах; в – хорошее для ослабления помех во всем диапазоне частот; г, д – хорошее для передачи сигналов низкой частоты и плохое при значительных синфазных помехах; е – хорошее для ослабления помех высокой и низкой частоты; ж – обеспечивает хорошую защиту от помех во всем диапазоне частот; з – хорошее для цепей с сигналами СВЧ при качественной сети заземления и плохое при наличии значительных продольных возмущений; и – хорошее для коротких цепей с сигналами СВЧ; к – хорошее экранирование помех высокой частоты.

Рисунок 10.21 – Практические способы заземления контрольных жил и экранов кабелей

Схемы 10.21г и 10.21д – это обычные схемы соединения для передачи сигналов низкой частоты (2а таблицы 10.12) при наличии низкочастотных возмущений. Схема 10.21д с незаземленным корпусом электрооборудования обеспечивает большую помехозащищенность, но не обеспечивает требований по технике безопасности.

В схеме 10.21е ослабление механизма связи между токами низкой и высокой частоты достигается за счет конденсаторов, позволяющих получить снижение помех высокой частоты за счет двойного заземления без опасения появления противофазных помех низкой частоты вследствие несимметричности сети.

Схема 10.21ж объединяет в себе достоинство схем 10.21а и 10.21г, обеспечивая хорошую защиту от помех во всем диапазоне частот. Поэтому схема может быть использована для передачи низкочастотных сигналов низкого уровня (2в таблицы 10.12).

Схема 10.21з – с коаксиальным кабелем и заземлением на обоих концах используется для передачи сигналов высокой частоты оборудованию, не подверженному воздействию помех низкой и высокой частоты, в частности радиоборудованию, работающему в диапазоне СВЧ.

Таблица 10.12 – Классификация типовых сигналов в порядке уменьшения чувствительность к внешним возмущениям

N п/п	Вид сигнала	Обычный уровень	Типичный частотный диапазон
1 а	Цифровой высокоскоростной сигнал низкого уровня, например, RS422/V11, G703, Ethernet	0,1 – 5 В	>20 кГц
1 б	Широкополосный аналоговый сигнал, например от измерителей потока нейтронов	10 мкВ – 1 В	<10 МГц
2 а	Цифровой низкоскоростной сигнал низкого уровня, например, от импульсных генераторов для измерений скорости или положения, RS232/V28	<20 В	<20 кГц
2 б	Аналоговый низкочастотный сигнал низкого уровня, например, от датчиков измерения температуры или вибрации	<1 В	<1 кГц

a	3	Дискретные сигналы среднего уровня, например сигналы управления или указания	>10 В	<100 Гц
b	3	Аналоговые сигналы среднего уровня, например от датчиков технологического контроля	1 – 10 В 4– 20 мА	<100 Гц
a	4	Дискретные сигналы высокого уровня, например сигналы управления выключателями и разъединителями	>50 В	<100 Гц
b	4	Аналоговые сигналы высокого уровня от трансформатора тока и напряжения	>10 В >20 мА	<1 Гц

Схема 10.21и с коаксиальным кабелем и заземлением на одном конце применяется везде, где токи помех низкой частоты по внешнему проводнику могут повлиять на полезный сигнал.

Схема 10.21к, подобно схеме 10.21е, обеспечивает хорошее экранирование высоких частот без вредных воздействий, связанных с протеканием токов низкой частоты.

При диагностике состояния заземляющего устройства производится проверка на соответствие требованиям ЭМС, исходя из того, что:

- потенциал заземляющего устройства при коротком замыкании не должен превышать допустимого значения;
- разность потенциалов между РЩ и местом короткого замыкания не должна превышать испытательного значения для изоляции контрольных кабелей вторичной коммутации;
- уровни импульсных помех, связанных с подъемом потенциала при коммутациях силового оборудования и ударах молнии, не должны превышать допустимых для аппаратуры значений;
- силовое оборудование, помещения релейных щитов, щиты управления и комнаты (здания) связи подсоединяют к заземляющему устройству. Проводники, заземляющие оборудование, должны иметь, возможно, меньшую длину. Не допускается последовательное соединение заземления различного оборудования. Все проводники заземления соединяют в местах взаимного пересечения. Кабельные лотки и кабель – рост из проводящих материалов заземляют на обоих концах и при пересечении с другими металлическими элементами;
- в зданиях, содержащих электронную и микропроцессорную аппаратуру, прокладываются шины заземления вдоль стен помещений. Шины заземления образуют замкнутую петлю, которая соединяется с ЗУ не менее чем двумя проводниками того же сечения, расположенными на наибольшем расстоянии друг от друга. В зависимости от способа присоединения к шине оборудования, аппаратуры и других металлоконструкций, требующих заземления, шина прокладывается или закрыто в стенах, полу помещения, или открыто на стенах на уровне пола;
- параллельно с кабельным каналом (лотком), проходящим по территории ОРУ, прокладывают горизонтальную шину заземлителя на расстоянии не более 1 м;
- присоединение экранов кабелей выполняют к шине заземления, либо к корпусам металлических шкафов в месте входа кабелей. Длина проводника, соединяющего экран и корпус

оборудования должна быть наименьшей. Экран или трубу, используемые в качестве экрана, заземляют по всему их периметру. Сечение проводников для заземления экрана выбирают не меньше сечения экрана;

- концы заземляющих проводников присоединяют к чистой металлической поверхности, поверхность контактов покрывают защитным покрытием, предотвращающим коррозию. Применение разнородных материалов для осуществления заземления аппаратов или систем к заземляющему устройству не рекомендуется;

- лоток должен представлять единую металлическую конструкцию, в которой обеспечена непрерывность металлических соединений, сваривают места стыка отдельных частей лотка по периметру.

В качестве элементов заземляющей сетки искусственного заземления закрытых распределительных устройств в пределах здания должны быть использованы металлоконструкции под оборудование и элементы кабельных конструкций. Дополнительные элементы заземляющей сетки в виде горизонтальных заземлителей прокладываются только со стороны обслуживания оборудования, расположенного на первом этаже при наличии бетонных полов. При этом заземлители должны быть проложены в бетоне при укладке полов.

Заземление оборудования, расположенного на этажах выше первого, осуществляется с помощью магистралей заземлений, прокладываемых по стенам внутри зданий. Концы магистралей заземлений должны присоединяться к ЗУ вертикальными спусками, которые не должны одновременно быть использованы для заземления молниезащитных устройств здания. Специального уравнивания потенциалов на втором и более высоких этажах здания распределительного устройства не требуется.

Заземление оборудования комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией производится путем присоединения точек заземления к металлическим рамным конструкциям, на которых устанавливаются ячейки КРУЭ. Рамные конструкции присоединяются к заземляющей сетке, уложенной в бетонном полу под рамными конструкциями и присоединенной к ЗУ электроустановки.

10.10 Электроустановки напряжением 6–10 кВ

Обычно заземлители состоят из нескольких электродов, проложенных в земле, с высоким удельным сопротивлением, из большого числа электродов, объединенных полосой или круглой сталью. Только в том случае, если расстояние между электродами очень велико, их сопротивление будет мало зависеть от влияния соседних электродов и иметь минимальное значение. В реальных условиях электроды располагаются более близко друг к другу, и как следствие, возникает взаимное влияние их электрических полей друг на друга при растекании тока с заземлителя. Вследствие наложения полей происходит уменьшение действующего сечения земли около электродов и увеличение их сопротивления растеканию тока. Чем больше число электродов в заземлителе и чем меньше расстояние между ними, тем сильнее сказывается взаимное влияние электродов друг на друга. Это влияние оценивается коэффициентом использования заземлителя η

$$\eta = \frac{R_0}{R_\Sigma} n, \quad (10.22)$$

где R_0 – сопротивление отдельного электрода

R_3 – сопротивление заземлителя в целом

n – число электродов

Сопротивление заземлителя в целом

$$R_{\zeta} = \frac{R_j}{\eta} n \quad (10.23)$$

В таблице 10.14 даны значения коэффициентов использования.

Таблица 10.14 – Коэффициент использования вертикальных электродов, размещенных в ряд без учета влияния полосы связи

Отношение расстояния между вертикальными электродами a к их длине a/l	Число электродов, шт	Коэффициент использования η
1	2	0,84–0,87
	5	0,67–0,72
	15	0,51–0,56
2	2	0,9–0,92
	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

Сопротивление одного вертикального электрода равно

$$R_B = \frac{0,366\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+1}{4t-1} \right), \quad (10.24)$$

где ρ – удельное сопротивление однородной земли, Ом·м;

l – длина вертикального заземлителя в м;

d – внешний диаметр электрода в м;

t – глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины электрода.

Сопротивление горизонтального заземлителя равно

(10.25)

где l – длина горизонтального заземлителя в м;

d – диаметр проводника заземлителя в м;

t – глубина заложения заземлителя в м.

10.8.

глубине 0,3–0,8м или прутка из круглой стали диаметром 10–20мм.

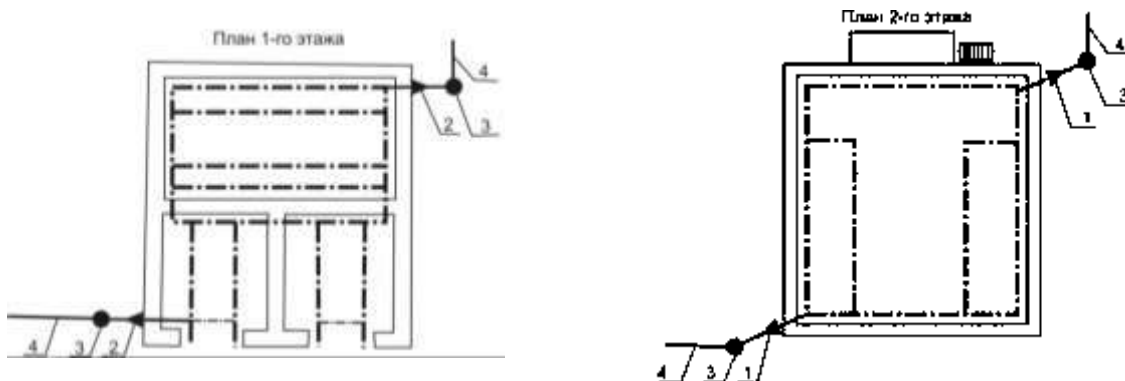
следует располагать под равными углами от центра и их должно быть не более 4-х.

сопротивление заземлителя.

Таблица 10.15 – Коэффициенты использования параллельно уложенных полос

Длина каждой полосы	Число параллельных полос	Расстояние между полосами, м		
		1	5	15
15	10	0,25	0,49	0,72
	2	0,55	0,75	0,85

устройств трансформаторных подстанций.



1– спуск от молниеприемника, сталь круглая диаметром 6 мм; 2 – связь с наружным заземлением; 3 – вертикальный заземлитель (электрод), сталь круглая диаметром 10 мм, длиной 2,5 м; 4 – наружный заземлитель

— . — . — . — . — — опорные

металлоконструкции

— заземляющий проводник

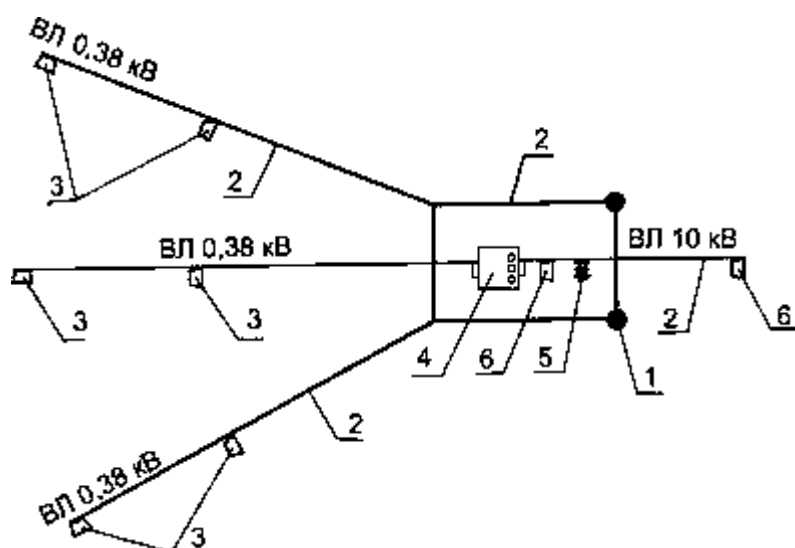
Рисунок 10.22 – Заземление внутри закрытой трансформаторной подстанции

При выполнении ЗУ трансформаторных подстанций в первую очередь выполняется обязательный заземлитель. Обязательный (совмещенный) заземлитель подстанций типа КТП и МТП состоит из замкнутых контуров, проложенных вокруг площадки, занимаемой электрооборудованием подстанции, на расстоянии 0,8–1,0 м от оборудования, и горизонтальных связей со всеми концевыми опорами ВЛ 10 кВ и 0,4 кВ. Кроме того, в двух углах контура подстанции типа КТП со стороны разъединителя забивается по одному вертикальному заземлителю длиной по 2,5 м для уравнивания потенциала на поверхности земли у разъединителя и снижения импульсного сопротивления заземлителя. Укладывать контурную часть заземлителя следует на глубине 0,3–0,5 м, но не глубже. Эффект уравнивания потенциалов по поверхности земли достаточно высок при расположении заземлителя на глубине 0,1–0,2 м.

Заземляющее устройство закрытой трансформаторной подстанции состоит из заземлителя внутри здания и наружного заземлителя. Внутри здания для магистрали заземления используются все опорные металлоконструкции.

Наружный заземлитель выполняется аналогично заземлителю ЗТП и МТП. Кроме того, в обязательный заземлитель входят два вертикальных заземлителя длиной по 2,5м, забиваемые на расстоянии 1м от стены здания у спусков от молниеприемника для снижения импульсного сопротивления заземлителя.

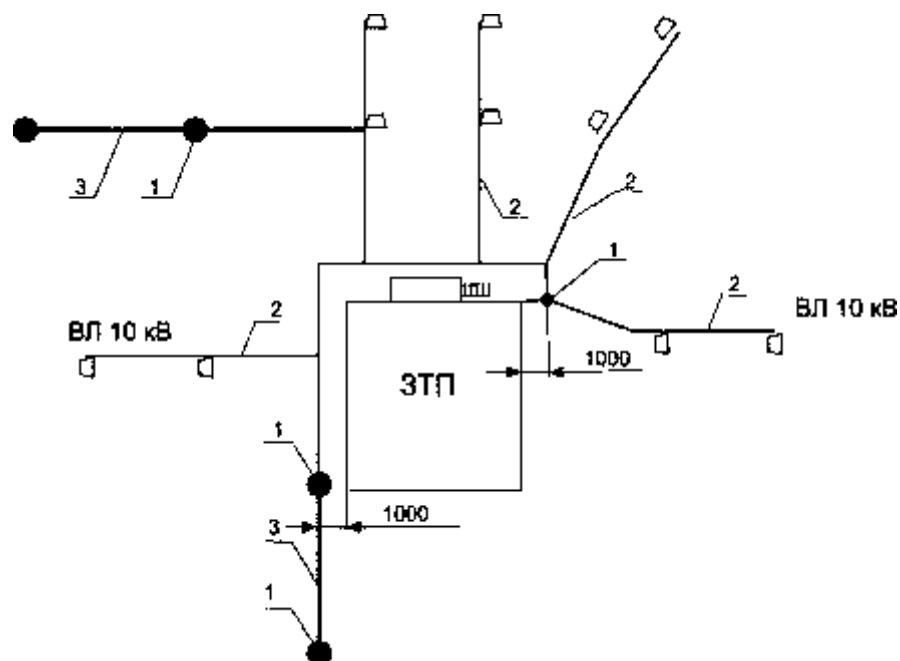
Связь внутреннего и наружного заземлений осуществляется в двух местах с противоположных сторон здания ЗТП.



- 1– вертикальный заземлитель; 2 – горизонтальный заземлитель (обязательный), глубина укладки 0,5 м; 3 – концевая опора ВЛ 0,38 кВ; 4 – трансформатор;

- 5 – разъединитель; 6 – концевая опора ВЛ 10 кВ

Рисунок 10.23 – Заземляющее устройство КТП 10/0,4 кВ при трех отходящей ВЛ 0,38 кВ



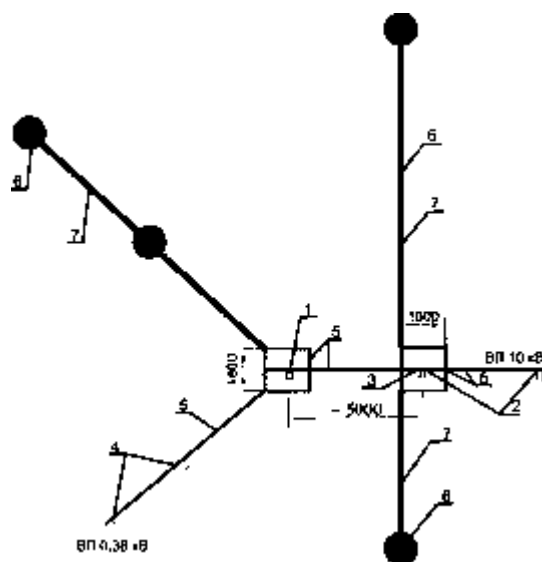
1 – вертикальный заземлитель; 2 – горизонтальный заземлитель (обязательный);

3 – горизонтальный заземлитель (дополнительный);

————— – обязательный (совмещенный) заземлитель

●————— – дополнительный заземлитель

Рисунок 10.24 – Наружный заземлитель закрытой трансформаторной подстанции



1 – стойка мачтовой ТП 10/0,4 кВ; 2 – конечная опора ВЛ 10 кВ; 3 – привод разъединителя; 4 – конечная опора ВЛ 0,38 кВ; 5 – горизонтальный заземлитель (обязательный), глубина укладки 0,5 м; 6 – вертикальный заземлитель; 7 – горизонтальный заземлитель

————— – обязательный (совмещенный) заземлитель

●————— – дополнительный заземлитель

Рисунок 10.25 – Заземляющее устройство мачтовой трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ

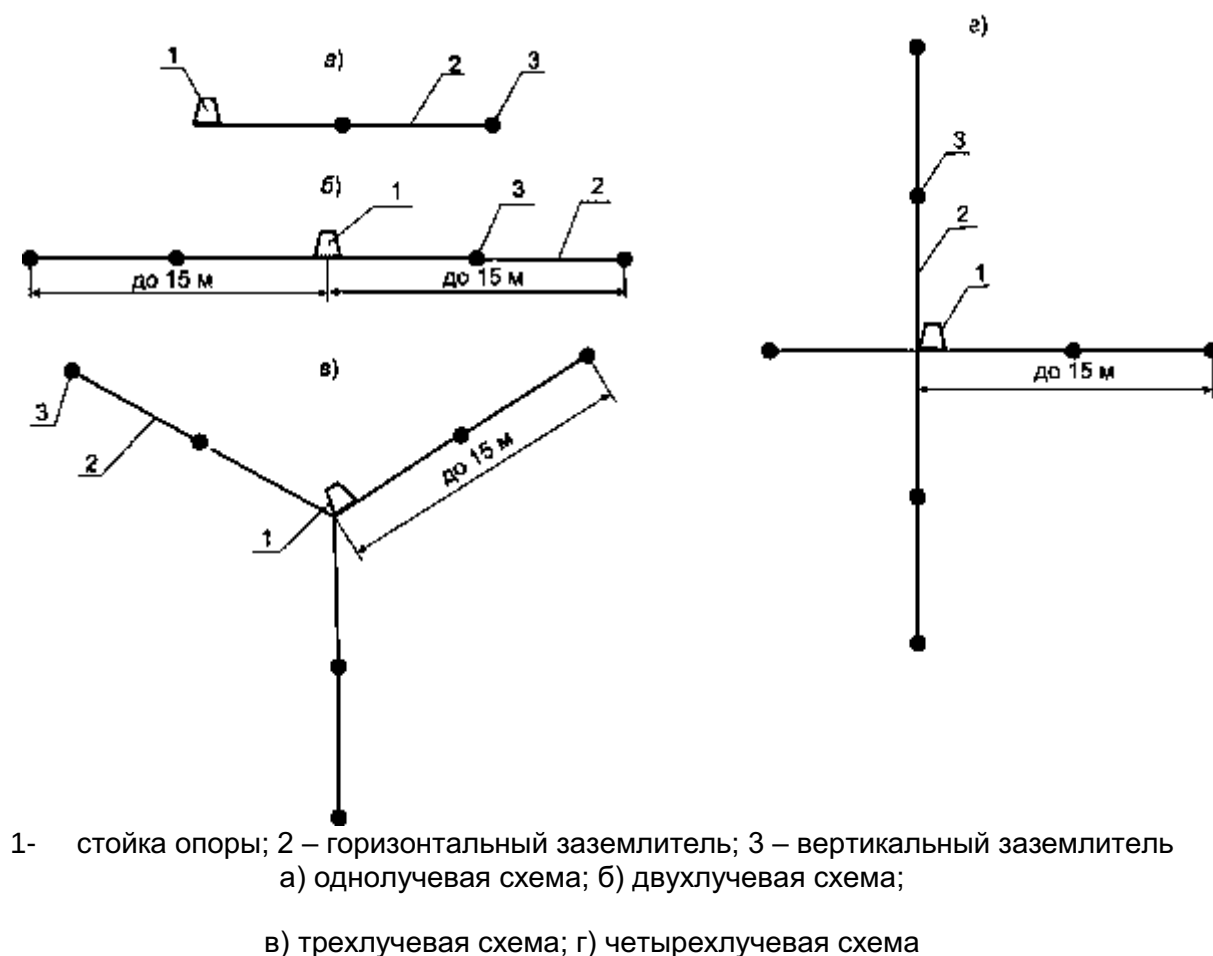


Рисунок 10.26 – Рациональное расположение заземлителей опор ВЛ (план)

10.11 Защита электронных средств управления (РЗА, ТМ, связь)

Нарушение целостности конструкции заземления оборудования может произойти вследствие недокументированных отклонений от проекта при сооружении ЗУ, коррозии металла в процессе эксплуатации объекта, повреждении части заземлителей объекта, повреждение части заземлителей при ремонтных работах, реконструкции отдельных ячеек, термического воздействия тока ОКЗ и т.п.

В соответствии с физической сущностью рассматриваемой проблемы обследование целостности конструкции заземления оборудования можно осуществить по величине сопротивления растеканию основания оборудования, которое характеризует качество связи конструкции заземления оборудования с ЗУ объекта (ПС или ОРУ ЭС). Измерение сопротивления основания оборудования производится путем имитации ОКЗ при пониженном напряжении. В качестве источника пониженного напряжения целесообразно использовать ТСН. Имитируемый ток ОКЗ вводится в заземляющий проводник оборудования без его разрыва и определяет потенциал заземления проверяемого оборудования.

Следует особо отметить, что определяемое таким образом сопротивление заземления оборудования не обязательно должно быть равным истинному сопротивлению, которое измеряется при расположении потенциального электрода в точке нулевого потенциала.

Расположение потенциального электрода может быть и в зоне активного влияния ЗУ ОРУ, но только вне территории размещения ЗУ. Объясняется это тем, что степень целостности конструкции заземлителя определяется по относительной величине его сопротивления, которое измеряется при условии расположения токового и потенциального электродов в одной точке для заданного ОРУ.

Оценка целостности конструкции заземления оборудования производится по базовой величине её сопротивления R_6 , которая характеризует наличие достаточной связи заземления оборудования с ЗУ. В качестве базовой величины сопротивления конструкции заземлителя R_6 принимается среднее значение сопротивления во всех точках измерения, которое равно

$$R_6 = \frac{\sum_{n=1}^N R_{xn}}{N}, \quad (10.26)$$

где n – текущий индекс суммирования, соответствующий точке измерения;

R_{xn} – измеренное сопротивление заземления фундамента в точке n , Ом;

N – количество точек измерения.

Устанавливается критерий достаточности нормального состояния целостности конструкции заземлений по величине коэффициента K_d , который в зависимости от R_6 и измеренного сопротивления заземления R_x равен

$$K_d = \frac{R_x}{R_6} \leq 1,5, \quad (10.27)$$

Следует особо указать на то, что введение понятия коэффициента достаточности заземления оборудования K_d не является формальным действием для решения поставленной задачи определения состояния целостности конструкции заземления оборудования, а соответствует физическому принципу, который определяет нормальное функционирование оборудования энергетического объекта. Сущность этого принципа состоит в следующем: на энергетических объектах все оборудование имеет заземление, удовлетворяющее требованиям соответствующих нормативно–технических документов, однако из-за нарушения целостности конструкции заземления оборудования по ряду причин, незначительная часть оборудования может быть заземлена ненадлежащим образом.

В соответствии с этим принципом, средняя величина сопротивления заземления всего оборудования R_6 и характеризует степень приближения величины сопротивления заземления оборудования к требуемой величине сопротивления. Всякое отклонение величины сопротивления заземления рассматриваемого оборудования от R_6 в сторону увеличения свидетельствует о том, что целостность конструкции заземления по какой–то причине нарушена и требуется срочная её реконструкция. В этом смысле коэффициент достаточности заземления оборудования K_d и характеризует степень целостности конструкции заземления и рассматриваемого оборудования.

Сопротивление заземления фундамента R_x определяется по измеренному потенциалу заземления оборудования U_x и по току I_x как

$$R_x = \frac{U_x}{I_x}, \text{ Ом.} \quad (10.28)$$

Потенциал U_x и ток I_x измеряются при имитации ОКЗ. При этом в качестве источника напряжения используется ТСН.

Имитация ОКЗ осуществляется при помощи электронного коммутатора, который через добавочное сопротивление R_d (ограничивающее ток) включается в цепь «ТСН – заземляющий проводник» и коммутирует ток I_x . Потенциал заземлителя U_x измеряется импульсным вольтметром V . Схема измерения параметров U_x , I_x приведена на рисунке 10.27.

На практике измерение параметров U_x и I_x целесообразно выполнять с помощью комплекта приборов для измерения напряжения прикосновения. Достоинством этих приборов является то, что они компактны, позволяют коммутировать измерительную цепь в кратковременном режиме, что обеспечивает термическую целостность измерительных устройств и способствует улучшению условий электробезопасности при измерениях.

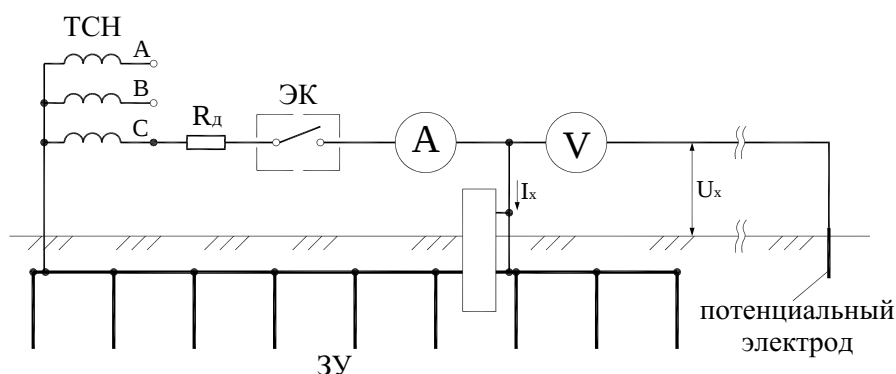


Рисунок 10.27 – Схема измерений параметров U_x и I_x

Приложение D (справочное)

Примеры расчета заземляющего устройства при применении смеси для нормализации заземления (далее-смесь) со стержневым, проводниковым и пластинчатым заземлителями.

При применении смеси происходит частичная замена ее объемом объема исходного грунта в около электродном пространстве ЗУ. Смесь имеет значительно меньшее удельное сопротивление, чем грунт. Параметром, влияющим на изменение удельного сопротивления, будет площадь соприкосновения смеси и исходного грунта, а в случае применения смеси по всей длине электрода – периметр контакта. Эффективность замены грунта смесью тем выше, чем больше разница удельного сопротивления грунта и смеси, а так же, чем большее количество грунта в около электродном пространстве заменено. При расчете ЗУ необходимо использовать эквивалентное удельное сопротивление грунта, вместо измеренного сопротивления исходного грунта.

Перед началом проектных работ необходимо учесть ряд важных требований и обстоятельств:

1) Минимальное количество готовой смеси для нормализации заземления «Поспех» (далее - смесь), применяемое при строительстве либо ремонте заземляющего устройства (далее ЗУ) представляет собой 20 литров вязкой киселеобразной массы бурого цвета, получаемой после смешивания 10 кг сухой смеси с 10 литрами воды, которую необходимо поместить в траншею, в место, где вертикальный заземлитель соединяется с горизонтальным заземлителем.

3) Для закладки смеси в данном месте необходимо выделить 1,3 погонных метров длины траншеи размером Т-1 либо Т-2 глубиной не менее 0,7 метра . (см. таб-цы 3-4) В случае строительства заземляющего устройства состоящего из 2-х и более вертикальных заземлителей, соединяемых в единое целое горизонтальными заземлителями подготовка и закладка смеси в местах данных соединений проводится аналогичным образом.

Для определения Эквивалентного удельного сопротивления грунта с учетом замещения части грунта смесью можно использовать формулу, полученную на основе экспериментальных данных:

$$\rho_{\text{экв}} = \Psi \cdot (\rho_{\text{грунт}} e^{-1,3/P} + 20 / e^{4/P}) , \text{ Ом}\cdot\text{м, для однослойного грунта,}$$

$$\rho_{\text{экв}} = \Psi \left(\frac{\rho_{1\text{грунта}} \cdot \rho_{2\text{грунта}} \cdot l}{\left(\rho_{1\text{грунта}} (l - H + t) + \rho_{2\text{грунта}} (H - t) \right)} e^{-1,3/P} + 20 / e^{4/P} \right) \text{ для двухслойного.}$$

или:

$\rho_{\text{экв}}$ – искомое расчетное удельное сопротивление земли, Ом·м ;

$\rho_{\text{грунта}}$ – удельное сопротивление земли, полученное в результате измерений, Ом·м;

ψ – коэффициент сезонности, при выборе которого учитывается сезонные колебания температуры, а так же то, что применение смеси снижает температуру замерзания грунта на 40С (выбирается по таблицам 1, 2 или их актуальным аналогам для конкретной местности),

H – толщина верхнего слоя грунта, м;

t - заглубление вертикального заземлителя (глубина траншеи) t = 0.7 м,

l – длина вертикального заземлителя,

P –Периметр сечения замещающей грунт смеси.

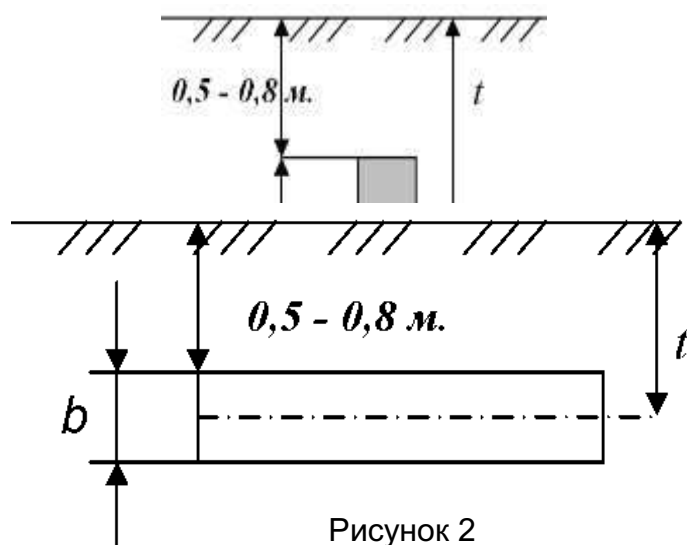


Рисунок 2

Расчет сопротивления растеканию тока одиночного стержневого (вертикального) заземлителя.

В случае использования стержневого круглого сечения заземлителя, заглубленного в землю (см. рисунок 1) с использованием смеси, расчетная формула имеет вид:

$$R_{\sigma} = \frac{\rho_{\text{экв}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d_{\text{экв}}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right);$$

l – длина вертикального стержня, м;

$d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр заземлителя, м;

t – расстояние от поверхности грунта до середины длины вертикального стержня.

$$d_{\text{экв}} = 1 + \frac{(d_{\text{муфты}} - d_{\text{зазем}})}{d_{\text{зазем}}} \cdot \frac{\rho_{\text{экв}}}{\rho_{\text{грунта_изм}}},$$

Данная поправка корректирует вклад стабилизации влажности в околоэлектродном слое грунта после его замещения смесью.

Расчет сопротивления растекания тока с проводникового (горизонтального) заземлителя.

В данном случае проводится расчет сопротивления растекания тока горизонтального заземлителя в виде стержня либо горизонтальной соединительной полосы R_{σ} , Ом (см. рисунок 2). В случае использования при строительстве заземления горизонтального полосового заземлителя расчет выполняется по формуле:

$$R_{\sigma} = \frac{\rho_{\text{экв}}}{2\pi l_{\sigma}} \ln \frac{2l_{\sigma}^2}{bt};$$

где: $\rho_{\text{экв}}$ – расчетное удельное сопротивление грунта, Ом·м; l_{σ} – длина горизонтальной полосы, м; b – ширина полосы, м; t – расстояние от поверхности грунта до середины ширины горизонтальной полосы.

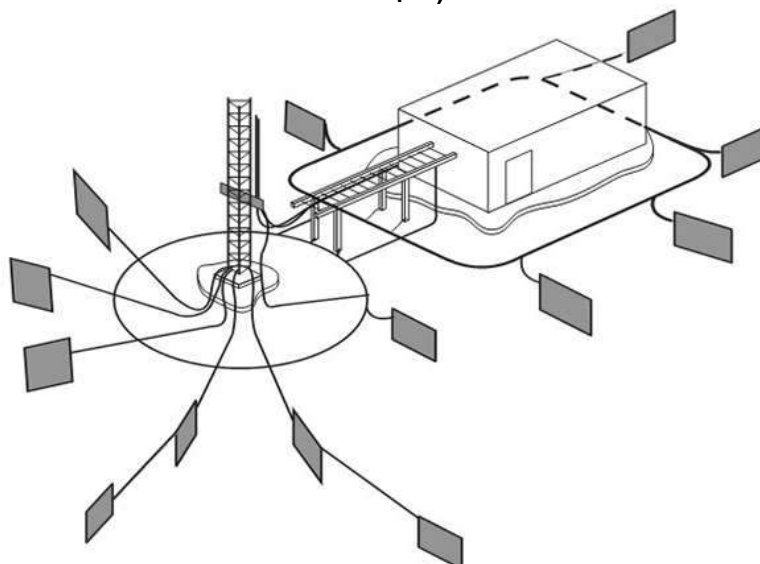
Расход смеси при строительстве нового ЗУ.

Расход смеси при ширине траншеи	0,2 метра/траншея Т-1/		0,3 метра/траншея Т-2/	
Глубина погружения вертикального заземлителя, метров	Объем готовой смеси, литров	Количество ведер	Объем готовой смеси, литров	Количество ведер
3	40	2	60	3
4,5	40	2	60	3
6	40	2	60	3
7,5	40	2	60	3
9	60	3	60	3
10,5	60	3	60	3
12	60	3	60	3
13,5	60	3	80	4
15	60	3	80	4
16,5	60	3	80	4
18	60	3	80	4
19,5	60	3	80	4
21	80	4	80	4
22,5	80	4	80	4
24	80	4	100	5
25,5	80	4	100	5
27	80	4	100	5
28,5	80	4	100	5
30	80	4	100	5

Расход смеси при ремонте ЗУ с вышедшим из нормы сопротивлением.

Расход смеси	При ширине траншеи
на 1 погонный метр ЗУ	0,2 метра/траншея Т-1/ 1 ведро, 20 литров

Расчет заземляющего устройства из пластинчатого заземлителя (пластин заземляющих).



Пример выполнения ЗУ с помощью пластин заземляющих

Для определения эквивалентного удельного сопротивления грунта с учетом замещения части грунта смесью можно использовать формулу полученную на основе экспериментальных данных:

$$R = \frac{\rho_{\text{экв}}}{4} \sqrt{\frac{\pi}{2A}}$$

$\rho_{\text{экв}}$ - эквивалентное удельное сопротивление грунта (Ом·м); А - площадь одной грани пластины в квадратных метрах (м²). Значение $\rho_{\text{экв}}$ изменяется в зависимости от типа грунта, климатических условий, применения смесей. Если расчеты основаны на табличных значениях удельного сопротивления грунта, следует использовать наибольшее значение ρ для данного типа почвы и региона. В случае натурных измерений следует увеличивать значения на коэффициент сезонности $\rho_{\text{экв}} = \Psi \cdot \rho_{\text{грунт}}$.

Расчеты с использованием измеренных значений при использовании смеси следует проводить следующим образом:

$$\rho_{\text{экв}} = \Psi \cdot (\rho_{\text{грунт}} e^{-0,13/S} + 20 / e^{0,4/S}), \text{ Ом·м, для однослойного грунта,}$$

или:

$$\rho_{\text{экв}} = \Psi \cdot \left(\frac{\rho_{1\text{грунт}} \cdot \rho_{2\text{грунт}} \cdot l}{\left(\rho_{1\text{грунт}} (l - H + t) + \rho_{2\text{грунт}} (H - t) \right)} e^{-0,13/S} + 20 / e^{0,4/S} \right) \text{ для двухслойного.}$$

Здесь:

$\rho_{\text{экв}}$ – искомое расчетное удельное сопротивление земли, Ом·м;

$\rho_{\text{грунт}}$ – удельное сопротивление земли, полученное в результате измерений, Ом·м;

Ψ – коэффициент сезонности, при выборе которого учитывается сезонные колебания температуры, а так же то, что применение смеси снижает температуру замерзания грунта на 40С (выбирается по таблицам 2 и 3 или по их актуальным аналогам для конкретной местности),

H – толщина верхнего слоя грунта, м;

t - заглубление заземлителя (глубина траншеи) t = 0,7 м,

l – ширина пластины, м.,

S – толщина слоя обсыпки пластины замещающей смесью.

Если при расчетах либо измерениях сопротивление одной пластины превышает требуемое значение, то две или более пластин могут использоваться параллельно, и тогда общее сопротивление ЗУ с учетом коэффициента использования проводимости пластин обратно пропорционально количеству используемых пластин заземления, при условии, что каждая пластина установлена вне зоны сопротивления любой другой. Следует учитывать, что при количестве пластин заземляющих до 10 штук, коэффициент использования проводимости равен 0,8, при количестве от 10 до 15 штук - 0,75, от 15 до 20 штук - 0,7, при применении количества пластин свыше 20 штук коэффициент использования проводимости равен 0,6. Для пластин сопротивление растеканию тока обратно пропорционально линейному размеру, а не площади поверхности, то есть пластина с размером сторон 500*500 мм будет иметь сопротивление примерно на 20% выше, чем пластина с размером сторон 500*750 мм.

Если ЗУ выполняется путем соединения пластин с вертикальным заземлителем, где пластина используется вместо зажима для горизонтального заземлителя, коэффициент использования проводимости пластин заземляющих увеличивается до 0,95. Однако при комбинировании пластин заземляющих с вертикальным заземлителем в ЗУ, состоящем из группового заземлителя, находящаяся рядом по соседству пластина заземляющая будет

располагаться аналогично на последующем вертикальном заземлителе, разнесенном с первым вертикальным заземлителем на расстояние равное глубине их погружения .

Для уменьшения удельного сопротивления грунта на каждую из пластин заземляющих необходимо вылить не менее 2-х ведер-40 литров смеси для нормализации заземления. В этих целях, смонтированная в траншее пластина вначале присыпается грунтом, а затем насыпанный на нее грунт отодвигается от ее плоскостей и ребер лопатой на расстояние 0,1 метра. После поливки пластины смесью она полностью засыпается грунтом.