

## Рекомендации по молниезащите

в помощь проектировщикам систем молниезащиты и систем защиты от импульсных перенапряжений

## Предисловие

Компания OBO Bettermann является одним из опытейших производителей систем молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений. Вот уже более ста лет OBO разрабатывает и производит компоненты молниезащиты в соответствии с требованиями технических стандартов. Уже в начале 70-х годов, как только началось стремительное триумфальное шествие электрических пишущих машин, которым предстояло развиваться до современного компьютера, OBO тут же отреагировала на это, создав свой разрядник V-15 для защиты от импульсных перенапряжений и тем самым задав новые масштабы. Многочисленные инновационные разработки, например, штекерное устройство защиты от импульсных напряжений типа 2 со знаком технического контроля VDE или первый штекерный молниезащитный разрядник типа 1 на базе карбоновой технологии, заложили основу всему нашему уникальному ассортименту.

Уже в 50-е годы компания OBO стала первым изготовителем, опубликовавшим рекомендации по теме молниезащиты. В них все внимание было сфокусировано на внешней молниезащите и системах заземления. Тем не менее, информация, содержащаяся в так называемых проектных частях, стала расширяться – в нее вошли сведения о защите от перенапряжения для различных систем, начиная от энергосистем и заканчивая информационной системой. Наш девиз «МОЛНИЕЗАЩИТА ГАРАНТИРУЕТ БЕЗОПАСНОСТЬ» по-прежнему актуален, ведь внешняя молниезащита обеспечивает пассивную противопожарную защиту при прямом ударе молнии.

На сегодняшний день настоящее издание Рекомендаций по молниезащите представляет собой последовательное продолжение пособия по сооружению профессиональных молниеотводов, устанавливаемых в соответствии с современным уровнем развития техники.

Собственный отдел НИОКР в 1996 году был расширен за счет нового научно-исследовательского центра ВЕТ с одним из крупнейших в Европе генератором импульсного тока молнии и многочисленными испытательными учреждениями. В современном испытательном центре ВЕТ высококвалифицированными специалистами проводятся испытания компонентов



Из архива: Плакат, посвящённый молниезащите, 1958 г.

молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений в соответствии с действующими стандартами.

OBO поддерживает и стимулирует развитие национальной и международной стандартизации молниезащиты ряда VDE 0185-305 (IEC 62305).

Компания является членом VDB (Союза немецких фирм, ведущих деятельность в сфере молниезащиты) и VDE-ABB (Комитета по молниезащите и исследованию молнии Союза немецких электротехников), что позволяет учитывать актуальный опыт и аспекты науки и практики.

Партнерство с клиентом стоит для OBO на самом первом месте, и сотрудники OBO обеспечивают поддержку на каждом этапе проекта по всем вопросам, касающимся продукции, монтажа или консультации по проектным аспектам. Непрерывный процесс оптимизации и усовершенствования закладывает фундамент для разработки новой продукции и документации. Рекомендации предназначены для оказания практической поддержки. Мы с удовольствием рассмотрим все Ваши пожелания и предложения по оптимизации.

Всем читателям и специалистам в области молниезащиты мы желаем успеха в их деятельности по защите людей, зданий и оборудования от молний и импульсных перенапряжений!

Андреас Беттерманн (Andreas Bettermann)

OBO Bettermann GmbH & Co.KG  
[www.obo.de](http://www.obo.de)

# Содержание

---

<b>Глава 1</b>	<b>Общее введение</b>	<b>9</b>
<hr/>		
<b>Глава 2</b>	<b>Система внешней молниезащиты</b>	<b>37</b>
<hr/>		
<b>Глава 3</b>	<b>Система внутренней молниезащиты</b>	<b>121</b>
<hr/>		
<b>Глава 4</b>	<b>Испытания, техническое обслуживание и документация</b>	<b>211</b>
<hr/>		
<b>Глава 5</b>	<b>Краткий глоссарий по перенапряжениям</b>	<b>215</b>

---

# Защита в четвертой степени

Принцип «Защита в четвертой степени»: только скоординированная защита является настоящей защитой. Ознакомьтесь с функциями отдельных систем.



## 4

### Системы защиты от перенапряжений

Системы защиты от перенапряжений образуют многоступенчатый барьер, блокирующий распространение импульсных перенапряжений.



# 1

## Системы молниеприемников и токоотводов

Прямые удары молнии с силой разряда до 200.000 А надежно улавливаются молниеприемниками и отводятся по токоотводам в систему заземления



# 3

## Системы уравнивания потенциалов

Эти системы образуют связующее звено между внешней и внутренней молниезащитой. Они следят за тем, чтобы в здании не возникало опасной разницы потенциалов.



# 2

## Системы заземления

Когда отводимый ток молнии достигает системы заземления, около 50 % энергии попадает в грунт, а другая половина распределяется системой уравнивания потенциалов.



# 1

Каждый год удары молнии и перенапряжения создают угрозы и наносят ущерб людям, животным и имуществу. Возникают огромные материальные потери, и эта тенденция растёт. Выход из строя электронных приборов приводит к экономическим потерям в промышленности и создает неудобства в быту. Что касается защиты людей, то на законодательном уровне она уже регламентируется строительными нормами и правилами. Особой защиты требуют также задачи, решаемые на государственном уровне такими структурами, как полиция, спасательные службы и пожарные части.

Основываясь на действующих нормах, можно определить необходимость молниезащитной системы. Дополнительно можно даже сопоставить экономическую эффективность установки без защиты и с повреждениями, с одной стороны, и расходы на систему защиты, позволяющую предотвратить ущерб, с другой стороны. Техническое обеспечение необходимых защитных мер регламентируется действующими нормами. Для установки системы молниезащиты должны использоваться подходящие компоненты.

# Глава 1: Общее введение

1.	Общее введение	9
1.1	Молния	10
1.1.1	Возникновение молнии	11
1.1.1.1	Виды гроз	11
1.1.1.2	Разделение заряда	11
1.1.1.3	Распределение заряда	12
1.2	Угроза от разрядов молнии	13
1.2.1	Угроза для людей	13
1.2.2	Угроза для зданий и установок	14
1.2.2.1	Переходные перенапряжения	15
1.2.2.2	Грозовые (атмосферные) перенапряжения	15
1.2.2.3	Последствия перенапряжений	15
1.3	Нормативное упорядочивание источников и причин повреждений	15
1.4	Испытательные токи и смулированные импульсные перенапряжения	21
1.5	Правовые вопросы и необходимость	22
1.5.1	Нормы защиты от молний и импульсных напряжений	23
1.5.2	Иерархическая структура стандартов: международные/европейские/национальные	25
1.5.3	Состояние национальных немецких стандартов по молниезащите	25
1.5.4	Ответственность электромонтажной организации	26
1.5.5	Ответственность эксплуатирующего предприятия	26
1.6	Экономические последствия в результате повреждений, вызванных молнией и перенапряжениями	27
1.7	Анализ рисков молниезащиты и классификация по классам молниезащиты	28
1.7.1	Частота ударов молнии по региону	30
1.7.2	Эквивалентная площадь захвата	30
1.7.3	Оценка риска ущерба	31
1.7.4	Эмпирическое упорядочивание классов молниезащиты	32
1.7.5	Расчет экономической эффективности систем молниезащиты	32
1.7.5.1	Расходы для зданий без системы молниезащиты	32
1.7.5.2	Расходы для зданий с системой молниезащиты	32
1.7.5.3	Сравнение расходов, обусловленных молнией, для зданий с системой молниезащиты и без нее	32
1.8	Компоненты молниезащиты и защиты от импульсных напряжений в испытательной лаборатории	34
1.9	Компоненты молниезащиты и защиты от импульсных напряжений	35



*„Самый надежный способ защитить себя в помещении от молнии – это установка молниеотвода, так как он устроен таким образом, что способен перехватить материю грозового облака и отвести ее в землю, не задев при этом ни одной балки здания.»*

«Грозовой катехизис»,  
автор Йозеф Краус (Joseph Kraus), 1814 г.



## 1. Общее введение

Молния – это электрический искровой разряд или кратковременная световая дуга в природе. Разряд может происходить как между различными облаками, так и между облаком и землей. Как правило, молния возникает во время грозы. При этом она сопровождается громом. Молния относится к электрометеорам. При этом происходит обмен электрических зарядов (электронов или ионов газа), т.е. протекают электрические токи. Молния может также исходить из земли, в зависимости от полярности электростатического заряда.

90 % всех разрядов молнии между облаком и землей – это отрицательные молнии, проходящие от облака к земле. Молния возникает в отрицательно заряженной зоне облака и распространяется до положительно заряженной земной поверхности.

Однако большинство разрядов происходят все же внутри облака или между различными облаками.

Глобальная частота ударов молнии в год за период с 1995 по 2003 годы была определена NASA. (Рис. 1.1) Посредством местных показателей может быть определено годовое количество ударов молнии на 1 км<sup>2</sup>, в том числе для стран, в которых не производится национальная регистрация молниевых импульсов. Для оценки рисков в соответствии с промышленным стандартом IEC 62305-2 рекомендуется удваивать данные показатели.

*Другие разряды подразделяются на:*

- *отрицательные молнии от земли к облаку*
- *положительные молнии от облака к земле*
- *положительные молнии от земли к облаку*

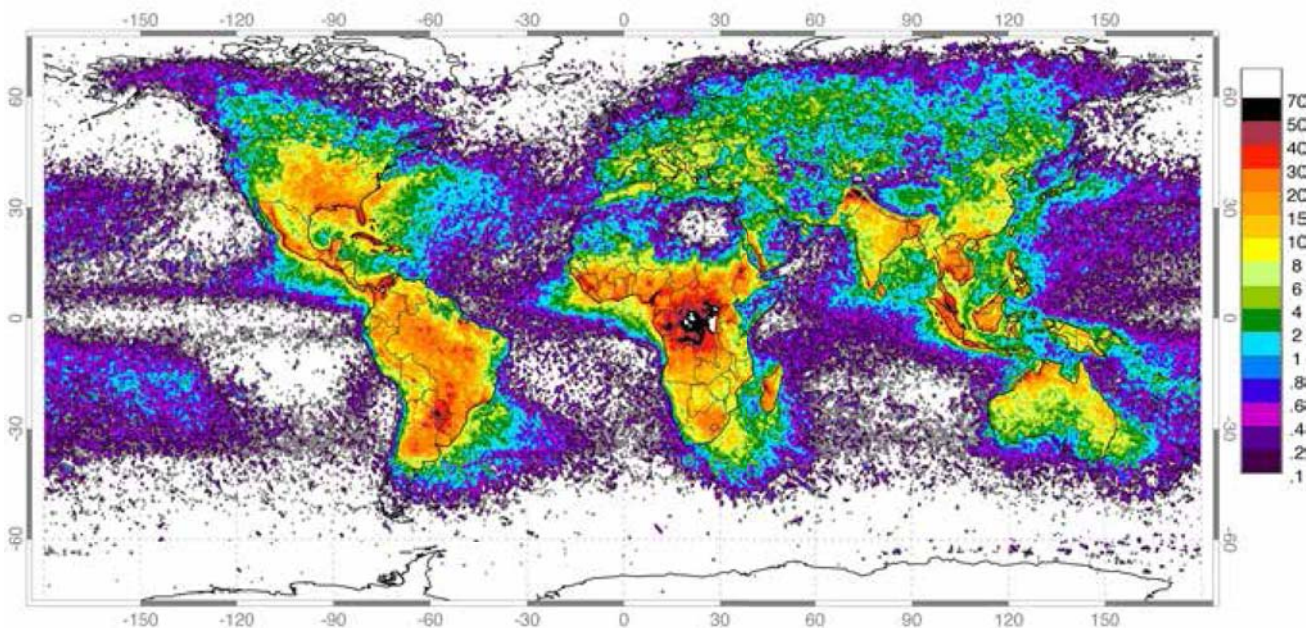


Рис. 1.1: Частота ударов молнии в виде годового количества молниевых ударов на 1 км<sup>2</sup> за 1995-2003 гг. (источник: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov))



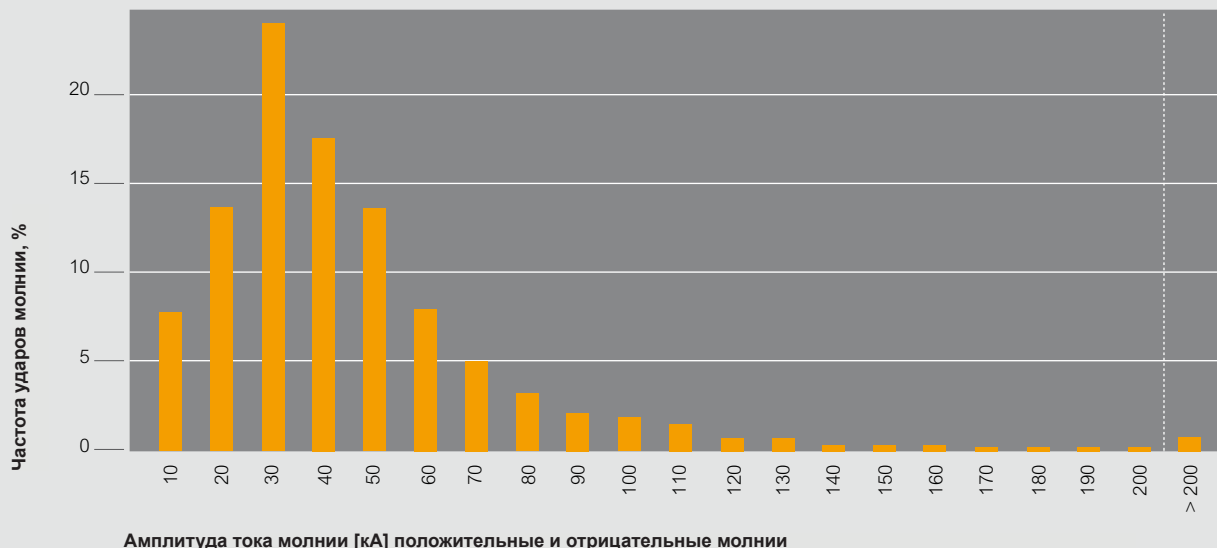


Рис. 1.2: Распределение частоты ударов молнии по амплитуде тока молнии

## 1.1 Молния

Молния и перенапряжения представляют опасность для людей и имущества. Год за годом в Германии происходит около 2 млн. ударов молнии, и эта тенденция растет. Разряд напряжений, возникающих в результате удара молнии, происходит как на малонаселенных, так и на плотно населенных территориях, представляя при этом опасность для людей, зданий и технического оборудования. Именно в результате перенапряжений ежегодно возникает ущерб на несколько сотен миллионов евро.

Система молниезащиты включает в себя как внешние, так и внутренние меры молниезащиты и предохраняет людей от повреждений, строительные сооружения от разрушений, а электроприборы от выхода из строя в результате повреждений, вызванных перенапряжением.

### Важные цифры по молниям:

- 1.500.000.000 ударов молнии ежегодно по всему земному шару
- 2.000.000 ударов молнии ежегодно в Германии
- 450.000 повреждений от перенапряжений ежегодно в Германии
- Повреждения от перенапряжений в радиусе до 2 км от удара молнии
- 80 % молний находятся в диапазоне 30 - 40 кА (Рис. 1.2)

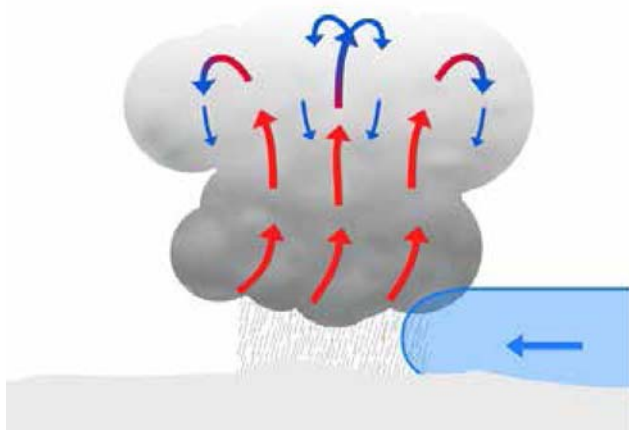


Рис. 1.3: Холодный воздушный фронт

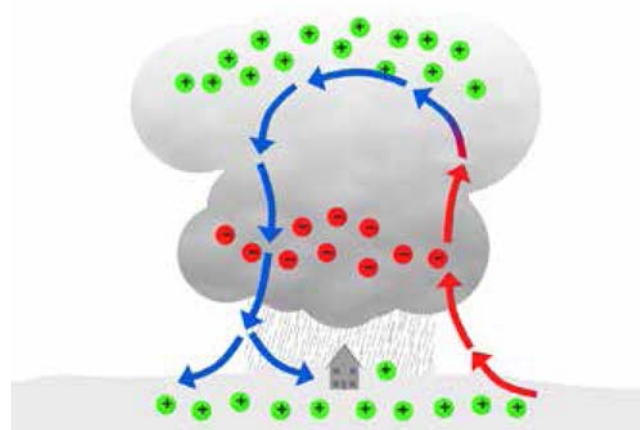


Рис. 1.5: Возникновение молнии – отрицательные и положительные заряды

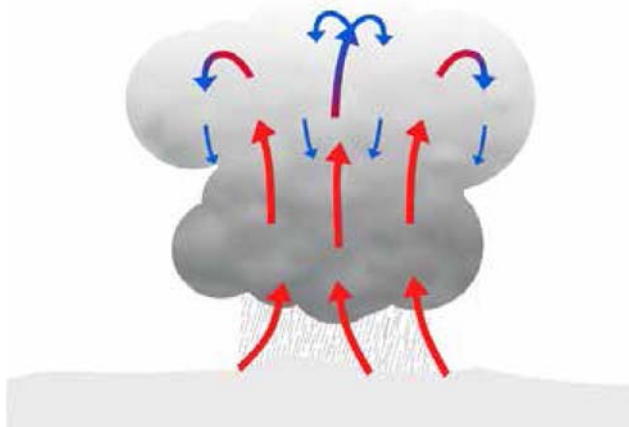


Рис. 1.4: Тепловая гроза

### 1.1.1 Возникновение молнии

Грозовые фронты могут возникнуть, когда облака расстилаются на высоте до 15.000 м.

#### 1.1.1.1 Виды гроз

Грозы на холодном фронте (рис. 1.3) возникают в результате столкновения теплого влажного воздуха с холодным воздушным фронтом. Тепловые грозы (Рис. 1.4) возникают в результате интенсивного солнечного излучения и быстрого подъема влажного теплого воздуха на большую высоту.

#### 1.1.1.2 Разделение зарядов

При подъеме теплых и влажных воздушных масс влажность воздуха конденсируется, и на больших высотах образуются кристаллы льда. Восходящие воздушные потоки со скоростью до 100 км/ч приводят к тому, что легкие кристаллы льда попадают в верхнюю часть облака, а мелкий град в его нижнюю часть. Из-за столкновений и трения возникает разделение зарядов. (Рис. 1.5)

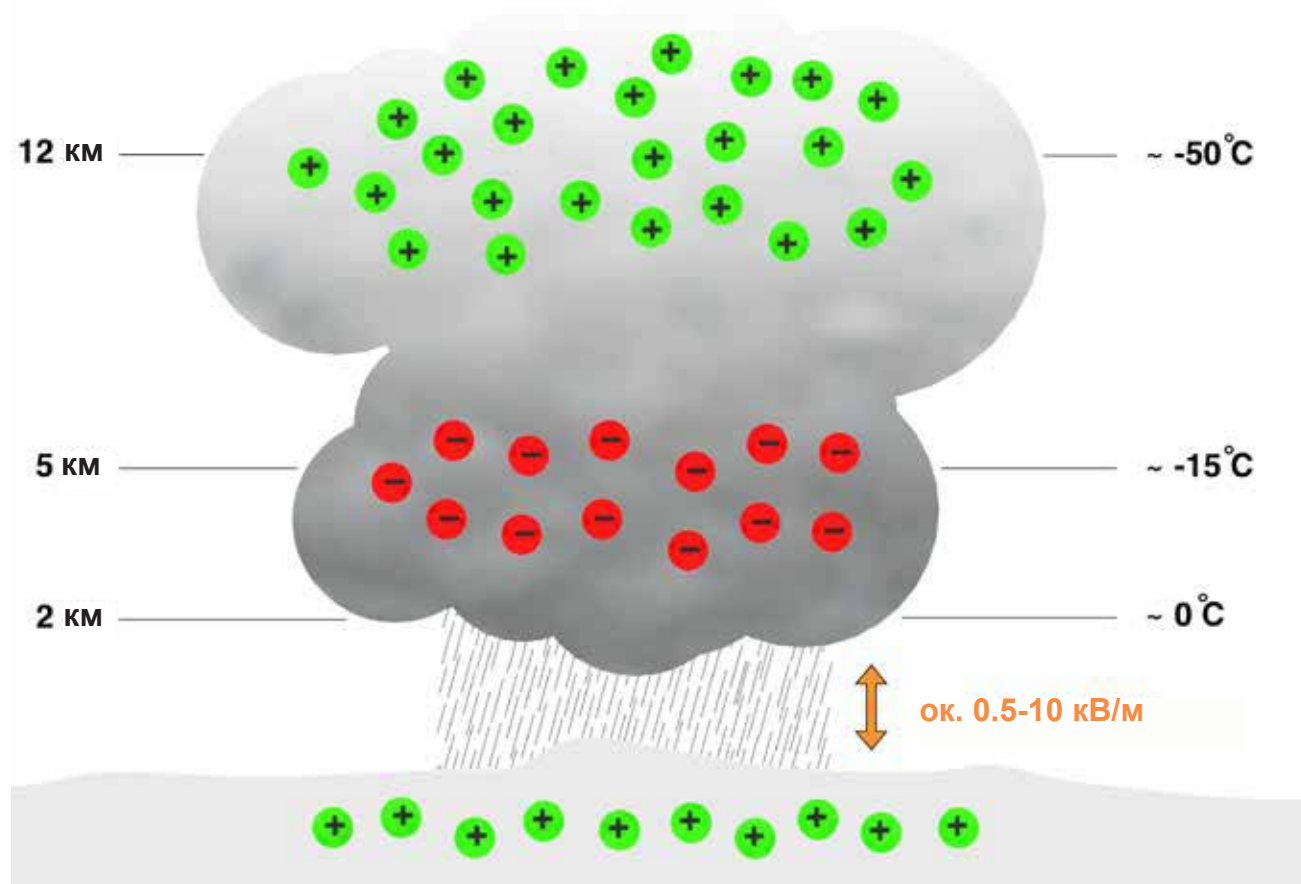


Рис. 1.6: Распределение заряда в облаке

### 1.1.1.3 Распределение заряда

Исследованиями доказано, что падающие вниз ядра снежной крупы (зона с температурой выше  $-15^{\circ}\text{C}$ ) несут отрицательные заряды, а заносимые вверх кристаллы льда (зона с температурой ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ ) – положительные. Легковесные кристаллы льда уносятся восходящим воздушным потоком в верхние зоны облака, а ядра снежной крупы падают в его центральные зоны. (Рис. 1.6)

#### Характерное распределение заряда:

- В верхней части присутствуют положительные заряды, в середине – отрицательные, а в нижней части – слабоположительные.
- Ближе к земле снова присутствуют положительные заряды.
- Необходимая для возникновения молнии напряженность электрического поля зависит от изолирующей способности воздуха и находится в диапазоне от 0,5 до 10 кВ/м.

## 1.2 Угроза от разрядов молнии

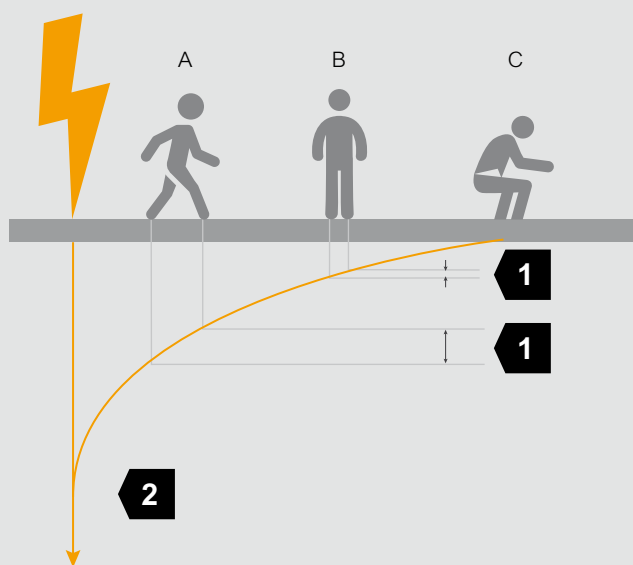
Будь то профессиональная или частная сфера, мы так или иначе все больше зависим от электрических и электронных приборов. Информационные сети, используемые на предприятиях или в таких учреждениях оказания помощи, как больницы или пожарные части, являются жизненно важными артериями для обмена информацией в реальном времени, уже давно ставшего неотъемлемой частью нашего существования. Массивы чувствительных данных, например, в банковских учреждениях или новостных издательствах, требуют надежно функционирующих путей передачи.

Скрытую угрозу для таких приборов представляют не только прямые удары молнии. Гораздо чаще электронным «помощникам» современного человека наносится ущерб из-за перенапряжений, обусловленных удаленными грозовыми разрядами или коммутационными процессами крупных электроустановок. Кроме того, при грозовых явлениях за короткие промежутки времени образуется большое количество энергии. Пиковые напряжения проникают в здания по всем видам проводящих соединений и наносят колоссальный урон.

### 1.2.1 Угроза для людей

В случае попадания молнии в здание, дерево или даже в землю электрический ток молнии входит в землю, и возникает так называемая воронка потенциалов. (Рис. 1.7) По мере удаления от места входа тока происходит снижение потенциала напряжения в земле. За счет разных потенциалов возникает шаговое напряжение, и люди или животные подвергаются опасности поражения током, проходящим через тело. В зданиях, где установлены молниеотводы, электрический ток молнии способствует падению напряжения. Все расположенные внутри и снаружи здания металлические компоненты соединены с системой уравнивания потенциалов и тем самым не представляют опасности, исходящей от высоких контактных напряжений.

Рядом со зданием существует опасность, обусловленная шаговым напряжением. При соприкосновении с молниеотводом существует опасность, обусловленная высоким контактным напряжением.



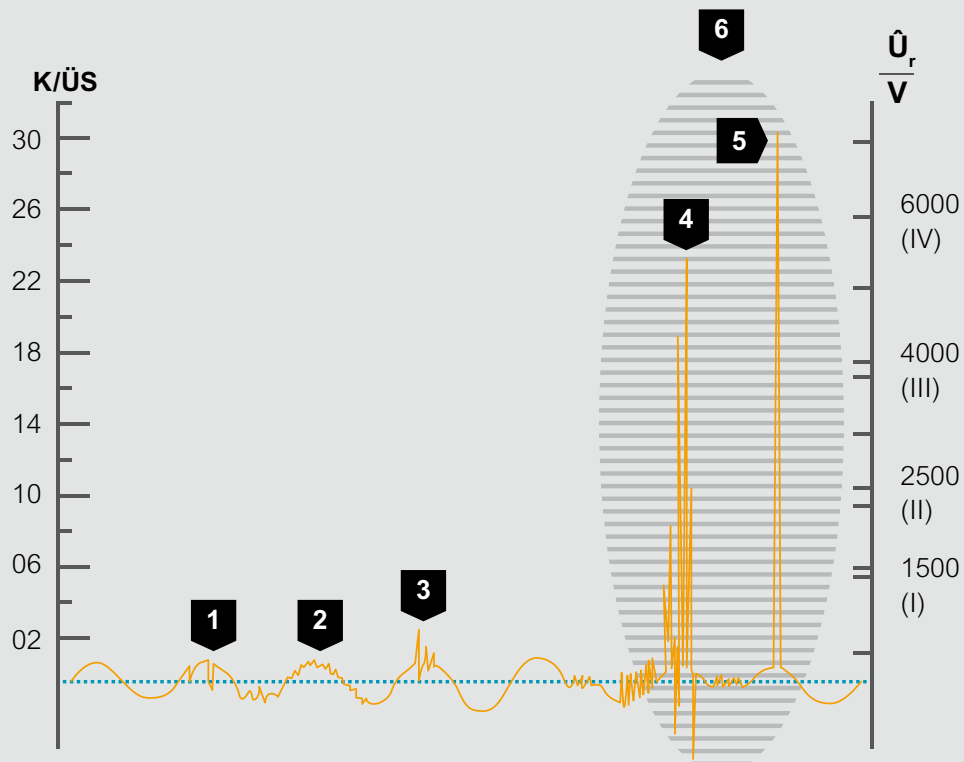
1	Шаговое напряжение $U_{\text{ш}}$
2	Воронка потенциалов
A	Рядом с местом удара или токоотводом присутствует высокое шаговое напряжение 1.
B	По мере удаления шаговое напряжение падает.
C	В открытом поле от прямых ударов защищает положение на корточках.

Рис. 1.7: Шаговое напряжение и воронка потенциалов во время удара молнии

### 1.2.2 Угроза для зданий и установок

Для зданий и установок опасность представляют не только прямые удары молнии, но также перенапряжения, которые могут быть вызваны ударами молний на расстоянии до 2 км. Перенапряжения многократно (коэффициент  $K/\text{Vs}$ ) превышают допустимое сетевое напряжение. При превышении значения пробивной прочности ( $U_r/V$ ) электрических систем возникают неисправности – вплоть до необратимого разрушения.

Слабые, зачастую возникающие постоянные перенапряжения обусловлены высокочастотными источниками помех и сетевыми авариями. В этом случае необходимо устранить источники помех или установить соответствующие сетевые фильтры. Для защиты от коммутационных и грозовых (атмосферных) перенапряжений с большим запасом энергии (см. рис. 1.8: тип 4, 5) на зданиях и установках требуются соответствующие системы защиты от молнии и перенапряжений.



1	Провалы напряжения/короткие прерывания
2	Гармоники, обусловленные постепенными и резкими изменениями напряжения
3	Временные повышения напряжения
4	Коммутационные перенапряжения
5	Грозовые перенапряжения
6	Случай применения устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)

Рис. 1.8: Типы перенапряжений



### 1.2.2.1 Переходные перенапряжения

Переходные перенапряжения – это кратковременные повышения напряжения в микросекундном диапазоне, которые могут многократно превышать подающееся номинальное сетевое напряжение. К переходным перенапряжениям не относятся постоянные перенапряжения, возникающие при недопустимых условиях в электросети.

### Коммутационные перенапряжения

Коммутационные перенапряжения обусловлены разными источниками, например, включениями больших индуктивных нагрузок, например, у моторов. Как правило, коммутационные перенапряжения в 2-3 раза превышают рабочее напряжение.

### Индуктивные перенапряжения

Индуктивные перенапряжения в проводках зданий, а также подводах энергии или линий передачи данных могут многократно превышать номинальное рабочее напряжение и способны вызвать мгновенный выход оборудования из строя.

### 1.2.2.2 Грозовые перенапряжения

Максимальные пики напряжений в низковольтном выводе к потребителю обусловлены разрядами молнии. Грозовые (атмосферные) перенапряжения могут в сотни раз превышать номинальное напряжение и транспортировать высокое содержание энергии. При прямом ударе в наружный молниеотвод или низковольтную воздушную линию без внутренней защиты от молнии и импульсных перенапряжений они, как правило, приводят к повреждениям изоляции и полному выходу из строя оборудования подключенных потребителей.

### 1.2.2.3 Последствия перенапряжений

Электрические токи молнии с большим запасом энергии приводят зачастую к мгновенному разрушению незащищенного оборудования. При небольших перенапряжениях, наоборот, выход оборудования из строя происходит по истечении некоторого времени, поскольку в результате таких перенапряжений компоненты соответствующих приборов подвергаются преждевременному старению и тем самым замедленному процессу разрушения. В зависимости от точной причины и места удара искрового разряда молнии требуются различные меры защиты.

## 1.3 Нормативное упорядочивание источников и причин повреждений

Для анализа рисков в соответствии с промышленным стандартом IEC 62305-2 (DIN EN 623052) удары молнии подразделяются на четыре источника повреждения (S1-S4). Ударами молнии обусловлены три причины повреждений (D1-D3). Повреждения или потери подразделяются, в свою очередь, на четыре вида повреждений (L1-L4). (Рис. 1.10)

*Грозовые (атмосферные) перенапряжения могут в сотни раз превышать номинальное напряжение и транспортировать высокое содержание энергии.*

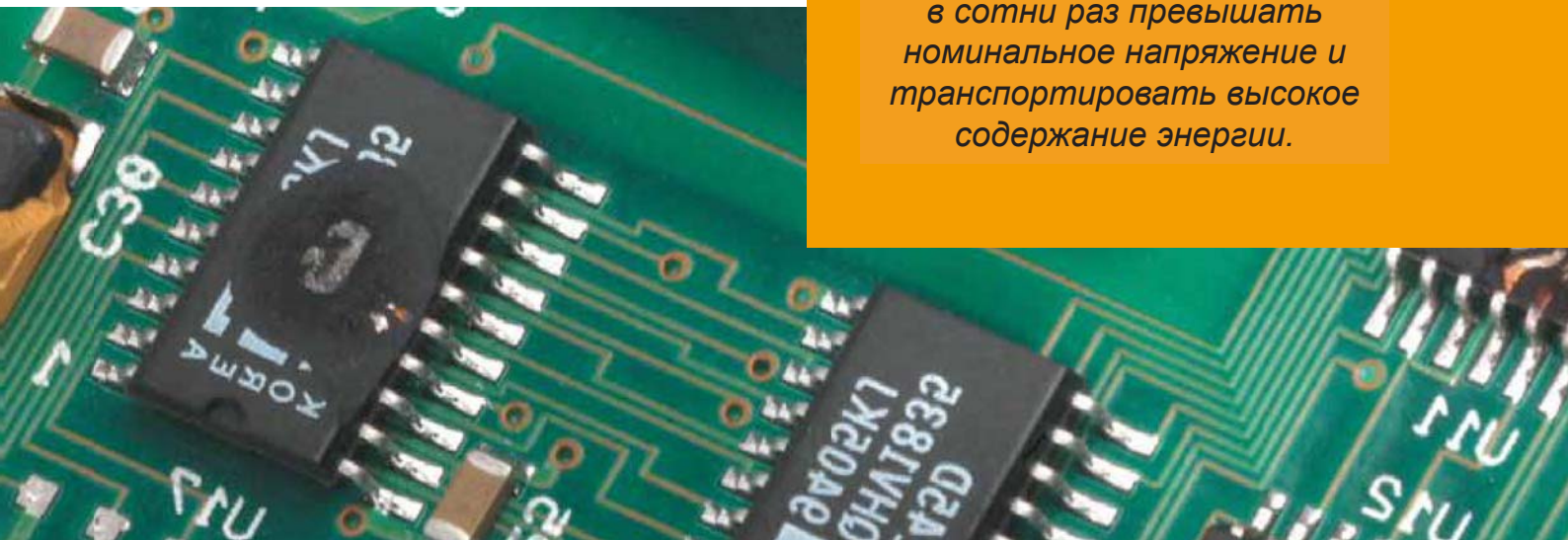


Рис. 1.9: Печатная плата, разрушенная перенапряжением

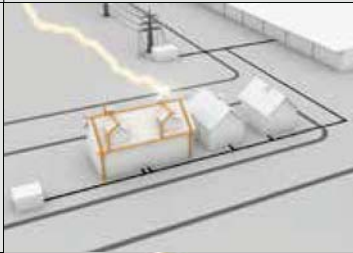
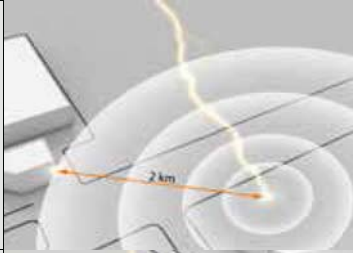


Место удара	Пример	Источник повреждения	Причина повреждения	Вид повреждения
Строительное сооружение		S1	C1 C2 C3	D1, D4 D1, D2, D3, D4 D1, D2, D4
Грунт вблизи строительного сооружения		S2	C3	D1, D2, D4
Подведенная питающая линия		S3	C1 C2 C3	D1 D1, D2, D3, D4 D1, D2, D4
Грунт вблизи подведенной питающей линии		S4	C3	D1, D2, D4

Рис. 1.10: Анализ рисков в соответствии с промышленным стандартом IEC 62305-2 (VDE 0185-305-2)

<b>C1</b>	Электрический шок живых существ в результате контактных или шаговых напряжений
<b>C2</b>	Пожар, взрыв, механическое и химическое воздействие в результате физических последствий разряда молнии
<b>C3</b>	Неисправность электрических и электронных систем в результате перенапряжений
<b>D1</b>	Травмирование или гибель людей
<b>D2</b>	Невозможность оказания услуг населению
<b>D3</b>	Утрата незаменимого культурного наследия
<b>D4</b>	Экономические потери

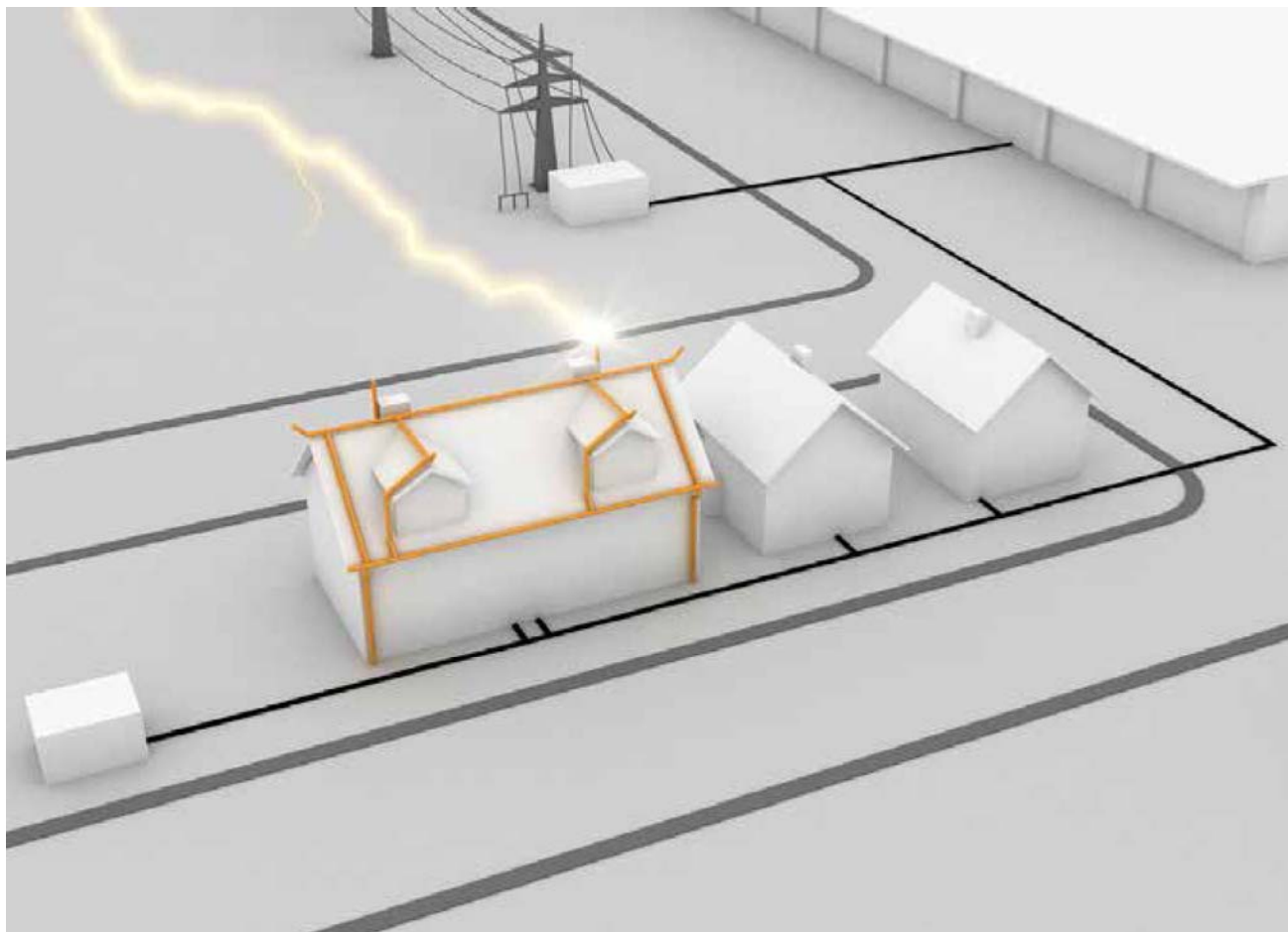


Рис. 1.11: Угроза: Прямой удар молнии

### S1: Прямой удар молнии в здание

При прямом ударе молнии во внешнюю систему молниезащиты (молниеотвод) или заземленные сооружения на крыше, способные выдержать нагрузку по току молнии (например, наружная антенна, установленная на крыше) энергия молнии может быть надежно отведена к потенциалу земли. Однако, одним молниезащитным устройством дело не ограничивается: в результате полного электрического сопротивления заземляющей установки вся заземляющая система здания повышается до высокого потенциала. Это повышение потенциала способствует распределению токов молнии по системе заземления здания, а также по системам электропроводки и линиям передачи данных к соседним системам заземления (соседние здания, низковольтный трансформатор). При прямом ударе молнии возникает опасность потери человеческих жизней, возможности предоставления услуг населению (телефонная связь, пожарная охрана), объектов культурного наследия (музеи, театры) и экономических благ (имущество). Система молниезащиты предохраняет здание и людей от прямых импульсов молний и риска возникновения пожара. (Рис. 1.11)

*При прямом ударе молнии во внешнюю систему молниезащиты (молниеотвод) или заземленные сооружения на крыше, способные выдержать нагрузку по току молнии, энергия молнии может быть надежно отведена к потенциалу земли.*



Рис. 1.12: Угроза: Импульс перенапряжения в результате индуктивного и гальванического ввода

**S2: Удар молнии вблизи здания и ввода в радиусе до 2 км**

В результате близкого удара молнии дополнительно создаются высокие магнитные поля, которые в свою очередь индуцируют высокие пики напряжений в проводящих системах. В радиусе до 2 км от точки удара молнии индуктивные и гальванические связи приводят к повреждениям. В результате перенапряжений возникают неисправности в электрических и электронных системах, и происходит их разрушение.

Устройства защиты от молний и перенапряжений защищают от неконтролируемых пробоев (искр) и связанного с ними риска возникновения пожара. (Рис. 1.12)

*В результате близкого удара молнии дополнительно создаются высокие магнитные поля, которые в свою очередь индуцируют высокие пики напряжений в проводящих системах.*

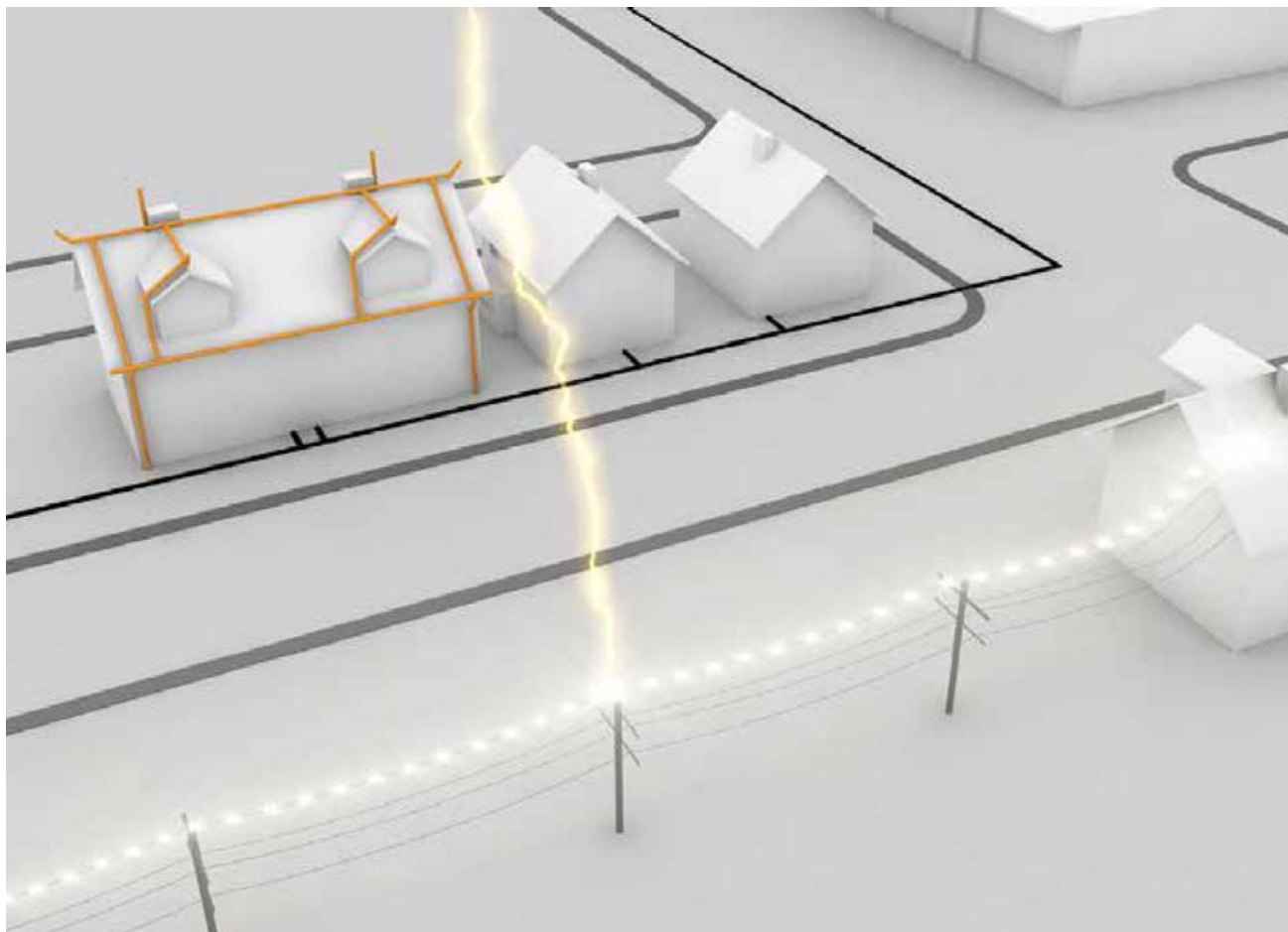


Рис. 1.13: Угроза: импульс молнии и передаваемые по проводам токи молнии

### **S3: Прямой удар молнии в питающую линию**

Прямой удар молнии в низковольтную воздушную линию или линию передачи данных может привести к вводу высоких токов молнии в соседнее здание. Особую опасность перенапряжения представляют для электрического оборудования зданий на конце низковольтных воздушных линий.

Степень риска зависит от типа прокладки линий (при этом различают воздушную линию и подземную линию), а также от вида присоединения экранирования к системе уравнивания потенциалов. За счет подходящих устройств защиты от молнии и импульсных перенапряжений происходит уравнивание энергии импульса молнии на входе в здание. (Рис. 1.13)

*Прямой удар молнии в низковольтную воздушную линию или линию передачи данных может привести к вводу высоких токов молнии в соседнее здание.*





Рис. 1.14: Угроза: гальванически связанное и проводное перенапряжение

#### **S4: Прямой удар молнии рядом с питающей линией**

За счет близости удара молнии в линиях индуктируются импульсные перенапряжения. Далее, в результате процессов включения и выключения, включения индуктивных и емкостных нагрузок, а также прерывания токов короткого замыкания создаются коммутационные перенапряжения. В частности, отключение производственного оборудования, систем освещения или трансформаторов может привести к повреждениям электрических приборов, расположенных вблизи них.

(Рис. 1.14)

*Коммутационные и индуктированные перенапряжения в линиях обуславливают большую часть повреждений.*

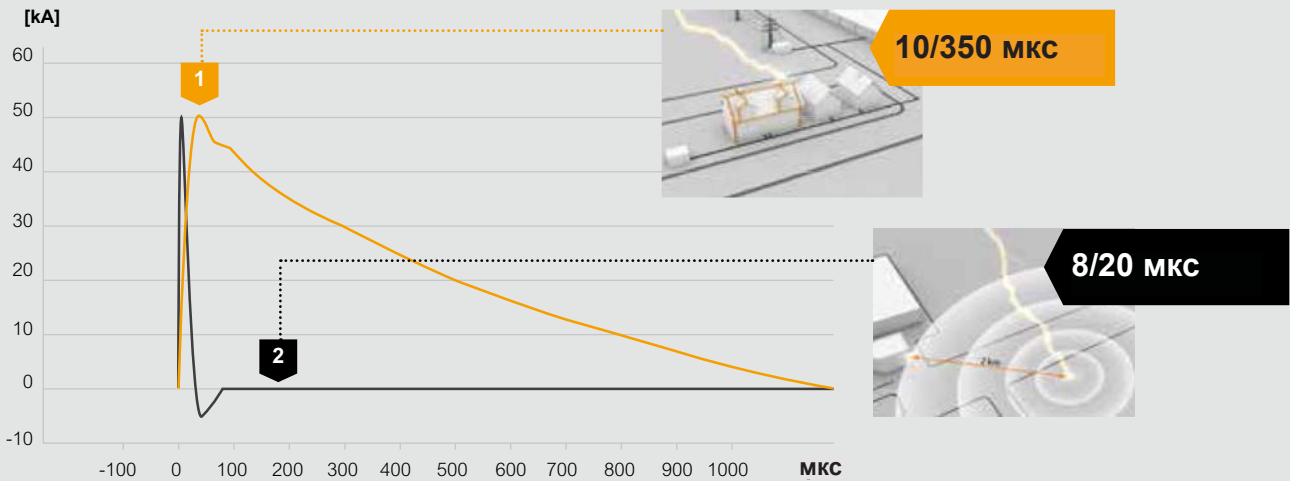


Рис. 1.15: Виды импульсов и их характеристика

1	Форма импульса 1: прямой удар молнии, 10/350 мкс - симулированный импульс молнии
2	Форма импульса 2: удаленный удар молнии или коммутационный процесс, 8/20 мкс-симулированный импульс тока (перенапряжение)

#### 1.4 Испытательные токи и симулированные импульсные перенапряжения

В результате грозы к земле могут притекать высокие токи молнии. При прямом ударе молнии в здание, оборудованное внешней молниезащитой, на сопротивлении заземления системы уравнивания потенциала молниезащиты возникает падение напряжения, которое представляет собой перенапряжение по отношению к удаленной окружающей среде.

##### Пример:

- Ток молнии ( $i$ ): 100 кА
- Сопротивление заземления ( $R$ ): 1 Ом
- Падение напряжения ( $u$ ):  $R \times i = 1 \text{ Ом} \times 100 \text{ кВ} = 100.000 \text{ В}$

##### Вывод:

Напряжение на сопротивлении заземления увеличивается по отношению к удаленной заземленной сети на 100 кВ.

Данное повышение потенциала представляет собой угрозу для электрических систем (например, источники питания, телефонные аппараты, кабельное телевидение, провода цепи управления и т.д.), проводимых в здании. Для контроля различных устройств защиты от молнии и перенапряжения в национальных и международных стандартах установлены соответствующие испытательные токи. (Рис. 1.15)

#### Прямой удар молнии: форма импульса 1

Токи молнии, возникающие при прямом ударе молнии, могут быть симитированы посредством импульсного тока с формой волны 10/350 мкс. Испытательный ток молнии имитирует как быстрый подъем, так и высокое содержание энергии естественной молнии. Грозовые токоотводы типа 1 и компоненты внешней молниезащиты проверяются данным импульсом.

#### Удаленные удары молнии или коммутационные процессы: форма импульса 2

Перенапряжения, возникающие в результате удаленных ударов молнии или коммутационных процессов, имитируются посредством испытательного импульса 8/20 мкс. Запас энергии данного импульса значительно ниже, чем испытательного тока молнии с волной импульсного тока 10/350 мкс. Разрядники перенапряжений типа 2 и типа 3 нагружаются данным испытательным импульсом.

Плоскость «ток/время» под кривой импульсных токов соответствует содержанию заряда. Заряд испытательного тока молнии с формой волны 10/350 равен примерно 20-кратному заряду импульсного тока с формой волны 8/20 при одинаковом амплитудном уровне.

<b>1. Законы</b>	Пример: Конституционный закон, Земельные строительные правила для общественных зданий и объектов массового скопления людей
<b>2. Положения</b>	Пример: Технические правила эксплуатационной безопасности Федерального ведомства по охране труда и производственной медицине
<b>3. Предписания</b>	Пример: Предписания по предотвращению несчастных случаев
<b>4. Технические регламенты</b>	Пример: VDE 0185-305 (IEC 62305)
<b>5. Договоры</b>	Пример: Директивы страховых организаций, напр., VDS 0185

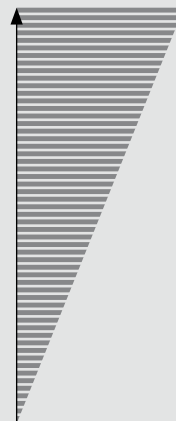


Рис. 1.16: Растущая правовая обязательность

## 1.5 Правовые вопросы и необходимость

Необходимость молниезащиты определяется пятью факторами (Рис. 1.16):

### 1. Законы

Главным приоритетом правовой системы является защита человеческой жизни, а также основополагающих общественных ценностей (культурного наследия, гарантий обеспечения и т.д.). Так, например, требования по молниезащите отражены в Земельных строительных правилах для общественных зданий и объектов массового скопления людей.

### 2. Положения

Положения не только издаются парламентом, но и регулируются государственной исполнительной властью, например, Технические правила эксплуатационной безопасности Федерального ведомства по охране труда и производственной медицине. Молниезащита, упоминается, к примеру, в ТПЭБ (TRBS) 2152, Части 3, в качестве возможности предотвращения воспламенения взрывоопасных атмосфер.

### 3. Предписания

Такие предписания, как Предписания по предотвращению несчастных случаев, обязуют каждое предприятие к соблюдению правил по технике безопасности и охране здоровья на рабочем месте.

*Каждый собственник или эксплуатирующее предприятие несет ответственность за безопасность своего оборудования. Они заинтересованы в эксплуатационной готовности своего оборудования и должны контролировать расходы, связанные с выходом оборудования из строя.*

### 4. Технические регламенты

Нормы и технические регламенты описывают методы и технические решения, которые позволяют соблюдать предписываемые в правовых актах нормы безопасности. Главным стандартом по молниезащите является стандарт Союза немецких электротехников VDE 0185-305 (IEC 62305). Анализ рисков необходимого внедрения устройств защиты от импульсных перенапряжений может проводиться в соответствии со стандартом VDE 0100-443 (IEC 60364-4-44).

### 5. Договоры

Страховыми компаниями на основе данных о повреждениях и разрушениях были изданы директивы. Объекты, требующие использования устройств по защите от молнии и импульсных перенапряжений, перечислены, к примеру, в стандарте VDS 2010. В таблице 4 на стр. 28 представлена выдержка по данной теме, взятая из стандарта VDS 2010.

### 1.5.1 Нормы защиты от молний и импульсных напряжений

При проектировании и возведении систем молниезащиты должны учитываться приложения, особенности, применения и указания по безопасности из соответствующих вкладных листов, действующих в конкретной стране.

Система защиты от молнии и импульсных перенапряжений состоит из нескольких согласованных между собой систем. (Рис.1.17) Изначально система защиты от молнии и импульсных напряжений состоит из внутренней и внешней систем молниезащиты, которые, в свою очередь, подразделяются на следующие системы:

- молниеприемники
- токоотводы
- заземления
- экранирование помещения
- разделительный интервал
- уравнивание потенциалов молниезащиты

Данные системы должны выбираться и согласованно внедряться для соответствующего применения. Различные стандарты, распространяющиеся на применение и продукцию (Таблица 1.1. и Таблица 1.2 / стр. 24), образуют нормативную базу, которую необходимо соблюдать при возведении систем. Вкладыши международных директив IEC и гармонизированные европейские версии соответствующих действующих в конкретной стране переводов зачастую содержат дополнительную (характерную для конкретной страны) информацию.

### Производственные стандарты

Чтобы компоненты были способны выдерживать прогнозируемые нагрузки в процессе эксплуатации, они должны быть испытаны в соответствии с действующим производственным стандартом для внешней, а также внутренней молниезащиты.

*Только согласованно внедряемые меры способны обеспечить комплексную молниезащиту.*

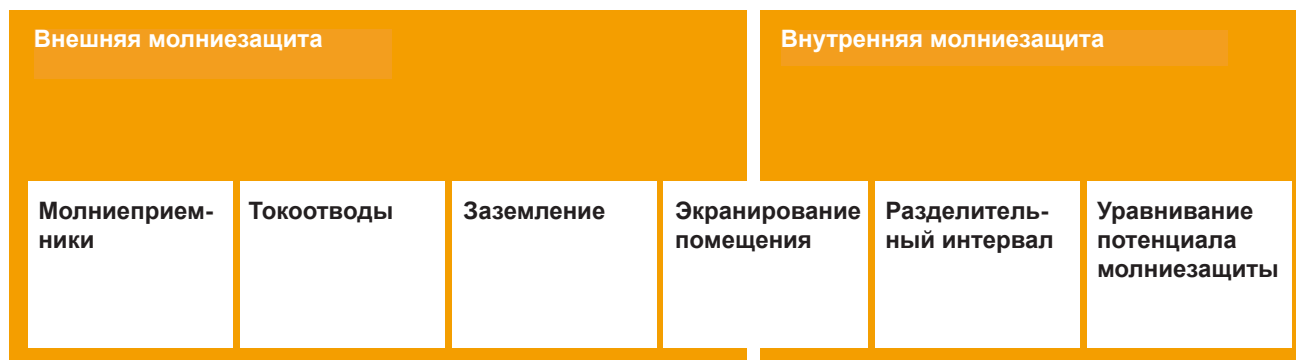


Рис. 1.17: Системы внешней и внутренней молниезащиты

Стандарт	Немецкий вкладыш	Содержание
VDE 0185-305-1 (IEC 62305-1)		Молниезащита - Часть 1: Общие принципы
VDE 0185-305-2 (IEC 62305-2)		Молниезащита - Часть 2: Управление рисками
	1	Угроза молний в Германии
	2	Справочные системы расчетов для оценки рисков повреждений строительных сооружений
	3	Дополнительная информация по применению стандарта EN 62305-2
VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3)		Молниезащита - Часть 3: Защита строительных сооружений и людей
	1	Дополнительная информация по применению стандарта EN 62305-3
	2	Дополнительная информация по строительным сооружениям
	3	Дополнительная информация по проверке и техническому обслуживанию систем молниезащиты
	4	Применение металлических крыш в системах молниезащиты
	5	Защита от молнии и перенапряжений в солнечных фотогальванических системах электроснабжения
VDE 0185-305-4 (IEC 62305-4)		Молниезащита - Часть 4: Электрические и электронные системы в строительных сооружениях
	1	Распределение тока молнии
VDE 0675-6-11 (IEC 0675-6-11)		Устройства защиты от импульсных перенапряжений для низкого напряжения – Часть 11: Устройства защиты от импульсных перенапряжений для применения в низковольтных установках
VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53)		Сооружение низковольтных установок – Часть 5-53: выбор и сооружение электрооборудования - размыкание, включение и управление – Раздел 534: Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)
VDE 0100-443 (IEC 60364-4-44)		Сооружение низковольтных установок - Часть 4-44: Меры защиты - Защита при мешающих напряжениях и величинах электромагнитных помех - Раздел 443: Защита при перенапряжениях в результате атмосферных воздействий или коммутационных процессов
VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712)		Требования к производственным отделам, помещениям и оборудованию особого рода – Солнечные фотогальванические системы электроснабжения

Таблица 1.1: Важнейшие стандарты и предписания по молниезащите

Производственные стандарты	Содержание
VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	Компоненты молниезащиты – Требования к компонентам соединения
VDE 0185-561-2 (IEC 62561-2)	Компоненты молниезащиты – Требования к проводникам и заземлителям
VDE 0185-561-3 (IEC 62561-3)	Компоненты молниезащиты – Требования к изоляционным искровым промежуткам
VDE 0185-561-4 (IEC 62561-4)	Компоненты молниезащиты – Требования к держателям
VDE 0185-561-5 (IEC 62561-5)	Компоненты молниезащиты – Требования к контрольным ящикам и вводам заземлителей
VDE 0185-561-6 (IEC 62561-6)	Компоненты молниезащиты – Требования к счетчикам разрядов молний
VDE 0185-561-7 (IEC 62561-7)	Компоненты молниезащиты – Требования к средствам оптимизации заземления
VDE 0675-6-11 (IEC 61643-11)	Устройства защиты от импульсных перенапряжений для применения в низковольтных установках – Требования и испытания
VDE 0845-3-1 (IEC 61643-21)	Защита от импульсных перенапряжений для применения в телекоммуникационных сетях и сетях обработки сигналов

Таблица 1.2: Компоненты защиты от молний и импульсных перенапряжений



### 1.5.2 Иерархическая структура стандартов: международные/европейские/национальные

При интегрировании международного стандарта (IEC) Европейского комитета по стандартизации (CEN) и Европейского комитета электротехнической стандартизации (CENELEC) в Европейский стандарт (EN) все государства-члены должны перенять без изменений данный стандарт в качестве национального стандарта (в Германии, например, VDE).

### 1.5.3 Состояние национальных немецких стандартов по молниезащите

Стандарты VDE 0185-305-1 ... -4: 2011-10 заменяют собой стандарты VDE 0185-305-1...-4: 2006-11. Переходный период завершен 2 января 2014 г. (Рис. 1.18)

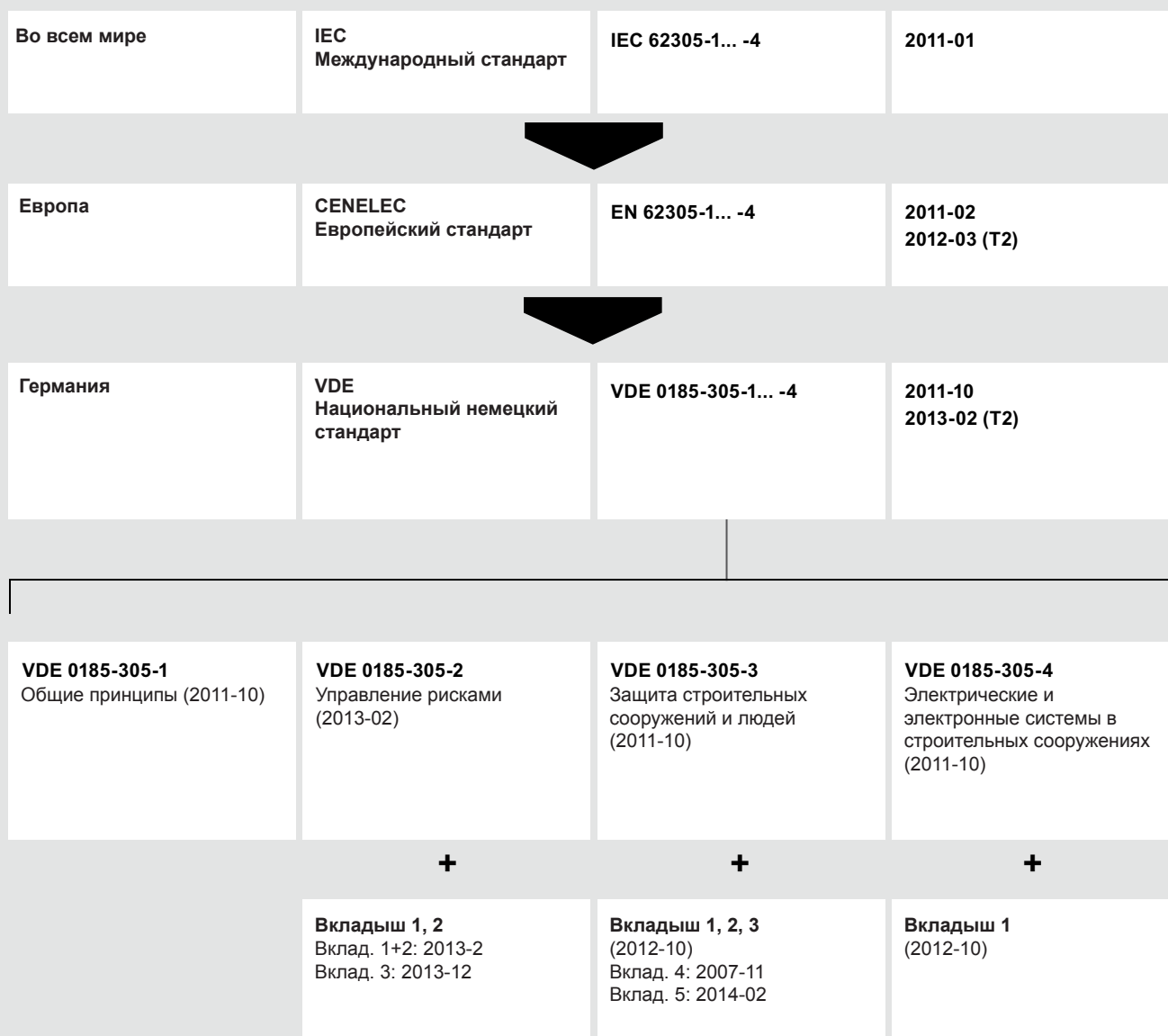


Рис. 1.18: Иерархия стандартизации молниезащиты (международные/европейские/национальные стандарты) и состояние немецкой стандартизации молниезащиты: стандарты и предписания

#### 1.5.4 Ответственность электромонтажной организации:

##### «Общую ответственность за электробезопасность несет специалист по вводу в эксплуатацию»

Сооружение системы молниезащиты зачастую представляет собой обширное вмешательство в электротехническую структуру здания. Это отражено в многочисленных обязательных для соблюдения стандартах и предписаниях. За их надлежащее исполнение электромонтажная организация, соорудившая установку, несет ответственность в течение 30 лет, сюда добавляются также требования страховой организации.

Специализированное предприятие, которое сооружает электроустановку, по закону обязуется осуществить ее передачу в бездефектном состоянии. В соответствии с Правилами подключения низковольтных установок (NAV) электротехник, включенный в регистр электромонтажников энергоснабжающего предприятия, должен подключать к муниципальной энергосети только испытанные и выполненные надлежащим образом установки.

Также следует принимать во внимание соответствующие местные и законодательные требования. В зависимости от типа установки необходимо учитывать следующие стандарты:

- Сооружение низковольтных установок
  - VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41)
  - VDE 0100-443 (IEC 60364-4-44)
  - VDE 0100-534 (IEC 60364-4-534)
- Испытания (пусконаладочные испытания) и документация
  - VDE 0100-600 (IEC 60364-6)
  - VDE 0105-100 (EN 50110-1)
- Требования к солнечным фотогальваническим системам электроснабжения
  - VDE 0100-712 (IEC 60634-7-712)
  - VDE 0126-23 (IEC 62446)

#### 1.5.5 Ответственность эксплуатирующего предприятия

Предприятие, эксплуатирующее установку, обязуется обеспечить профессиональное техническое обслуживание, контроль и текущий ремонт установки. Регулярно повторяющиеся испытания электрического компонента установки должны проводиться исключительно профессиональными электриками.

*«Люди, сельскохозяйственные животные и имущество должны быть защищены от перенапряжений, являющихся последствиями атмосферных воздействий или коммутационных процессов»*

VDE 0100-100 (IEC 60364-1)





Рис. 1.19: Повреждения здания от прямого удара молнии

## 1.6 Экономические последствия в результате повреждений, вызванных молниями и перенапряжениями

Экономические потери могут рассматриваться отдельно только в том случае, если отсутствуют установленные законом или страховые требования по защите лиц. (Рис. 1.19)

**В результате разрушения электроприборов возникают значительные повреждения:**

- компьютеров и серверов
- телефонных сетей
- систем пожарной сигнализации
- систем видеонаблюдения
- лифтов, приводов гаражных ворот и жалюзи
- бытовой электроники
- кухонных приборов

К этому добавляются расходы, связанные с периодами простоя и результирующими повреждениями:

- потеря данных
- простой производства
- потеря связи (интернет, телефон, факс)
- неисправность системы отопления
- расходы в результате выхода из строя или ложной тревоги систем пожарной или охранной сигнализации

### Динамика сумм убытков

Текущая статистика и оценки страховщиков имущества показывают, что размер ущерба, обусловленного перенапряжениями, без учета последующих дополнительных затрат и стоимости простоя, в связи с возросшей зависимостью от электронных «помощников» уже давно принял угрожающие масштабы. Поэтому не удивительно, что страховщики имущества все чаще проверяют страховые случаи и предписывают устройства защиты от импульсных перенапряжений. Информация о мерах защиты содержится, к примеру, в Директиве VdS 2010 («Молниезащита и защита от перенапряжения с повышенным фактором риска»).

Год	Число повреждений в результате ударов молнии или перенапряжений	Выплаченные суммы в рамках страхования от повреждений в результате ударов молнии и перенапряжений
1999	490.000	310 млн. €
2006	550.000	340 млн. €
2007	520.000	330 млн. €
2008	480.000	350 млн. €
2009	490.000	340 млн. €
2010	330.000	220 млн. €
2011	440.000	330 млн. €
2012	410.000	330 млн. €
2013	340.000	240 млн. €
2014 <sup>1</sup>	410.000	340 млн. €

Таблица 1.3: Число повреждений в результате ударов молнии или перенапряжений и суммы, выплаченные страховыми организациями в рамках страхования домашнего имущества и жилья; источник: GDV (Германский союз страховщиков) • Экстраполяция на основе отраслевой статистики и статистики рисков; числа округлены до 10.000 и соответственно 10 млн. €.

<sup>1</sup>: предварительные данные

### 1.7 Анализ рисков молниезащиты и классификация по классам молниезащиты

Угроза ударов молнии может определяться на основе анализа рисков в соответствии с VDE 0185-305-2 (IEC 623052). Местный риск определяется из отношения между частотой удара молнии, умноженной на вероятность ущерба, и коэффициентом утраты или размера ущерба.

В зависимости от угрозы ударов молнии и прогнозируемых повреждений для защищаемого здания рассчитывается требуемый класс молниезащиты. В Германии стандарт DIN EN 62305-2 предлагает три национальных вкладных листа с дополнительной информацией по управлению рисками, в частности вкладной лист 2 – Помощь при расчете оценки риска повреждений строительных сооружений, что облегчает зачастую сложную оценку риска ущерба.

В качестве альтернативы требуемый класс молниезащиты может быть определен на основе данных статистики, например, статистики повреждений в рамках имущественного страхования. При этом эффективность в классе молниезащиты I, достигающая 98 %, является наивысшей, а в классе молниезащиты IV (81% или 79%) - самой низкой.

(Рис. 1.20)

Расходы на сооружение системы молниезащиты (например, необходимых защитных углов, интервалов сеток и токоотводов) у установок класса молниезащиты I выше, чем у систем класса защиты IV.

Уровень молниезащиты или уровень угрозы (LPL = lightning protection level)	Класс молниезащиты (LPS = class of lightning protection system)
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Таблица 1.4: Сопоставление LPL и LPS

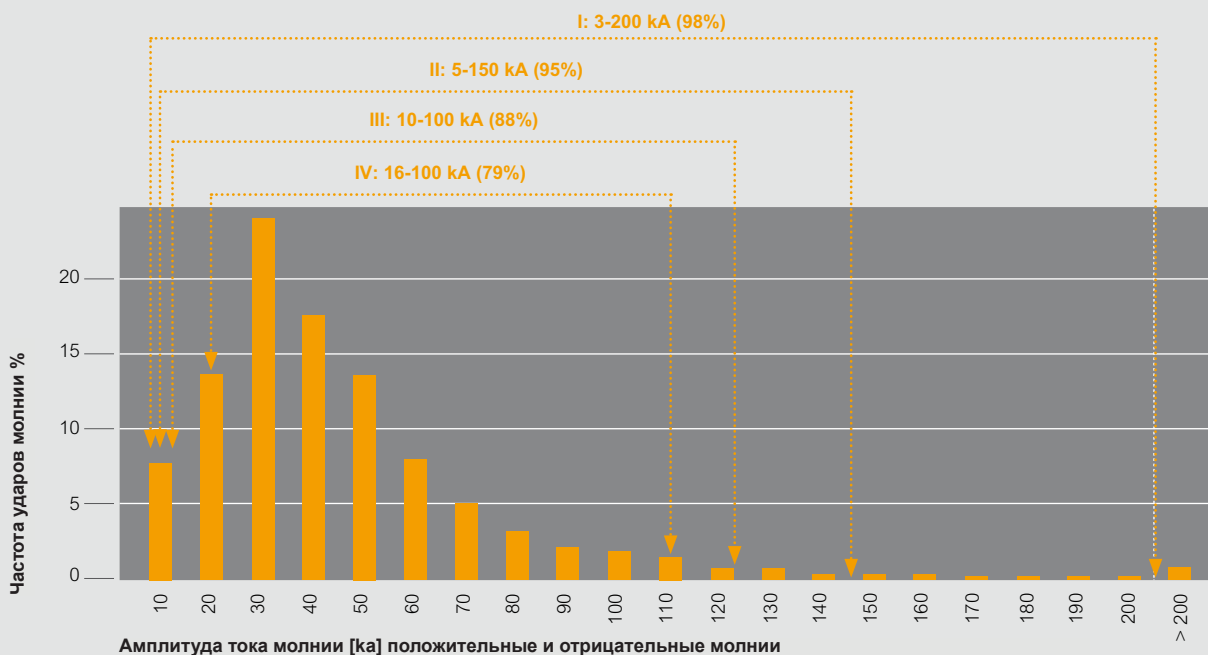


Рис. 1.20: Параметры тока молнии в соответствии с уровнем угрозы (уровнем молниезащиты) LPL согласно DIN VDE 0185-305-1



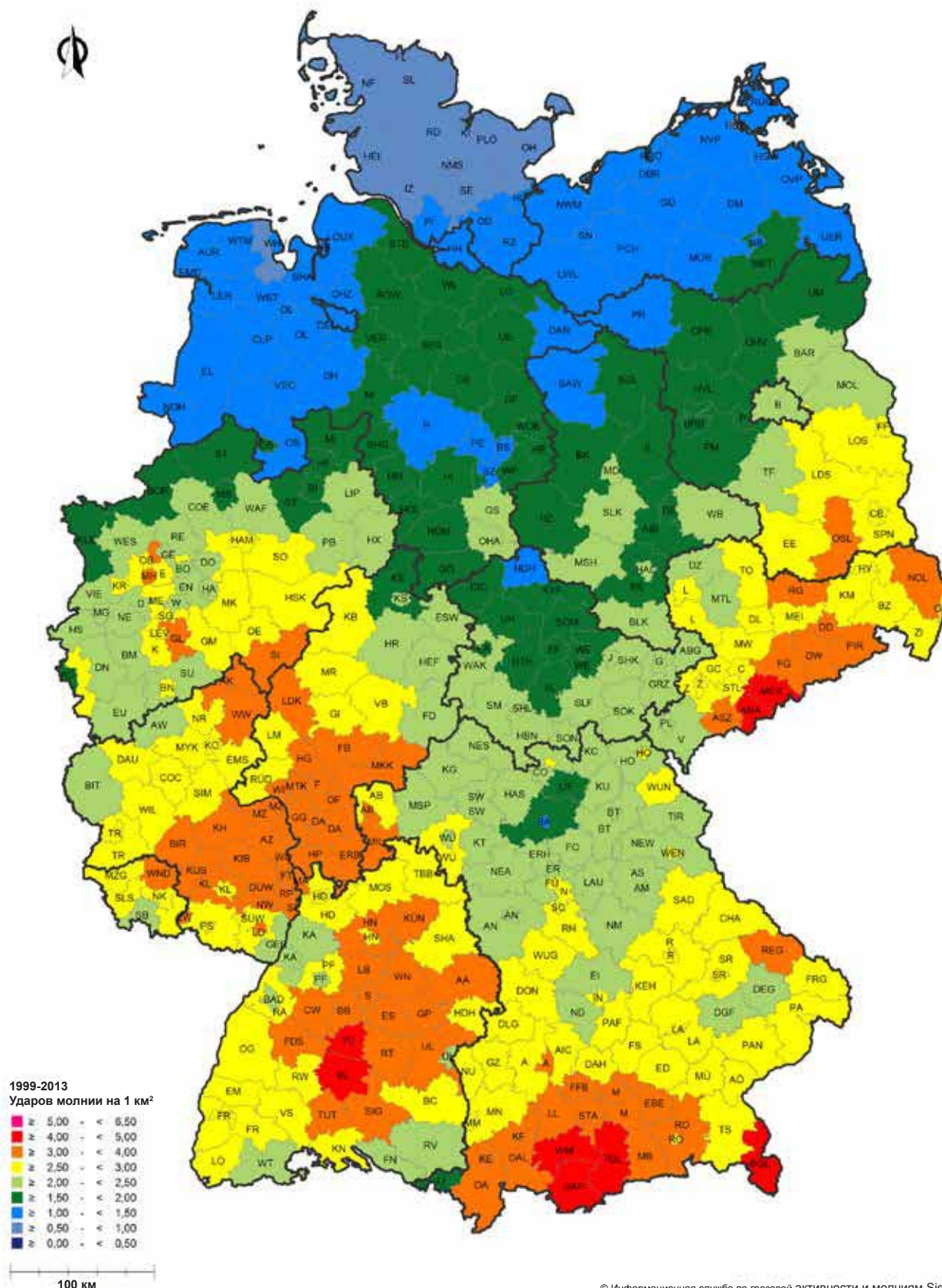
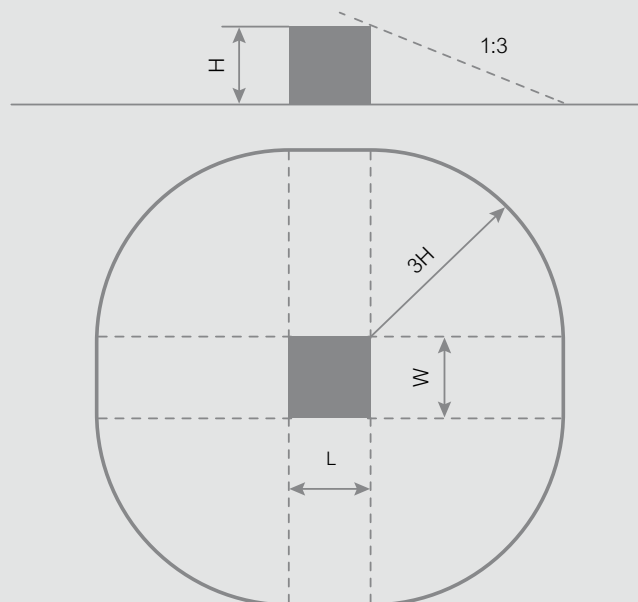


Рис. 1.21: Частота ударов молнии в Германии. Источник: [www.siemens.com](http://www.siemens.com)





<b>H</b>	Высота строительного сооружения
<b>W</b>	Ширина строительного сооружения
<b>L</b>	Длина строительного сооружения

Рис. 1.22: Эквивалентная область захвата прямых ударов молнии

#### Производительность системы молниезащиты отображается через классификацию по классам молниезащиты от I до IV:

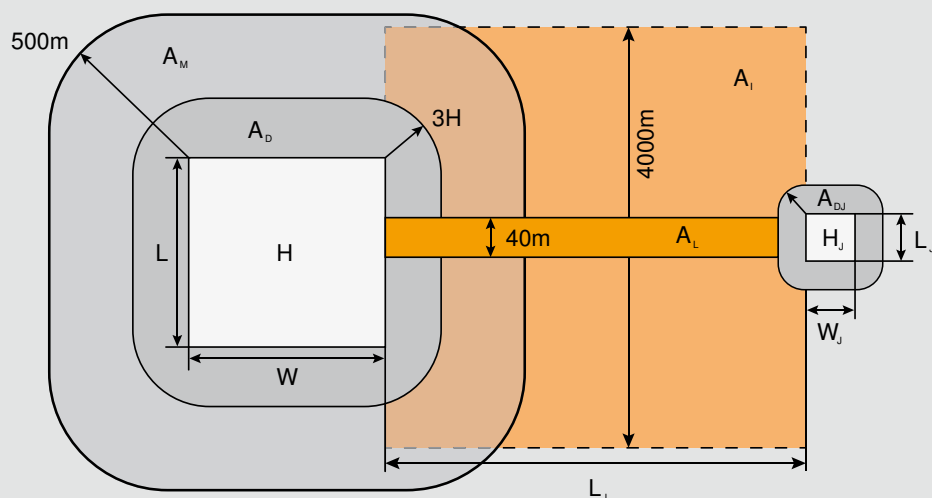
- Класс молниезащиты I = наивысшая потребность в защите, например, больницы
- Класс молниезащиты II = высокая потребность в защите, взрывоопасные зоны
- Класс молниезащиты III = низкая потребность в защите, жилые дома
- Класс молниезащиты IV = низшая потребность в защите (в Германии не применяется)

#### 1.7.1 Частота ударов молнии по регионам

Во многих странах имеются национальные данные по частоте ударов молнии. Так, в Германии, Австрии и Швейцарии система радиопеленгации грозовой активности и молний BLIDS предоставляет данные по регионам. Немецкий стандарт DIN EN 62305-2 содержит дополнительные данные во вкладыше 1. В соответствии со стандартом рекомендуется удваивать данные значения. (Рис. 1.21)

#### 1.7.2 Эквивалентная площадь захвата

При анализе рисков помимо фактической площади строительного сооружения рассматривается также эквивалентная площадь захвата, т.е. зона, находящаяся под угрозой молнии. (Рис. 1.22) Для строительных сооружений прямые и близкие удары молнии вызывают вводы энергии в здание. Эквивалентная площадь соответствует окружности, радиус которой в 3 раза превышает высоту здания, вокруг площади основания здания. Удары молнии в подведенные питающие линии и рядом с ними могут привести к повреждениям и убыткам.



<b>L</b>	Длина строительного сооружения
<b>W</b>	Ширина строительного сооружения
<b>H</b>	Высота строительного сооружения
<b>A<sub>D</sub></b>	Эквивалентная площадь захвата строительного сооружения
<b>A<sub>M</sub></b>	Эквивалентная площадь захвата вводов в результате магнитного воздействия (здание)
<b>A<sub>L</sub></b>	Эквивалентная площадь захвата питающих линий
<b>A<sub>I</sub></b>	Эквивалентная площадь захвата вводов в результате магнитного воздействия (проводка)

Рис. 1.23: Эквивалентная площадь захвата непрямыми ударами молнии

Эквивалентная площадь захвата непрямыми ударами молнии равна окружности радиусом 500 м вокруг площади основания здания и с расстоянием 2000 м вокруг питающей линии. (Рис. 1.23)

### 1.7.3 Оценка риска ущерба

Риск ущерба определяется на основе данных об угрозе молнии и возможных повреждениях. Чем выше риск удара молнии и прогнозируемых повреждений, тем эффективнее должна быть производительность системы молниезащиты.

#### Виды угроз молнии:

- Частота по регионам
- Эквивалентная площадь захвата

#### Возможный ущерб:

- травматизация и гибель людей
- неприемлемое прекращение предоставления услуг
- утрата незаменимых объектов культурного наследия
- экономические потери

Область применения	Класс молниезащиты согласно VDE 0185-305 (IEC 62305)
Центры обработки данных, военные сферы, АЭС	I
Взрывоопасные зоны в промышленности и химической сфере	II
Фотогальванические установки > 10 кВт	III
Музеи, школы, отели более чем на 60 мест	III
Больницы, церкви, склады, места массового скопления людей, рассчитанные более чем на 100-200 человек	III
Административные, торговые, офисные и банковские здания площадью более 2000 м <sup>2</sup>	III
Жилые здания с более чем 20 квартирами, многоэтажные здания высотой более 22 м	III
Фотогальваника (< 10 кВт)	III

Таблица 1.5: Выдержка из Директивы VdS 2010 (Молниезащита и защита от перенапряжений с точки зрения рисков): классы молниезащиты I - IV

#### 1.7.4 Эмпирическое упорядочивание классов молниезащиты

Возможностью для определения классов защиты является упорядочивание зданий на основе данных статистики. В ФРГ Германским союзом страховщиков (GDV) издана Директива VdS 2010 (Молниезащита и защита от перенапряжений с точки зрения рисков), которая также предлагает дополнительную возможность для определения класса молниезащиты. (Таблица 1.5)

#### 1.7.5 Расчет экономической эффективности систем молниезащиты

Для строительных сооружений, где отсутствует угроза для людей, необходимость мер молниезащиты может рассматриваться с экономической точки зрения. На другой чаше весов находятся вероятность удара молнии и размер последующего ущерба. Им противопоставлены сниженные в результате принятия мер молниезащиты риски, а также расходы на систему молниезащиты.

##### 1.7.5.1 Расходы для зданий без системы молниезащиты

Для здания без системы молниезащиты ежегодные расходы рассчитываются на основе результата вероятности возникновения молнии и прогнозируемых повреждений имущества, обусловленных ударом молнии. (Рис. 1.24)

##### 1.7.5.2 Расходы для зданий с системой молниезащиты

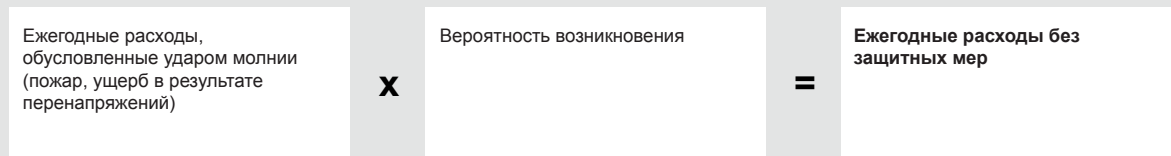
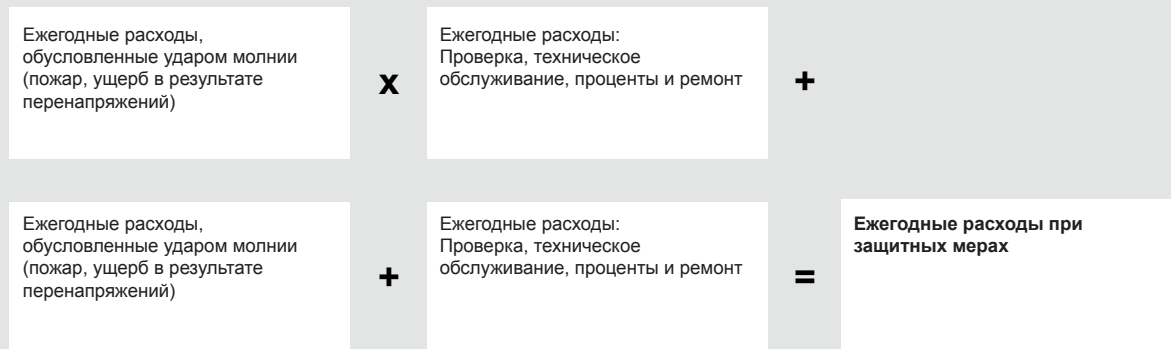
Для здания, где приняты меры по молниезащиты, вероятность возникновения ущерба снижена. Ежегодные расходы определяются на основе результата сниженной вероятности возникновения, прогнозируемого ущерба в результате удара молнии, а также ежегодных расходов на систему молниезащиты.

##### 1.7.5.3 Сравнение расходов, обусловленных молнией, для зданий с системой молниезащиты и без нее

Для проверки экономической эффективности мер молниезащиты сопоставляются ежегодные расходы незащищенных зданий с ежегодными расходами защищенных зданий. (Рис. 1.24)

#### Указание

Точный расчет с учетом многих других параметров должен проводиться посредством анализа рисков в соответствии с VDE 0185305-2 (IEC 62305-2).

**Экономическая эффективность без системы молниезащиты****Экономическая эффективность с системой молниезащиты**

Сопоставление расходов

Рис. 1.24: Управление рисками

**Пример (расходы, обусловленные молнией, без системы молниезащиты)**

- Стоимость здания с содержимым: 500.000 €
- Кол-во ударов молнии в год: < 1,6 на 1 км<sup>2</sup> (удвоение: < 3,2 на 1 км<sup>2</sup>)
- Размеры здания: 10 м длина, 20 м ширина, 10 м высота
- Площадь захвата: 4827 м<sup>2</sup>

**Вероятность наступления риска**

- $3,2 / 1.000.000 \text{ м}^2 \times 4827 \text{ м}^2 = 0,015$  (= раз в 66 лет) / теоретическое значение

**Ежегодные расходы при незащищенном здании**

- $500.000 \text{ €} \times 0,01$  (общая сумма потерь) = 5000 € в год

**Пример (расходы, обусловленные молнией, с системой молниезащиты)**

- Стоимость здания с содержимым: 500.000 €
- Кол-во ударов молнии в год: < 1,6 на 1 км<sup>2</sup> (удвоение: < 3,2 на 1 км<sup>2</sup>)
- Размеры здания: 10 м длина, 20 м ширина, 10 м высота
- Площадь захвата: 4827 м<sup>2</sup>

**Вероятность наступления риска**

- Класс молниезащиты 3 = 88 % эффективности защиты = остаточный риск 12 % (0,12)
- Вероятность наступления риска:  $3,2 \times 12 \% / 1.000.000 \text{ м}^2 \times 4827 \text{ м}^2 = 0,002$  (= раз в 500 лет)
- Ежегодные расходы при защищенном здании (без учета расходов на систему молниезащиты)
- $500.000 \text{ €} \times 0,0018 = 900 \text{ €}$  в год

**Расчет ежегодных расходов на систему молниезащиты**

- Расходы на систему молниезащиты: 10.000 €
- Расходы/амортизационный период (20 лет): 500 €/год
- Ежегодная процентная нагрузка по инвестициям (5 %): 500 €
- Ежегодные расходы на техобслуживание системы молниезащиты (5 %): 500 €
- Ежегодные общие расходы на систему молниезащиты: 1.500 €

**Ежегодные расходы с защитными мерами (с расходами на систему молниезащиты)**

- Ежегодные расходы: 900 € в год
- Ежегодные общие расходы на систему молниезащиты: 1.500 €
- Общие расходы: 2.400 € в год

**Пример**

Благодаря соответствующим защитным мерам ежегодные расходы могли быть снижены на 3.100 €.



Рис. 1.25: Тестовый генератор ВЕТ



Рис. 1.26: Испытательная установка ВЕТ-SO

## 1.8 Компоненты молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений в испытательной лаборатории

В испытательном центре ВЕТ высококвалифицированными специалистами проводятся испытания компонентов молниезащиты и защиты от импульсных напряжений, структур молниезащиты и УЗИП в соответствии с действующими стандартами. (Рис. 1.25)

В ВЕТ имеются тестовый генератор для испытания на воздействия импульсным током молнии до 200 кА и гибридный генератор для испытаний на воздействия импульсным напряжением до 20 кВ.

К задачам центра относятся проведение сопровождающих процессы разработки испытаний на новых разработках и модификациях устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), производимых ОВО, в соответствии со стандартом на проведение испытаний VDE 0675-6-11 (IEC 61643-11). Испытания компонентов молниезащиты проводятся в соответствии с DIN EN 62561-1 (IEC 62561-1), на разделительных промежутках - в соответствии с DIN EN 62561-3 (IEC 62561-3).

На гибридном генераторе тестируются устройства защиты линий передачи данных в соответствии с VDE 0845-3-1 (IEC 61643-21) «Защита от импульсных перенапряжений для применения в телекоммуникационных сетях и в сетях обработки сигналов».

## Проводимые в центре испытания в соответствии с нормами:

- Компоненты молниезащиты по EN 62561-1
- Разделительные промежутки по EN 62561-3
- Счетчики молний по EN 62561-6
- УЗИП по EN 61643-11
- Устройства защиты линий передачи данных по EN 61643-21
- Испытание на воздействие окружающей среды по EN ISO 9227 (нейтральное длительное испытание на стойкость к соляному туману)
- Испытание на воздействие окружающей среды по EN 60068-2-52 (циклическое испытание на стойкость к соляному туману) (Рис. 1.26)
- Испытание на воздействие окружающей среды по EN ISO 6988 (SO<sub>2</sub> - испытание на вредные газы)
- Степень защиты IP по EN 60592
- Предел прочности при разрыве по EN 10002-1

Кроме того, проводятся испытания и тестирование согласно специфическим для клиента требованиям, которые не покрываются действующими стандартами, по следующим параметрам:

- Импульсы тока молнии (10/350) до 200 кА, 100 Ас und 10 MA<sup>2</sup>c
- Импульсы ударного тока (8/20) до 200 кА 8/20
- Комбинированные импульсы (1,2/50) до 20 кВ
- Комбинированные импульсы (10/700) до 10 кВ
- Электроустановка сопровождающего тока 255 В, 50 Гц, до 3 кА
- Измерения изоляции до 5 кВ перем. тока, 50 Гц и до 6 кВ пост. тока
- Измерения проводимости до 63 А, 50 Гц
- Пределы прочности при разрыве и при сжатии до 100 кН



## 1.9 Компоненты молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений

Каждая система молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений состоит из следующих секций: (Рис. 1.27)

### 1. Молниеприемные и токоотводные системы

Молниеприемные и токоотводные системы надежно перехватывают прямые удары молнии с силой тока в разряде молнии до 200.000 А и безопасно отводят его к системе заземления.

### 2. Системы заземления

Системы заземления отдают около 50 % отводимого тока молнии в землю, а остальная половина распределяется посредством системы уравнивания потенциалов.

### 3. Системы уравнивания потенциалов

Системы уравнивания потенциалов образуют связующее звено между внешней и внутренней молниезащитой. Они следят за тем, чтобы в здании не возникало опасной разницы потенциалов.

### 4. Системы защиты от импульсных перенапряжений

Системы защиты от импульсных перенапряжений образуют многоступенчатый барьер, который не смогут миновать никакие перенапряжения.

*ОВО предлагает компоненты для комплексных систем молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений. Соответствующие стандартам и прошедшие проверку компоненты обеспечивают защиту и безопасность высшего качества для зданий – от жилых домов до промышленных сооружений с взрывоопасными зонами.*

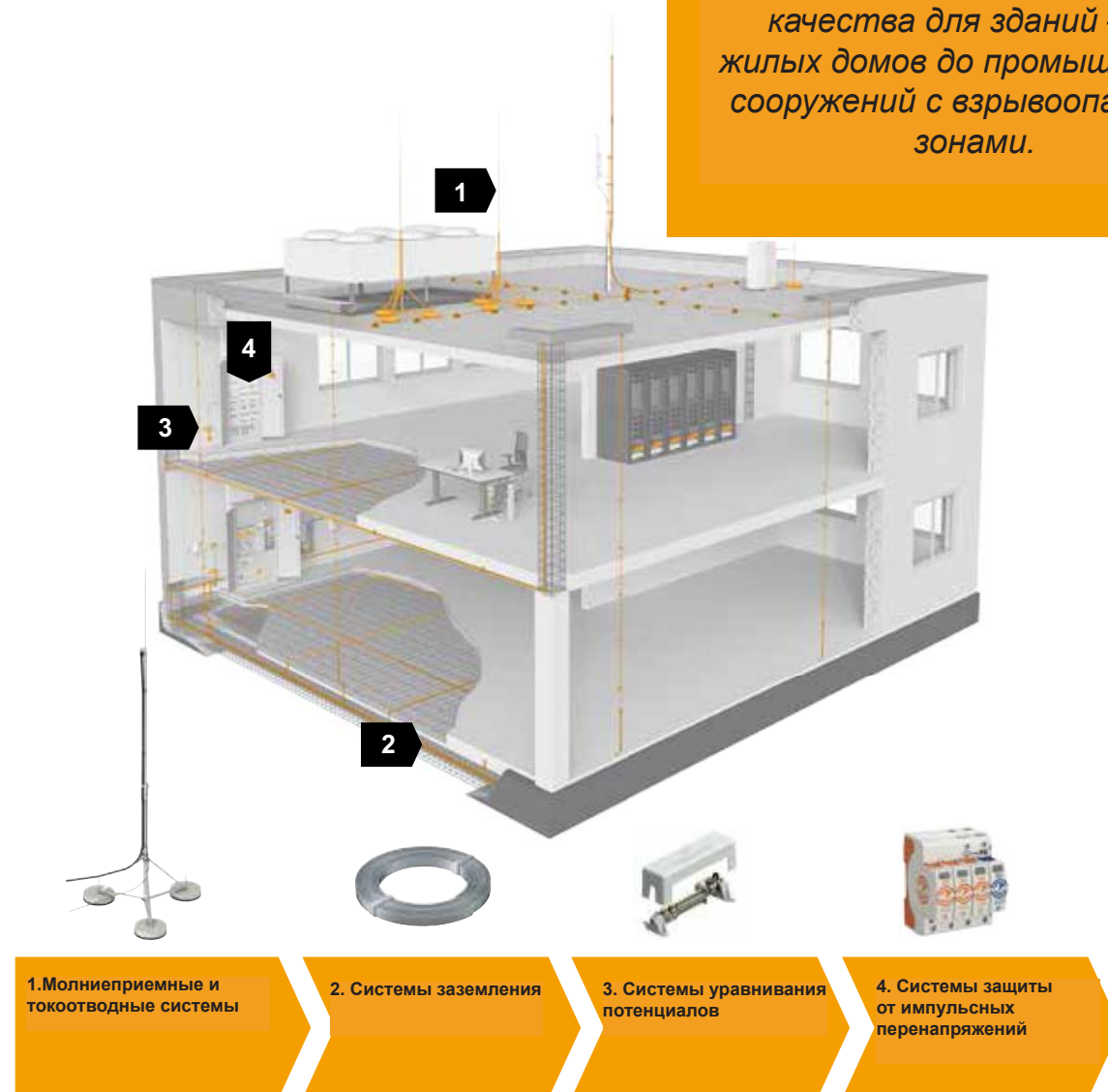


Рис. 1.27: Компоненты молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений

# 2

Система молниезащиты предназначена для перехвата и отвода тока молнии, обеспечивая при прямом ударе пожаробезопасность здания. Молниеприемное оборудование является оптимальной точкой удара молнии. Через токоотводы оно соединено с системой заземления. Таким образом, обеспечивается проводящий переход токов молнии в землю. Молниеприемники образуют участки безопасности, которые могут быть определены, например, посредством так называемого метода создания шара молнии.

Помимо молниеприемников и токоотводов, к внешней системе молниезащиты относится система заземления. Для токов молнии должен быть обеспечен надежный ввод в систему заземления без образования искр и пробоев в другие металлические электропроводки. Соединение со зданием образует систему уравнивания потенциалов.

## Глава 2: Система внешней молниезащиты

2.	Система внешней молниезащиты	38
2.1	Молниеприемники	38
2.1.1	Методы проектирования молниеприемников	39
2.1.1.1	Метод создания шара молнии	40
2.1.1.2	Метод защитного угла	44
2.1.1.3	Метод молниеприемной сетки	46
2.1.2	Изменение длины, обусловленное температурой	47
2.1.3	Внешняя защита кровельных надстроек	48
2.1.4	Использование естественных компонентов	49
2.1.5	Разделительный интервал	52
2.1.6	Ветровая нагрузка	56
2.1.7	Конструктивные исполнения молниеприемников	61
2.1.7.1	Изолированные молниеприемники с высоким пробивным напряжением	61
2.1.7.1.1	Изолированные молниеприемные мачты с расположенным снаружи проводом isCop®	62
2.1.7.1.2	Изолированные молниеприемные мачты с расположенным внутри проводом isCop®	62
2.1.7.2	Разделенные молниеприемники	64
2.1.7.2.1	Алюминиевые молниеприемные мачты	64
2.1.7.2.2	Молниеприемные телемачтовые системы	65
2.1.7.2.3	Стеклопластиковые стержни	66
2.1.7.3	Принцип установки для зданий с плоской крышей	68
2.1.7.4	Принцип установки для зданий с двухскатной крышей / коньковой крышей	72
2.2	Токоотводы	76
2.2.1	Методы проектирования	77
2.2.1.1	Количество и расположение	77
2.2.1.2	Использование естественных компонентов	80
2.2.1.3	Изолированные токоприемники с высоким пробивным напряжением	82
2.2.2	Конструктивные исполнения	84
2.2.2.1	Неразделенная система молниезащиты	84
2.2.2.2	Разделенная система молниезащиты	84
2.2.2.3	Токоотвод isCop с высоким пробивным напряжением	86
2.3	Системы заземления	98
2.3.1	Методы проектирования	99
2.3.1.1	Тип А – Глубинный заземлитель: устройство и принцип действия	100
2.3.1.2	Тип В – Кольцевой заземлитель	102
2.3.1.3	Тип В – фундаментный заземлитель	104
2.3.2	Конструктивные исполнения	107
2.3.2.1	Глубинный заземлитель	108
2.3.2.2	Черная ванна	109
2.3.2.3	Белая ванна	109
2.3.2.4	Изоляция по периметру	110
2.3.2.5	Управление потенциалами	113
2.4	Материалы и защита от коррозии	115
2.4.1	Материалы для молниеприемных и токоотводных систем	116
2.4.2	Материалы в системах заземления	118
2.5	Испытанные компоненты молниезащиты	119

## 2. Система внешней молниезащиты

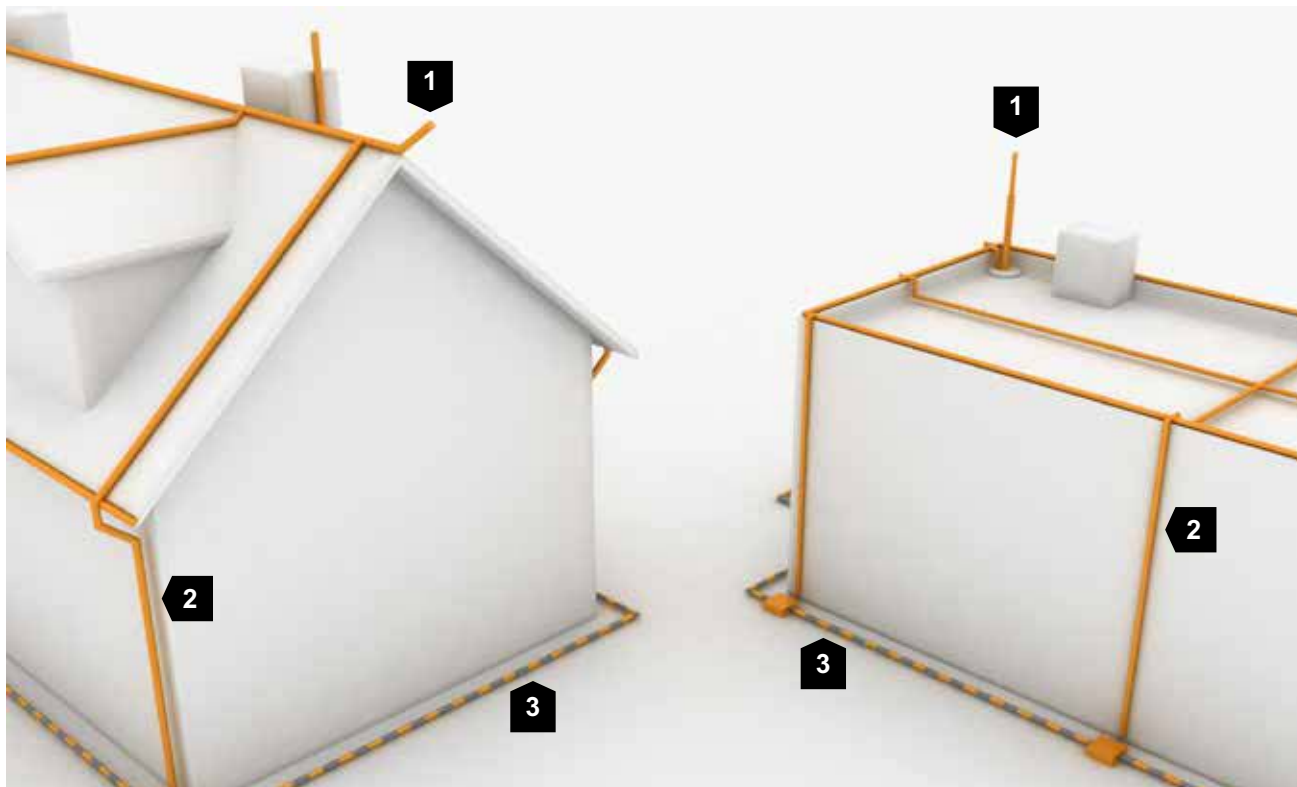
Система внешней молниезащиты состоит из молниеприемников, токоотводов и системы заземления. Благодаря им она исполняет требования по перехвату прямых ударов молнии, отводу тока молнии к земле и его распределению в земле. (Рис. 2.1)

### 2.1 Молниеприемники

Молниеприемники являются частью системы молниезащиты, которая защищает строительные сооружения от прямых ударов молнии.

Молниеприемники состоят из произвольной комбинации следующих компонентов:

- молниеприемные стержни (включая отдельно стоящие мачты) (Рис. 2.2)
- натянутые тросы
- ячеистые проводники



1	Молниеприемник
2	Токоотвод
3	Система заземления

Рис. 2.1: Компоненты системы внешней молниезащиты

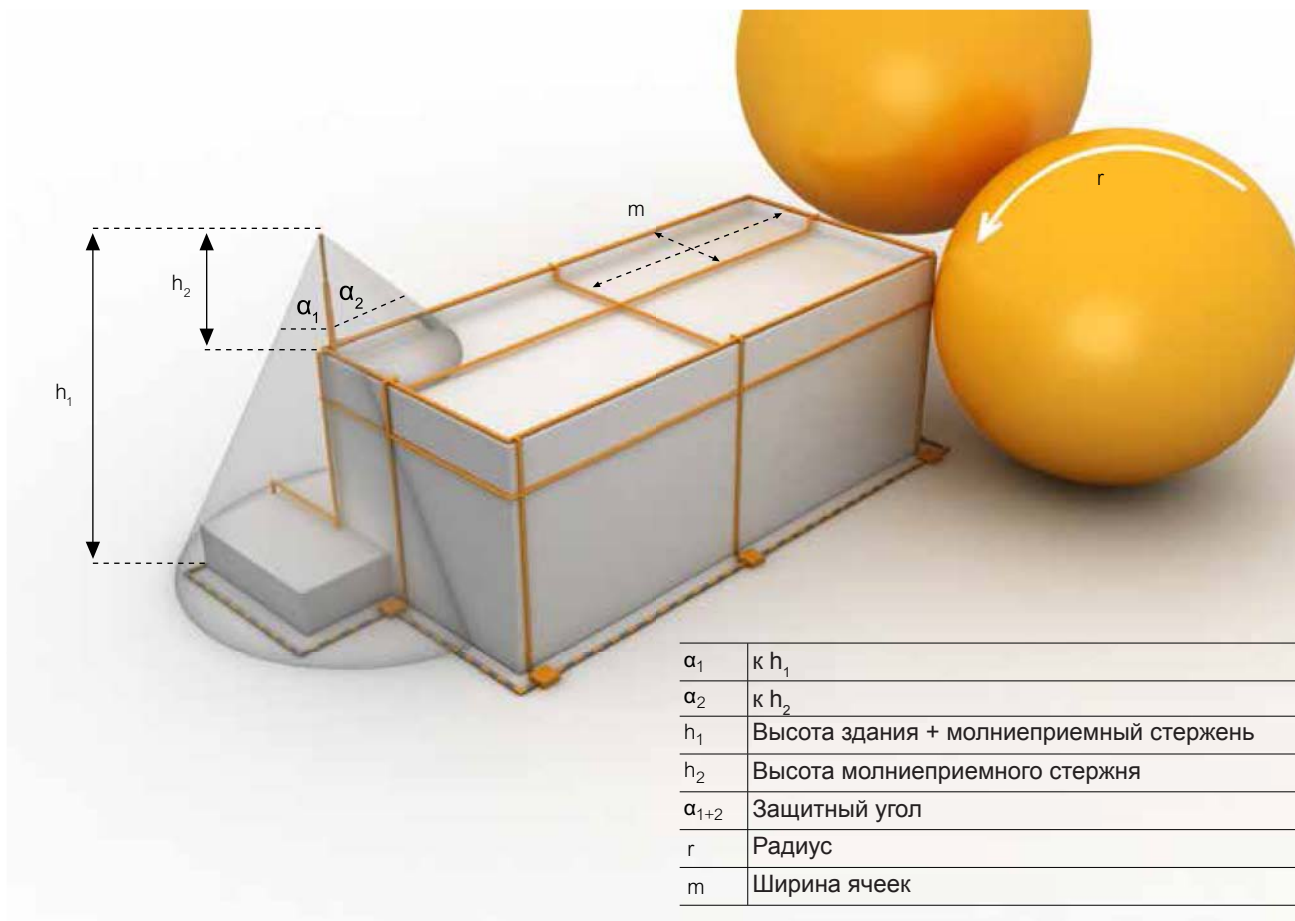


Рис. 2.2: Проектирование с использованием методов защитного угла, молниеприемной сетки и создания шара молнии

*Метод создания шара молнии – это единственный выведенный из электро-геометрической модели грозы и физически обоснованный метод для проектирования молниеприемного оборудования.*

*Поэтому в сомнительных случаях, могущих возникнуть при использовании метода защитного угла или метода молниеприемной сетки, необходимо опираться на данный метод.*

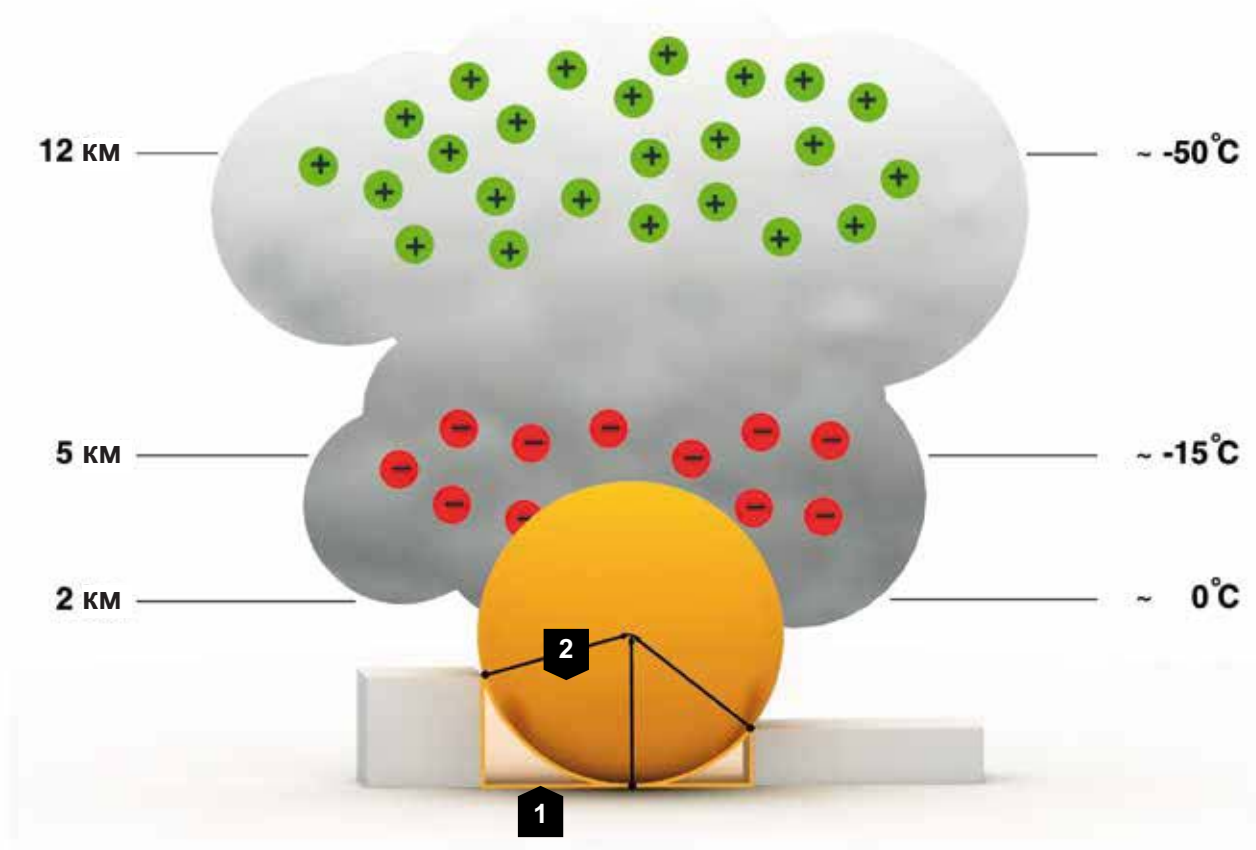
### 2.1.1 Методы проектирования молниеприемников

В зависимости от практической оценки строительного сооружения выбирается один из следующих методов проектирования или их комбинация:

- Метод создания шара молнии (особенно подходит для комплексных установок)
- Метод защитного угла (простое проектирование, например, для молниеприемных стержней)
- Метод молниеприемной сетки (простое проектирование, например, для плоских крыш)

(Рис. 2.2)





1	Защищенная зона
2	Зона, находящаяся под угрозой удара

Рис. 2.3: Электро-геометрическая модель/метод создания шара молнии

#### 2.1.1.1 Метод создания шара молнии (Рис. 2.3)

В результате разделения зарядов возникает разность потенциалов между облаком и землей, что приводит к появлению лидирующего разряда с лидером молнии. Из различных точек, таких как деревья, дома или антенны, встречные разряды молниеотвода запускаются в направлении лидера молнии. В точке, встречный разряд которой первым достигает лидера молнии, возникает конечное пробивание. В соответствии с этим все точки на поверхности шара с радиусом пробивного промежутка и лидером молнии в качестве центральной точки должны быть защищены от прямого удара молнии. Этот шар в дальнейшем именуется шаром молнии. Радиус шара молнии определяется по классу молниезащиты защищаемых зданий. (Рис. 2.4)

*Шар молнии перекачивается по объекту – точки соприкосновения представляют собой возможные места удара молнии.*

Класс молниезащиты (LPL = lightning protection level)	Радиус шара молнии
I	20 м
II	30 м
III	45 м
IV	60 м

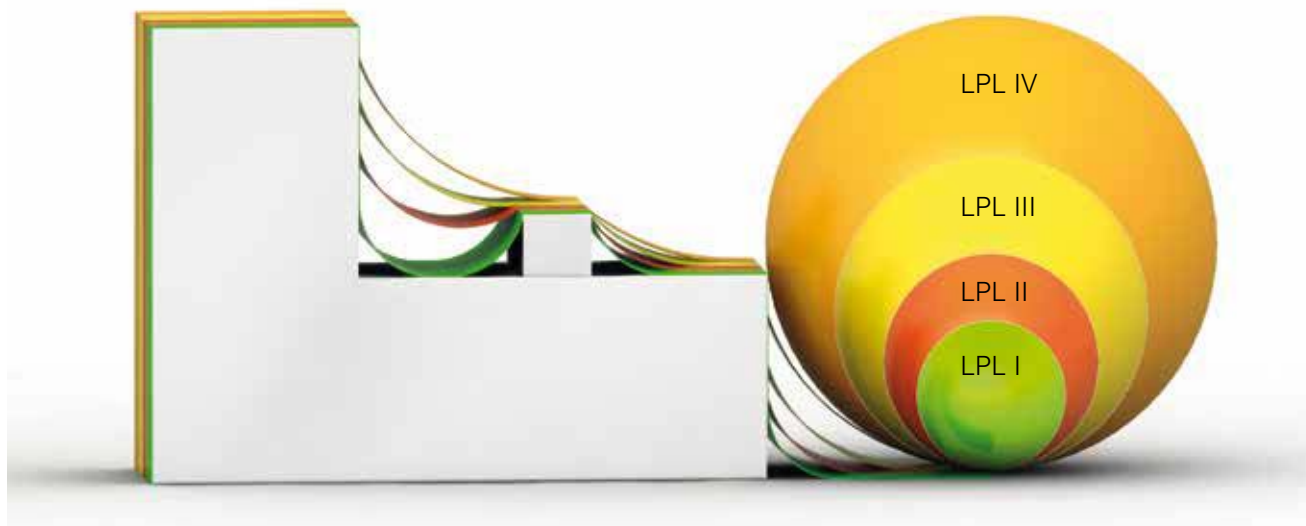


Рис. 2.4: Радиус шара молнии в зависимости от класса молниезащиты

При помощи современных программ CAD (системы автоматизированного проектирования) возможно перекатывание шара молнии в трехмерном пространстве по всей защищаемой установке. Так, например, у зданий с классом молниезащиты I шар соприкасается с поверхностями и точками, в то время как у зданий с классом защиты II (или соответственно III или IV) они расположены еще в защищенной зоне. (Рис. 2.5) В рамках метода создания шара молнии защищаемая установка может подразделяться на различные зоны внешней молниезащиты («Lightning Protection Zones» = LPZ или соответственно «Lightning Protection Level» = LPL=Класс молниезащиты):

#### LPZ 0A

Опасность прямых ударов молнии и угроза со стороны всего электромагнитного поля молнии.

#### LPZ 0B

Имеется защита от прямых ударов молнии, однако существует угроза со стороны всего электромагнитного поля молнии.

#### Указание

Для строительных сооружений, высота которых превышает радиус шара молнии, существует угроза боковых ударов. У сооружений высотой  $h < 60$  м вероятность бокового удара незначительна.

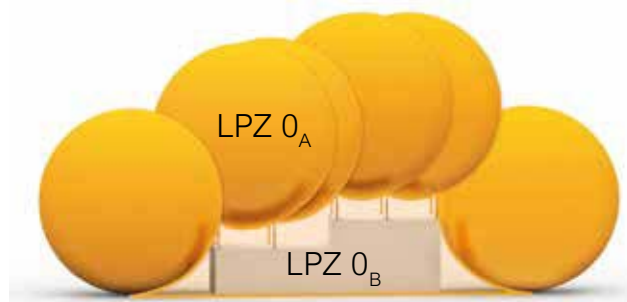


Рис. 2.5: Метод создания шара молнии и вытекающие из него зоны молниезащиты (LPZ)

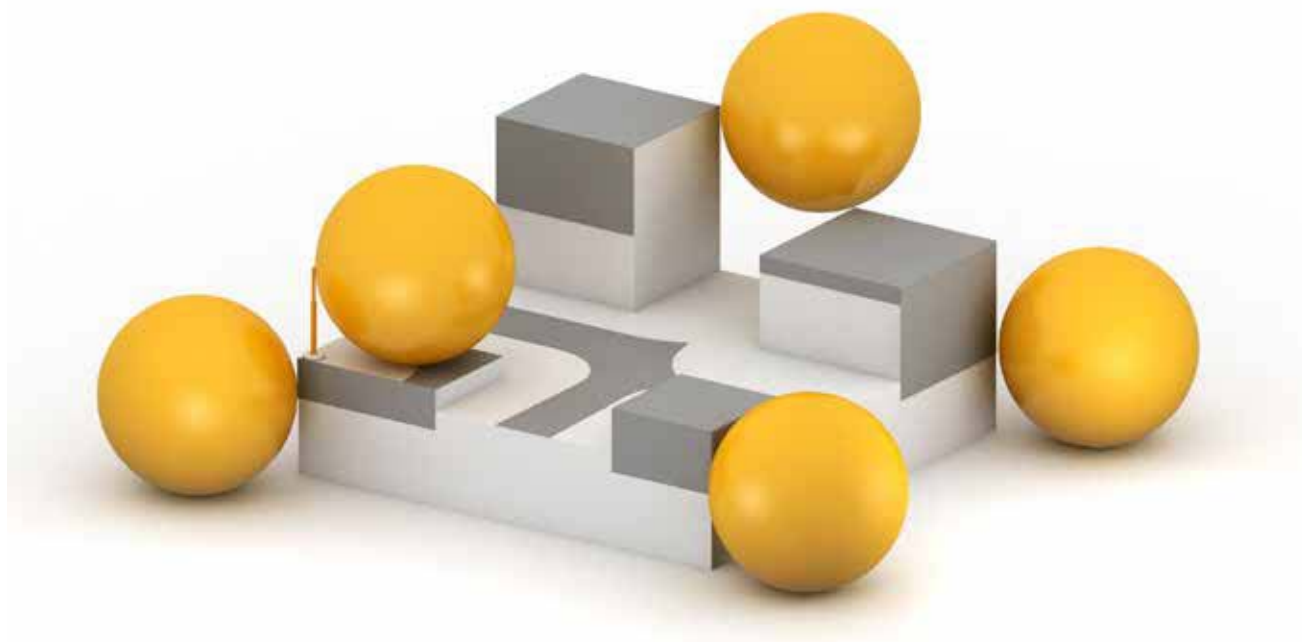
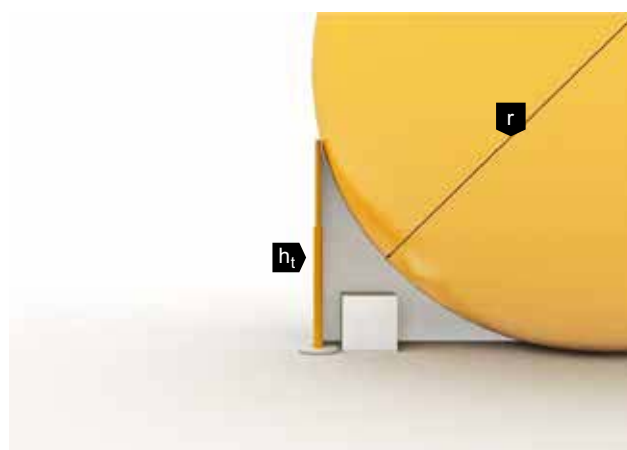


Рис. 2.6: Метод создания шара молнии (темно-серые участки находятся под угрозой удара)

Защищаемое здание должно оснащаться молниеприемниками таким образом, чтобы шар с радиусом, указанным в соответствии с классом молниезащиты (см. Рис. 2.6), не мог касаться здания. На темно-серых участках должны быть установлены молниеприемники.

При помощи метода создания шара молнии могут быть определены размеры требуемых длин молниеприемных стержней, а также расстояний между молниеприемными стержнями. (Рис. 2.7, Рис. 2.8) Их необходимо располагать таким образом, чтобы все части защищаемой установки находились в защитной зоне молниеприемника.



$h_t$	Молниеприемный стержень
$r$	Радиус шара молнии

Рис. 2.7: Защитная зона молниеприемного стержня на основе метода создания шара молнии

### Защита кровельных надстроек при помощи нескольких молниеприемных стержней

Если для защиты объекта используется несколько молниеприемных стержней, необходимо учитывать глубину проникновения между молниеприемными стержнями. Для этого следует воспользоваться кратким обзором, представленным в таблице 2.1, или следующей формулой для расчета глубины проникновения:

$$p = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

Формула для расчета глубины проникновения

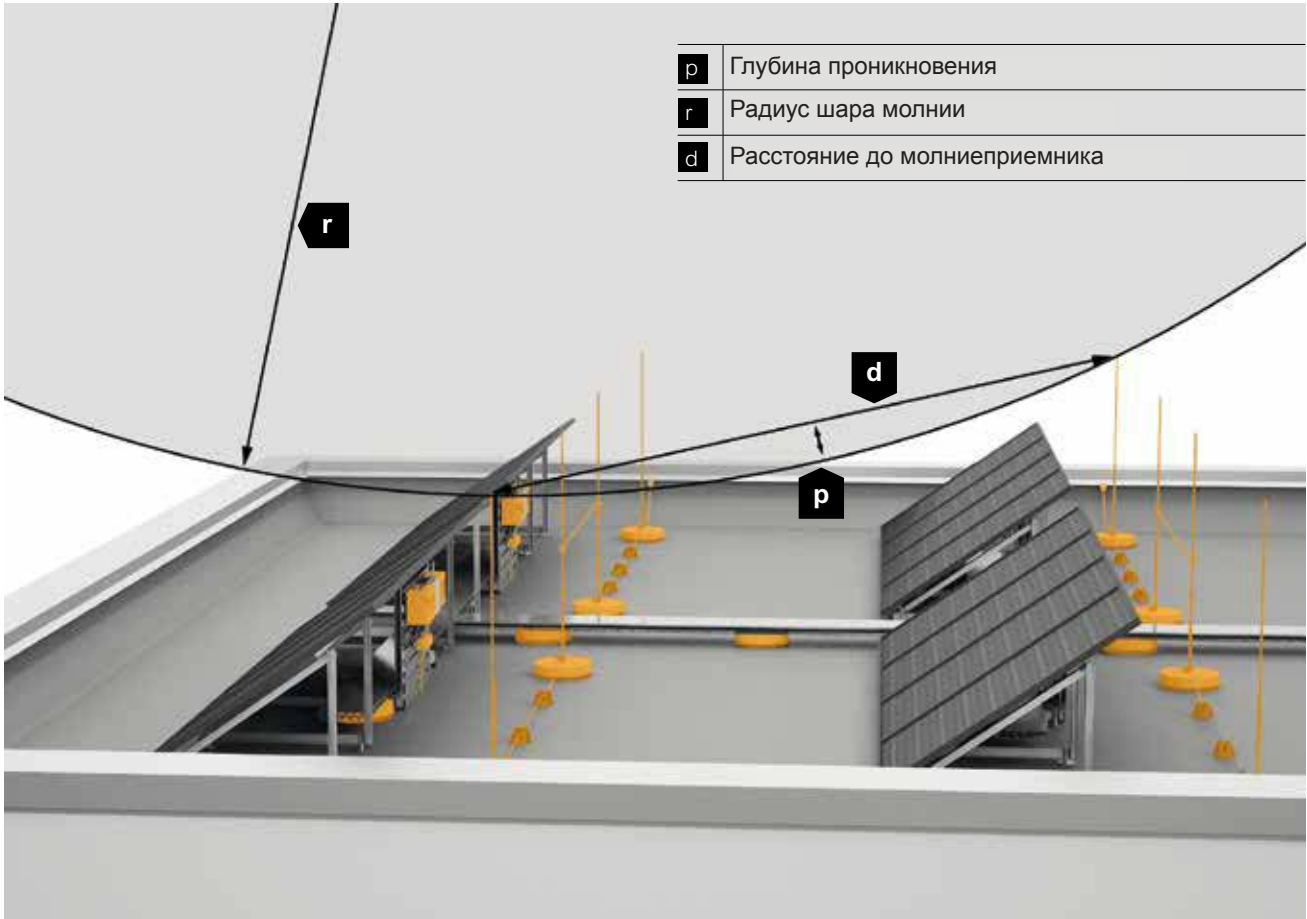


Рис. 2.8: Глубина проникновения (p) шара молнии между молниеприемными стержнями

Расстояние до молниеприемника (d) в м	Глубина проникновения, класс молниезащиты I, шар молнии: r=20 м	Глубина проникновения, класс молниезащиты II, шар молнии: r=30 м	Глубина проникновения, класс молниезащиты III, шар молнии: r=45 м	Глубина проникновения, класс молниезащиты IV, шар молнии: r=60 м
2	0,03	0,02	0,01	0,01
3	0,06	0,04	0,03	0,02
4	0,10	0,07	0,04	0,04
5	0,16	0,10	0,07	0,05
10	0,64	0,42	0,28	0,21
15	1,46	0,96	0,63	0,47
20	2,68	1,72	1,13	0,84

Таблица 2.1: Глубина проникновения (p) по классу молниезащиты в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305)

$\alpha$	Защитный угол
$s$	Разделительный интервал

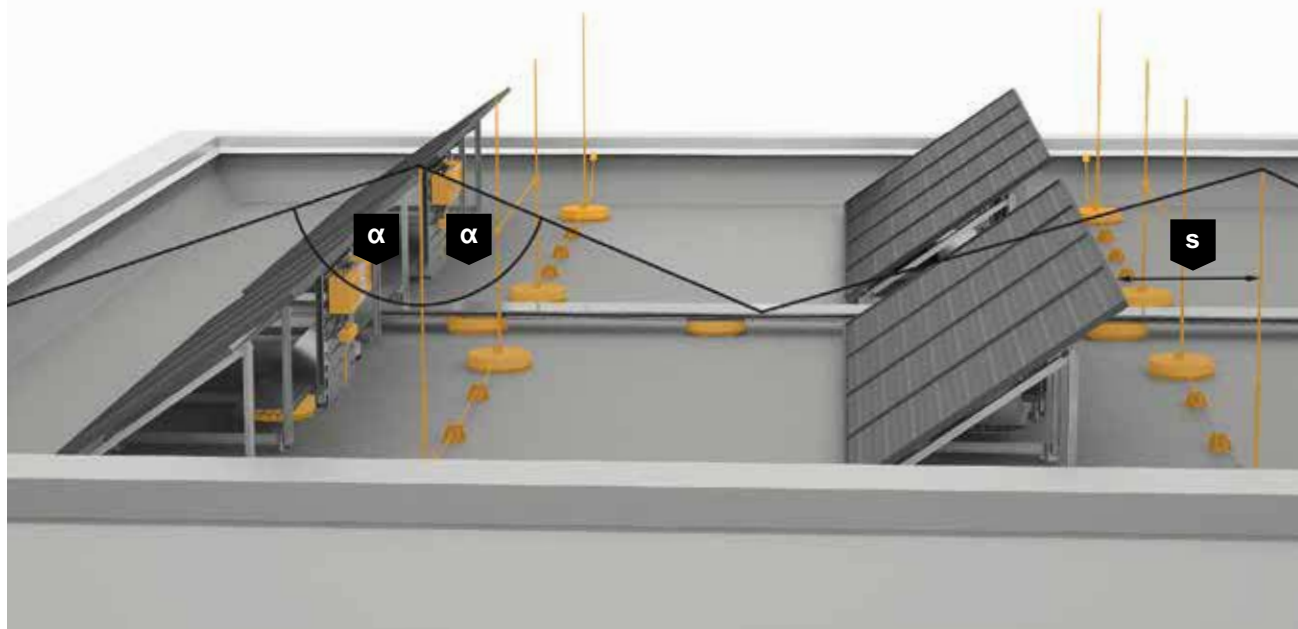


Рис. 2.9: Защитный угол и разделительный интервал молниеприемников на фотогальванической установке

#### 2.1.1.2 Метод защитного угла (Рис. 2.9)

Применение метода защитного угла рекомендуется только для простых или небольших зданий, а также для отдельных частей здания.

Поэтому метод защитного угла может использоваться только в том случае, если молниеприемные стержни уже обеспечивают защиту здания и размещены на основе метода создания шара молнии или молниеприемной сетки. Метод защитного угла оптимально подходит для размещения молниеприемных стержней, предназначенных для дополнительной защиты лишь некоторых выступающих частей здания или конструкций.

Все кровельные надстройки должны быть защищены молниеприемными стержнями. Для этого необходимо соблюдать разделительный интервал ( $s$ ) между заземленными кровельными надстройками и металлическими системами.

Если кровельная надстройка имеет токопроводящее продолжение, ведущее в здание (например, такое как труба из нержавеющей стали, соединенная с системой вентиляции или кондиционером), то при установке молниеприемника следует выдержать разделительный интервал ( $s$ ) между молниеприемником и защищаемым объектом. Благодаря этому разделительному интервалу надежно предотвращаются пробой тока молнии и опасное искрообразование.

*Применение метода защитного угла рекомендуется только для простых или небольших зданий, а также отдельных частей здания.*



$\alpha$	Защитный угол
1	LPZ 0 <sub>A</sub> : угроза прямых ударов молнии
2	LPZ 0 <sub>B</sub> : имеется защита от прямых ударов молнии, однако существует угроза
3	$h_1$ : высота молниеприемного стержня

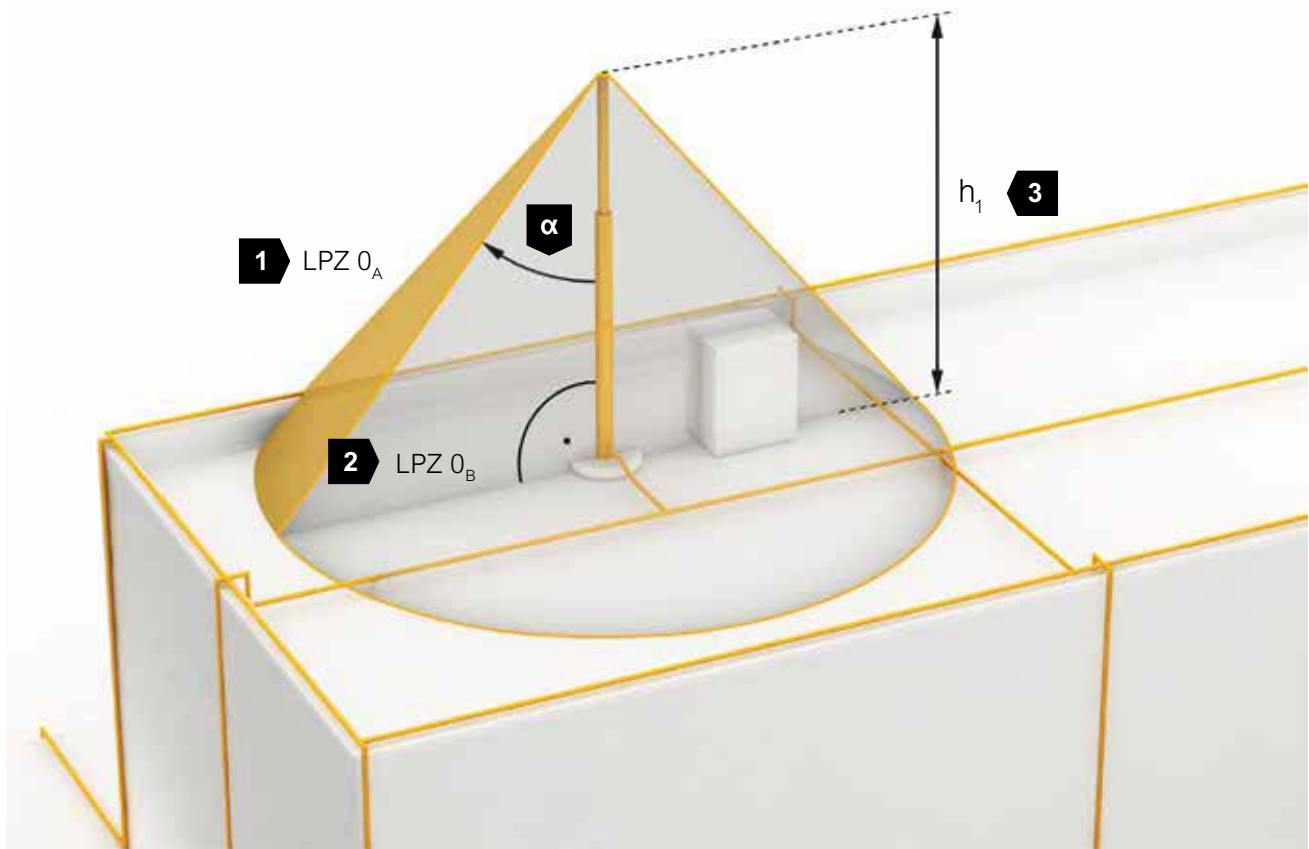


Рис. 2.10: Рассчитанная на основе упрощенного метода защитного угла защитная площадь молниеприемного стержня.

Защитный угол ( $\alpha$ ) молниеприемного стержня варьируется в зависимости от класса молниезащиты.

Защитный угол ( $\alpha$ ) для наиболее распространенных молниеприемных стержней длиной до 2 м можно найти в таблице. (Таблица 2.2)

Защищаемая конструкция (часть здания, прибор и т.д.) должна быть оснащена одним или несколькими молниеприемными стержнями таким образом, чтобы конструкция при помощи концов молниеприемных стержней полностью попадала под коническую оболочку, сконструированную с убивающимся углом (диаграмма, стр.70). В качестве защитных зон могут рассматриваться ограниченные горизонтальной плоскостью участки (кровельная поверхность) и покрытые конической оболочкой зоны.

(Рис. 2.10)

Класс молниезащиты	Защитный угол $\alpha$ для молниеприемных стержней длиной до 2 м
I	70°
II	72°
III	76°
IV	79°

Таблица 2.2: Защитный угол по классу молниезащиты в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) для молниеприемных стержней длиной до 2 м

l	Длина здания
m	Ширина ячеек

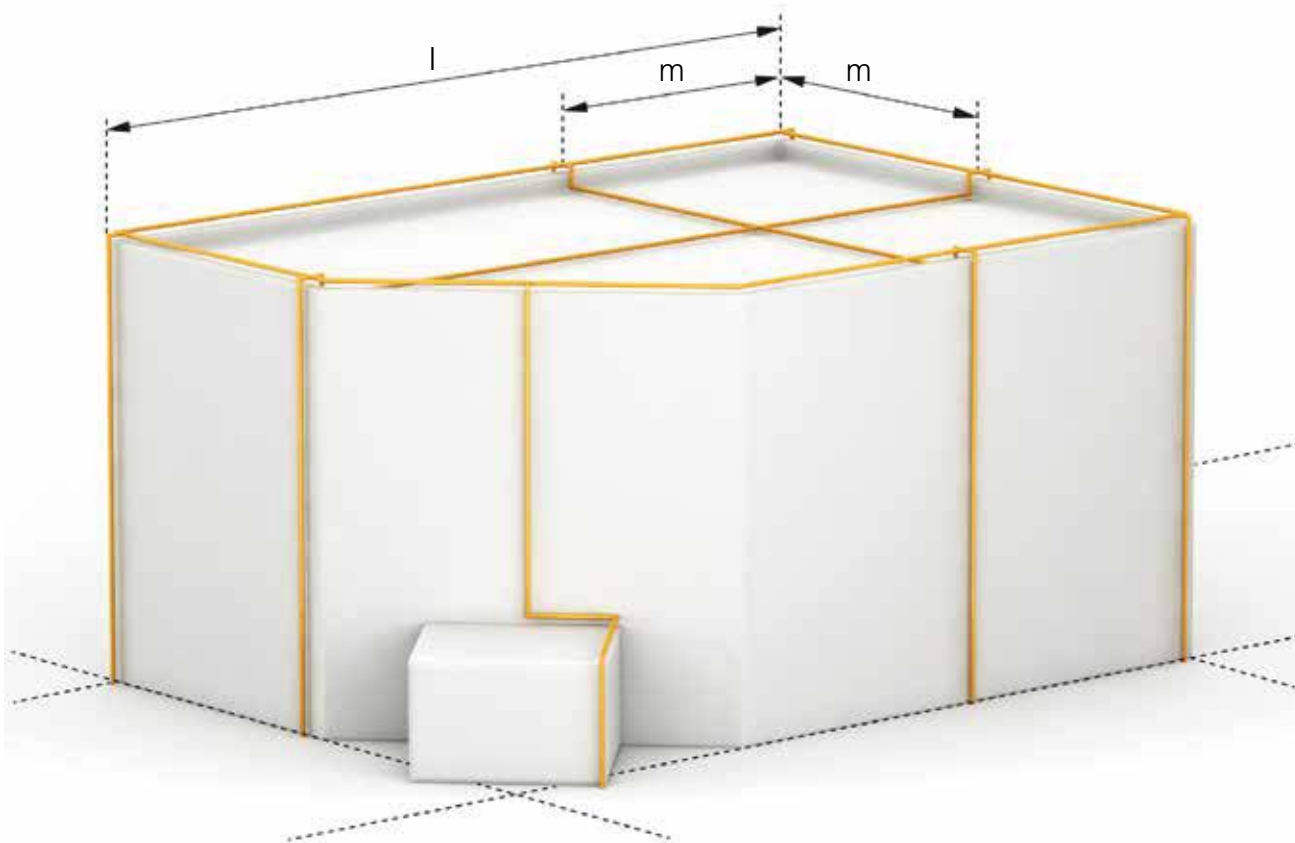


Рис. 2.11: Метод молниеприемной сетки на плоской крыше

**2.1.1.3 Метод молниеприемной сетки (Рис. 2.11)**

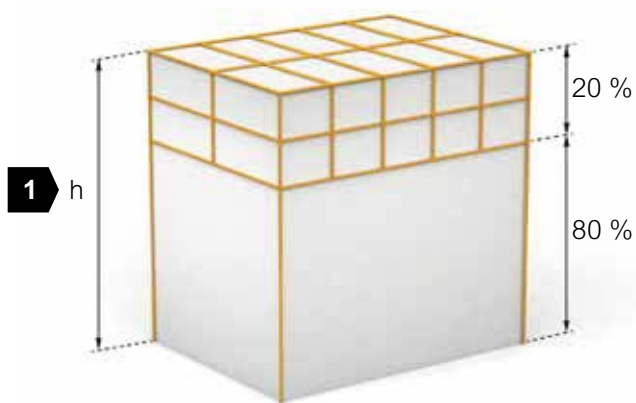
**Расположение ячеек молниеприемной сетки**

Ширина ячеек молниеприемной сетки может варьироваться в зависимости от класса молниезащиты здания. В нашем примере здание имеет класс молниезащиты III. Тем самым ширина ячеек  $m$  не должна превышать  $15 \times 15$  м. Если общая длина  $l$ , как в нашем примере, больше рекомендуемого расстояния, указанного в Таблице 2.3, необходимо использовать компенсатор температурного удлинения.

*Метод молниеприемной сетки подходит для универсального использования только с учетом класса молниезащиты.*

Класс	Размер ячеек
I	5 x 5 м
II	10 x 10 м
III	15 x 15 м
IV	20 x 20 м

Таблица 2.3: Размер ячеек в зависимости от класса молниезащиты



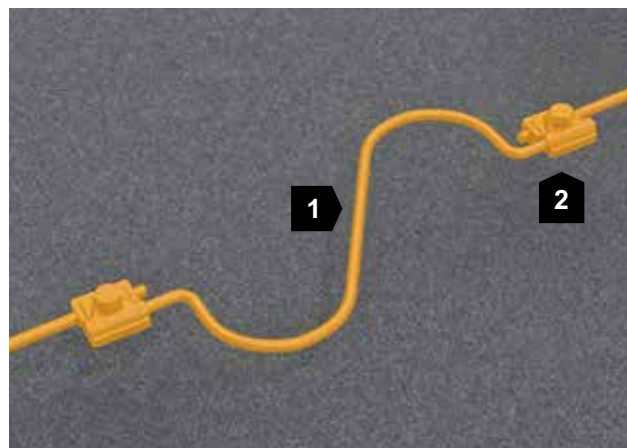
**1** Высота здания  $h > 60$  м

Рис. 2.12: Метод молниеприемной сетки и защита от бокового удара

**Защита от бокового удара**

В случае, если высота здания больше 60 м, и существует риск возникновения большого ущерба (напр., для электрического или электронного оборудования), рекомендуется создание кольцевой проводки против боковых ударов.

Кольцо при этом должно быть установлено приблизительно на 80% высоты здания. Размер ячеек молниеприемной сетки определяется – как и при размещении на крыше – по классу молниезащиты; например, классу молниезащиты III соответствует размер ячеек 15 x 15 м (Рис. 2.12)



**1** Компенсатор температурного удлинения  
**2** Зажим

Рис. 2.13: Молниеприемная сетка с компенсатором температурного удлинения

**2.1.2 Изменение длины, обусловленное температурой**

При высоких температурах, например, летом, изменяется длина молниеприемников или токоотводов. Такие изменения длины, обусловленные температурой, должны учитываться при монтаже. Компенсаторы температурного удлинения (Рис. 2.13) должны посредством геометрии (например, S-образные) или гибкого провода создавать гибкую компенсацию удлинения. На практике себя зарекомендовали следующие указанные в Таблице 2.4 интервалы для применения компенсаторов температурного удлинения:

Материал	Интервалы между компенсаторами температурного удлинения, м
Сталь	15
Нержавеющая сталь	10
Медь	10
Алюминий	10

Таблица 2.4: Компенсаторы температурного удлинения

### 2.1.3 Внешняя молниезащита для кровельных надстроек

Кровельные надстройки должны быть включены в систему внешней молниезащиты в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305-3), если они превышают указанные в **Таблице 2.5** значения.

Кровельные надстройки	Размеры
Металлические	0,3 м над уровнем крыши 1,0 м <sup>2</sup> общая площадь 2,0 м длина надстройки
Неметаллические	0,5 м над молниеприемником

Таблица 2.5: Интегрирование кровельных надстроек

*Световые купола системы дымо- и теплоотвода (СДТ) должны быть защищены от прямых ударов молнии. Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) предохраняют электроприводы от повреждений, обусловленных индуктивными вводами.*





Рис. 2.14: Естественные компоненты (здесь: жестяной аттик) для молниеприемников, VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3)

#### 2.1.4 Использование естественных компонентов

Если на крыше находятся токопроводящие элементы, то целесообразно использовать их в качестве естественных молниеприемников. (Рис. 2.14)

Естественными компонентами для молниеприемников в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) могут служить:

- обшивка из металлических листов (например, аттик)
- металлические компоненты (например, балка, сплошная арматура)
- металлические части (например, сточные желоба для дождевой воды, декоративные элементы или ограждения)
- металлические трубы и резервуары

Электропроводка между различными частями должна быть обеспечена в расчете на долгосрочную перспективу, например, путем твердой пайки, сварки, сплющивания, фальцевания, привинчивания или заклепочного соединения. Условием для этого должно быть отсутствие токопроводящего соединения, идущего в здание. Класс молниезащиты в данном случае не имеет значения при выборе естественного молниеприемника.

#### Не зависящие от класса защиты параметры:

- минимальная толщина металлических листов или металлических труб у молниеприемников
- материалы и их эксплуатационные условия
- материалы, форма и минимальные размеры молниеприемников, токоотводов и заземлителей
- минимальные размеры соединительных проводников





Рис. 2.15: Возможное исполнение соединения металлического защитного ограждения аттика путем перекрытия с гибким проводом.

Для соединения различных кровельных элементов (например, аттиков), способного выдержать нагрузку по току молнии, существуют разные компоненты перекрытия и соединения. (Рис. 2.15) В зависимости от изделия они могут монтироваться на кровельном элементе в соответствии с нормами. Для этого норма применения предоставляет различные возможности. (Рис. 2.16)

Металлические защитные ограждения для защиты наружной стены могут применяться в качестве естественного компонента молниеприемника в том случае, если перегорание на точке удара молнии принимается. (Таблица 2.6)



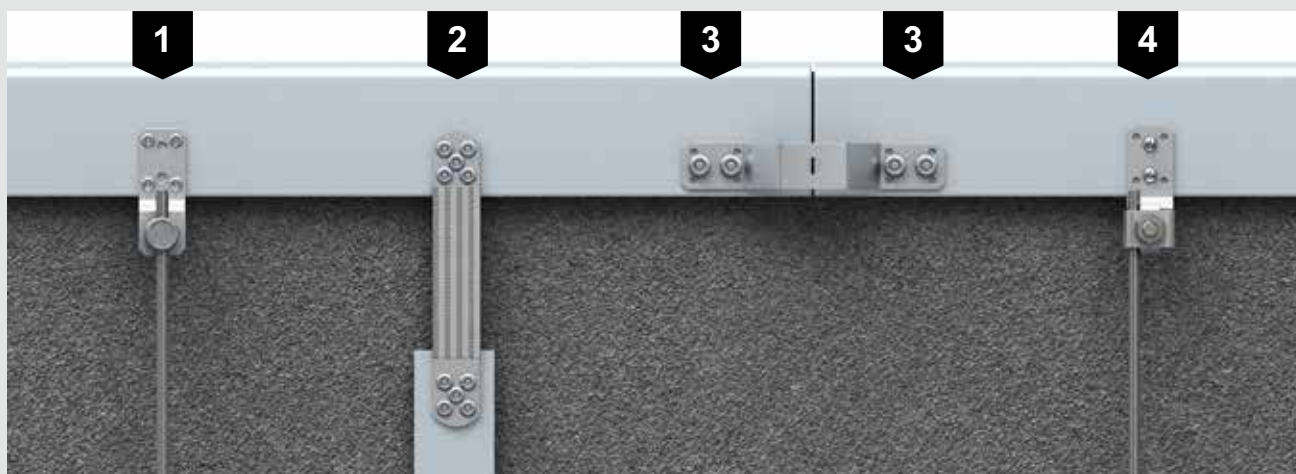


Рис. 2.16: Резьбовое соединение металлического защитного ограждения аттика, источник: VDE 0185-305-3, вкладыш 1:2012-10

1	4 глухие заклепки диаметром 5 мм
2	5 глухих заклепок диаметром 3,5 мм
3	2 глухие заклепки диаметром 6 мм
4	2 глухие заклепки диаметром 6,3 мм из нержавеющей стали, например, номер материала 1.4301

Материал	Толщина $t$ , мм (предотвращает продырявливание, перегрев и воспламенение)	Толщина $t$ , мм (если предотвращение от продырявливания, перегрева или воспламенения не имеет значения)
Свинец	-	2,0
Сталь (нержавеющая/ оцинкованная)	4	0,5
Титан	4	0,5
Медь	5	0,5
Алюминий	7	0,65
Цинк	-	0,7

Таблица 2.6: Минимальная толщина металлических листов или металлических труб в молниеприемниках в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3), класс защиты системы молниезащиты (LPS): с I по IV



Рис. 2.17: Соблюденный разделительный интервал ( $s$ ) между токоотводными устройствами и кровельными надстройками

### 2.1.5 Разделительный интервал ( $s$ )

Все металлические части здания, а также электрические приборы и их подводящие провода должны быть интегрированы в систему молниезащиты. Эта мера необходима в целях предотвращения опасного искрообразования между молниеприемником и токоотводом, с одной стороны, и между металлическими частями здания и электроприборами, с другой стороны.

(Рис. 2.17)

#### Что такое разделительный интервал?

При наличии достаточно большого интервала между проводником, по которому протекает ток молнии, и металлическими частями здания опасность искрообразования практически исключена. Данный интервал обозначается как разделительный интервал ( $s$ ).

#### Компоненты с прямым присоединением к системе молниезащиты (молниеотводу)

Внутри зданий со сплошными, армированными стенами и крышами или сплошными металлическими фасадами и металлическими крышами соблюдение разделительного интервала не обязательно. Металлические компоненты, не имеющие токопроводящего продолжения, ведущего в защищаемое здание, и расположенные на расстоянии менее 1 метра от проводника внешней молниезащиты, должны напрямую соединяться с молниеотводом. Сюда относятся, например, металлические решетки, двери, трубы (с невозгораемым или взрывобезопасным наполнением), элементы фасадов и т.д.



Рис. 2.18: Токоотвод молниезащиты на водосточном стояке



Рис. 2.19: Прямое присоединение фотогальванического монтажного каркаса на токоотводе молниезащиты

### Пример использования 1: Молниезащита (Рис. 2.18)

#### Ситуация

Металлические конструкции, такие как монтажные каркасы (Рис. 2.19), решетки, окна, двери, трубы (с невозгораемым или взрывобезопасным наполнением) или элементы фасада без токопроводящего продолжения, ведущего в здание.

#### Решение

Соединение молниеотвода с металлическими компонентами.

*Провода, ведущие в здание, могут проводить частичные токи молний. На входе здания должно быть реализовано уравнивание потенциалов молниезащиты.*

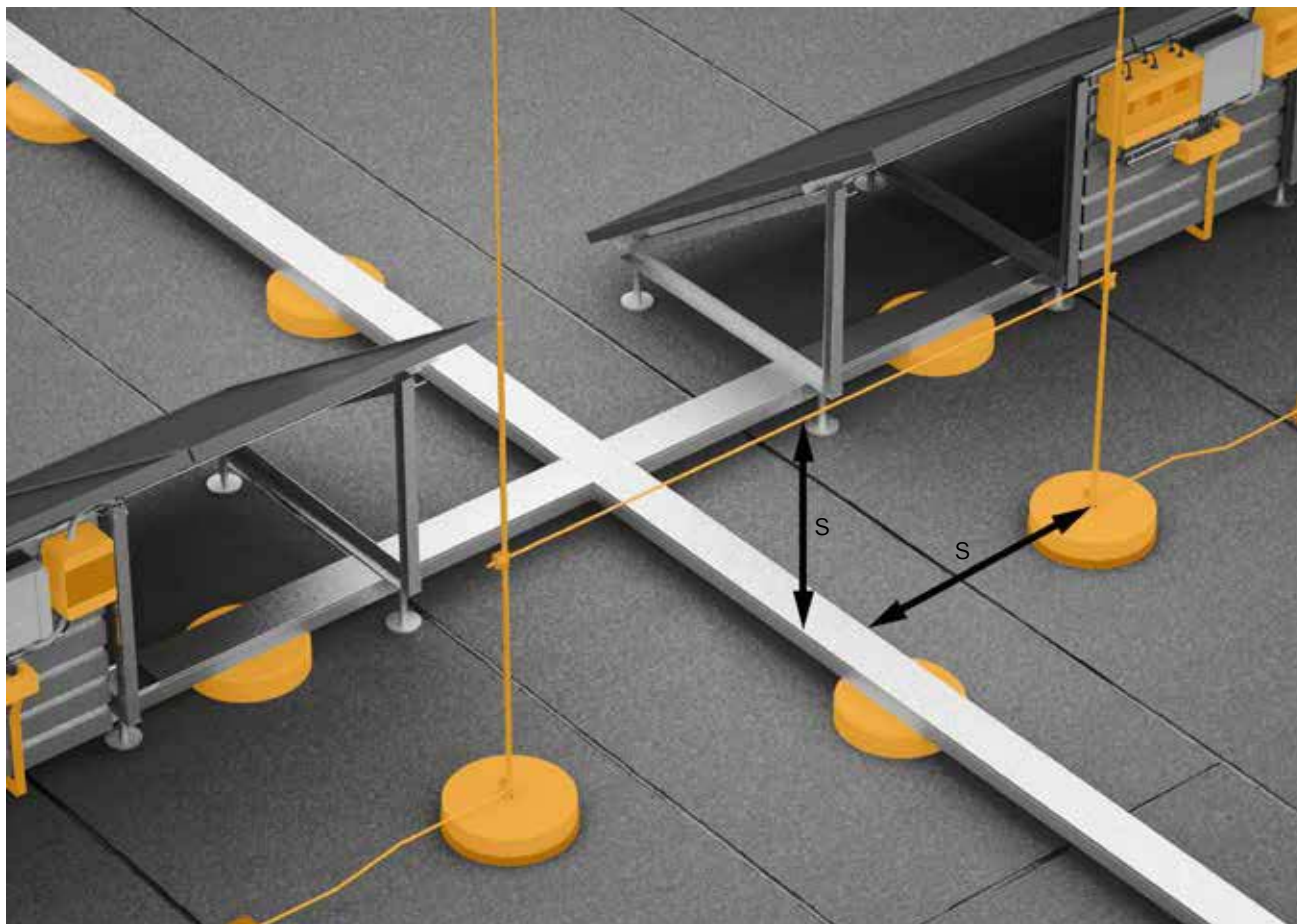


Рис. 2.20: Изолированная молниезащита с соблюденным разделительным интервалом (s)

**Пример использования 2: Кровельные надстройки (Рис. 2.20)**

**Ситуация**

Кондиционеры, фотогальванические установки и электрические сенсоры/исполнительные механизмы или металлические вентиляционные трубы с токопроводящим продолжением, ведущим в здание.

**Решение**

Изолировать посредством разделительного интервала (s)

**Указание**

Учитывать индуктивные вводимые перенапряжения.

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} L(m)$$

$k_i$	Зависит от выбранного класса защиты системы молниезащиты
$k_c$	Зависит от (парциального) тока молнии, протекающего в токоотводах
$k_m$	Зависит от материала электрической изоляции
$L(m)$	Вертикальное расстояние от точки, на которой должен быть определен разделительный интервал s, до близлежащей точки уравнивания потенциалов

Формула расчета разделительного интервала

## Шаги для расчета разделительного интервала в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305-3)

<p><b>Шаг 1</b> Определить значение коэффициента <math>k_i</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>класс защиты I: <math>k_i = 0,08</math></li> <li>класс защиты II: <math>k_i = 0,06</math></li> <li>класс защиты III и IV: <math>k_i = 0,04</math></li> </ul>
<p><b>Шаг 2</b> Определить значение коэффициента <math>k_c</math> (упрощенная система)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 токоотвод (только в случае изолированной системы молниезащиты): <math>k_c = 1</math></li> <li>2 токоотвода: <math>k_c = 0,66</math></li> <li>3 токоотвода и больше: <math>k_c = 0,44</math></li> </ul> <p>Значения действительны для всех заземлителей типа В, а также для тех заземлителей типа А, у которых сопротивление заземления отличается от электродов соседних заземлителей не более чем на коэффициент, равный 2. При отклонении сопротивления от отдельных электродов на коэффициент, превышающий 2, необходимо принять <math>k_c = 1</math>.</p>
<p><b>Шаг 3</b> Определить значение коэффициента <math>k_m</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Материал - воздух: <math>k_m = 1</math></li> <li>Материал - бетон, кирпич: <math>k_m = 0,5</math></li> <li>Стержни стеклопластиковые электроизоляционные ОВО: <math>k_m = 0,7</math></li> </ul> <p>При использовании нескольких изоляционных материалов на практике применяется минимальное значение <math>k_m</math></p>
<p><b>Шаг 4</b> Определить значение <math>L</math></p>	<p><math>L</math> – это вертикальное расстояние от точки, на которой должен быть определен разделительный интервал <math>s</math>, до близлежащей точки уравнивания потенциалов.</p>

Таблица 2.7: Расчет разделительного интервала в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305-3)

## Пример строительного сооружения

## Исходная ситуация:

- Класс молниезащиты III
- Здание с более чем 4 токоотводами
- Материал: бетон, кирпич
- Высота/точка, на которой должен быть определен разделительный интервал: 10 м

## Определены следующие значения:

- $k_i = 0,04$
- $k_c = 0,44$
- $k_m = 0,5$
- $L = 10$  м

## Расчет разделительного интервала:

$$s = k_i \times k_c / k_m \times L = 0,04 \times 0,44 / 0,5 \times 10 \text{ м} = 0,35 \text{ м}$$





*Ветровая нагрузка описывает воздействие ветра на здания и смонтированное оборудование. При проектировании она должна учитываться.*

### 2.1.6 Ветровая нагрузка

Вот уже несколько десятилетий ветровая нагрузка при внешней молниезащите является важным вопросом, рассматриваемым на производстве ОВО Bettermann. На основе многочисленных исследований и многолетнего опыта в области разработок нами созданы модели расчетов и системы молниеприемных мачт.

В прежних стандартах DIN 1055:2005, Часть 4: «Ветровые нагрузки» и Часть 5: «Снеговые и ледовые нагрузки», а также в стандарте DIN 4131 «Стальные антенные несущие конструкции» определены все воздействия нагрузок на несущие конструкции в Федеративной Республике Германии.

Еврокодексы (ЕС) являются результатом европейской стандартизации в строительном деле. Стандарты с ЕС 0 по ЕС 9 включают в себя документы нормативного ряда DIN EN с 1990 по 1999 г. Сюда же относятся соответствующие национальные приложения (НП). НП содержат положения, выходящие за рамки положений Еврокодексов и до настоящего времени представленные в национальных стандартах.

После появления национальных приложений ЕС старые стандарты утратили свою силу по истечении соответствующего переходного срока. (Рис 2.8)

Старый стандарт	Новый стандарт
DIN 1055:2005-03, Часть 4: Ветровые нагрузки	Еврокодекс 1: DIN EN 1991-1-4:2010-12: Часть 1-4: Общие воздействия; ветровые нагрузки + DIN EN 1991-1-4/NA: 2010-12
DIN 1055:2005-03, Часть 5: Снеговые и ледовые нагрузки	DIN EN 1991-1-3: 2010-12 -; Часть 1-3: Общие воздействия; снеговые нагрузки + DIN EN 1991-1-3/NA: 2010-12
DIN V 4131:2008-09 Стальные антенные несущие конструкции	Еврокодекс 3: DIN EN 1993-3-1: 2010-12: Часть 3-1: Башни, мачты и дымоходы – Башни и мачты + DIN EN 1993-3-1/NA: 2010-12

Рис. 2.8: Пример немецких национальных стандартов для расчета ветровых нагрузок

**Шаг 1: Определение зоны ветров**

Вторым фактором определения ветровой нагрузки является зона ветровой нагрузки, в которой находится объект. (Таблица 2.9/Рис. 2.21)

В нормах отсутствует информация по следующим аспектам:

- решетчатые мачты и башни с непараллельными угловыми стойками,
- ослабленные мачты и дымовые трубы,
- мосты с наклонными вантами и подвесные мосты,
- вращательные колебания.

Зона	Скорость ветра, м/с	Скоростное давление, кН/м <sup>2</sup>
1	22,5	0,32
2	25,0	0,39
3	27,5	0,47
4	30,0	0,56

Таблица 2.9: Основные скорости и скоростные давления ветра



Рис. 2.21: Зоны ветров в Германии в соответствии с DIN EN 1991-1-4 NA

**Шаг 2: Определение категории местности (КМ)**

Фактором для расчета ветровых нагрузок является специфические для конкретной местности нагрузки и скоростные давления.

(Таблица 2.10)

Категория местности (КМ)	Определение
Категория местности I	Открытое море; моря/озёра со свободной поверхностью не менее 5 км по направлению ветра; равнинная плоская местность без препятствий
Категория местности II	Местность с живыми изгородями, отдельно стоящими фермерскими усадьбами, домами или деревьями, например, сельскохозяйственный район
Категория местности III	Пригороды, районы промышленных предприятий и индустриальных зон; леса
Категория местности IV	Городские районы, где не менее 15 % застроено зданиями, средняя высота которых превышает 15 м

Таблица 2.10: Категории местности в соответствии с DIN EN 1991-1-4

### Шаг 3: Определение максимальной скорости порыва ветра

Изначально при использовании молниеприемных стержней необходимо установить специфические для проекта параметры запаса устойчивости против опрокидывания и скольжения. Исходная высота соответствует высоте здания и  $2/3$  длины молниеприемного стержня. Максимальная скорость порыва ветра определяется на месте реализации проекта.



Рис. 2.22: Молниеприемный стержень с опорной ножкой

Скорость порыва ветра в зоне ветров I				
Исходная высота, м	КМ I, км/ч	КМ II, км/ч	КМ III, км/ч	КМ IV, км/ч
0	112	105	100	93
5	122	108	100	93
10	136	124	103	93
16	136	124	111	93
20	139	128	115	98
30	145	134	122	106
40	149	139	128	112
70	157	148	139	126
100	162	155	147	135

Таблица 2.11: Скорость порыва ветра в зоне ветров I

Скорость порыва ветра в зоне ветров II				
Исходная высота, м	КМ I, км/ч	КМ II, км/ч	КМ III, км/ч	КМ IV, км/ч
0	124	117	111	104
5	136	120	111	104
10	145	131	114	104
16	152	138	123	104
20	155	142	127	109
30	161	149	136	118
40	165	154	142	125
70	174	165	155	139
100	180	172	163	150

Таблица 2.13: Скорость порыва ветра в зоне ветров II

Скорость порыва ветра в зоне ветров III				
Исходная высота, м	КМ I, км/ч	КМ II, км/ч	КМ III, км/ч	КМ IV, км/ч
0	137	129	122	114
5	149	132	122	114
10	159	144	126	114
16	167	152	135	114
20	170	156	140	119
30	177	164	149	129
40	182	170	156	137
70	192	181	170	153
100	198	189	180	165

Таблица 2.12: Скорость порыва ветра в зоне ветров III

Скорость порыва ветра в зоне ветров IV				
Исходная высота, м	КМ I, км/ч	КМ II, км/ч	КМ III, км/ч	КМ IV, км/ч
0	149	140	133	124
5	163	144	133	124
10	174	157	137	124
16	182	166	148	125
20	186	170	153	130
30	193	179	163	141
40	198	185	170	150
70	209	198	185	167
100	216	206	196	180

Таблица 2.14: Скорость порыва ветра в зоне ветров IV

**Шаг 4: Определение необходимых бетонных блоков**

На основе значения макс. скорости порыва ветра определяется количество необходимых бетонных блоков (10 или 16 кг) в зависимости от применяемого молниеприемного стержня. Значение в таблицах должно быть больше максимальной скорости порыва ветра в данном месте расположения.

**Пример**

Макс. скорость порыва ветра в месте расположения объекта составляет 142 км/ч.

Применяется сужающийся трубчатый молниеприемный стержень типа 101 VL2500 высотой 2,5 м.

Поскольку значение в таблице 2.15 должно быть больше максимальной скорости порыва ветра в данном месте расположения (в данном случае оно должно превышать 142 км/ч), ближайшее допустимое значение составит 164. Отсюда определяется, что потребуется 3 бетонных блока по 16 кг каждый.

**Количество бетонных блоков для сужающихся трубчатых молниеприемных стержней**

Высота молниеприемного стержня, м	1,5	2	2,5	3	3,5	4	Необходимые бетонные блоки
Тип	101 VL1500	101 VL2000	101 VL2500	101 VL3000	101 VL3500	101 VL4000	
Арт. №	5401 98 0	5401 98 3	5401 98 6	5401 98 9	5401 99 3	5401 99 5	
Скорость ветра, км/ч	117	-	-	-	-	-	<b>1 x 10 кг</b>
	164	120	95	-	-	-	<b>2 x 10 кг</b>
	165	122	96	-	-	-	<b>1 x 16 кг</b>
	-	170	135	111	95	-	<b>2 x 16 кг</b>
	-	208	164	136	116	102	<b>3 x 16 кг</b>

**Количество бетонных блоков для молниеприемного стержня с односторонним скруглением**

Высота молниеприемного стержня, м	1	1,5	2	2,5	3	Необходимые бетонные блоки
Тип	101 ALU-1000	101 ALU-1500	101 ALU-2000	101 ALU-2500	101 ALU-3000	
Арт. №	5401 77 1	5401 80 1	5401 83 6	5401 85 2	5401 87 9	
Скорость ветра, км/ч	97	-	-	-	-	<b>1 x 10 кг</b>
	196	133	103	-	-	<b>1 x 16 кг</b>
	-	186	143	117	100	<b>2 x 16 кг</b>
	-	-	173	142	121	<b>3 x 16 кг</b>

**Количество бетонных блоков для молниеприемного стержня с односторонним скруглением, снабженного планкой с зажимами**

Высота молниеприемного стержня, м	1	1,5	Необходимые бетонные блоки
Тип	101 A-L 100	101 A-L 150	
Арт. №	5401 80 8	5401 85 9	
Скорость ветра, км/ч	100	-	<b>1 x 10 кг</b>
	192	129	<b>1 x 16 кг</b>
	-	177	<b>2 x 16 кг</b>
	-	214	<b>3 x 16 кг</b>

Таблица 2.15: Требуемое количество бетонных блоков производства ОВО

### Ветровые нагрузки и молниеприемная мачта isFang

**Таблица 2.16** поясняет влияние зоны ветров, исходной высоты и категории местности на алюминиевую молниеприемную мачту isFang (Арт. № 5402 88 0) с треножником (Арт. № 5408 96 7).

Количество бетонных блоков может быть сокращено, например, в зоне ветров 1 при исходной высоте до 10 м, до 800 м над уровнем моря может потребоваться всего 6 бетонных блоков (по 2 бетонных блока на каждую консоль).

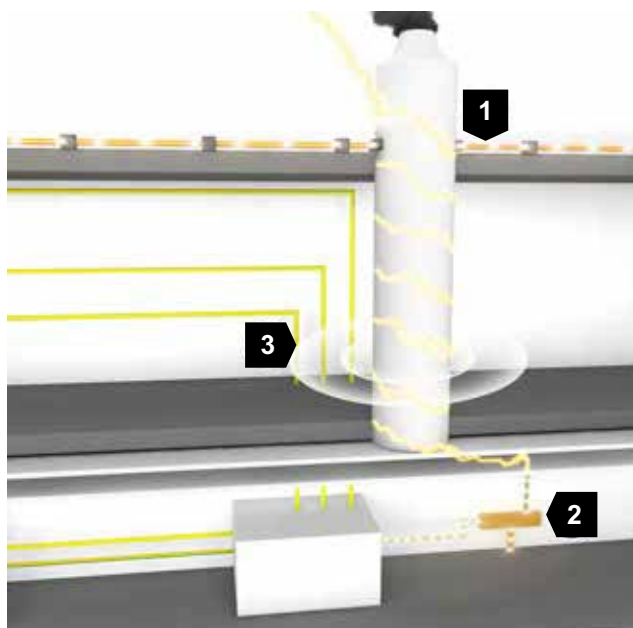
#### Количество бетонных блоков для молниеприемной мачты isFang

Зона ветров	1			2		
	10	40	75	10	40	75
Категория местности I	12	15	-	15	-	-
Категория местности II	9	15	15	12	-	-
Категория местности III	9	12	15	9	15	-
Категория местности IV	6	9	12	9	12	15

Таблица 2.16: Требуемое количество бетонных блоков 16 кг производства ОВО в соответствии с EN 1991-1-4 и EN 1991-3-1







1	Удар молнии, ток молнии попадает в здание через металлические элементы конструкции
2	На шине уравнивания потенциалов ток молнии проводится в систему заземления
3	Перенапряжение в питающих линиях и линиях передачи данных в результате электромагнитных вводов

Рис. 2.23: Угроза из-за неразделенной системы

### 2.1.7 Конструктивные исполнения молниеприемников

Говоря о молниеприемниках, необходимо различать разделенные и неразделенные системы, причем эти системы могут комбинироваться друг с другом. Неразделенные системы (Рис. 2.23) устанавливаются напрямую на защищаемый объект, и ответвления прокладываются на поверхности установки.

Разделенные системы (Рис. 2.24) предотвращают падение прямого удара в защищаемый объект или установку. Это может осуществляться посредством молниеприемных стержней и мачт, но также и путем крепления при помощи изолирующих стеклопластиковых держателей на защищаемом объекте или установке. В обоих случаях должен быть соблюден разделительный интервал (s). Если это невозможно, то изолированный провод isCop с высоким пробивным напряжением предоставляет возможность отобразить разделенный молниеприемник в неразделенной системе.



Рис. 2.24: Разделенная система со стеклопластиковыми держателями



Рис. 2.22: Изолированная молниезащита с молниеприемной мачтой isFang

#### 2.1.7.1 Изолированные молниеприемники с высоким пробивным напряжением

Модульная система молниеприемных мачт ОВО isFang предлагает быстрое и свободно реализуемое решение для изолированных молниеприемных мачт высотой до 10 м, позволяющее обеспечить максимально возможный защитный угол.

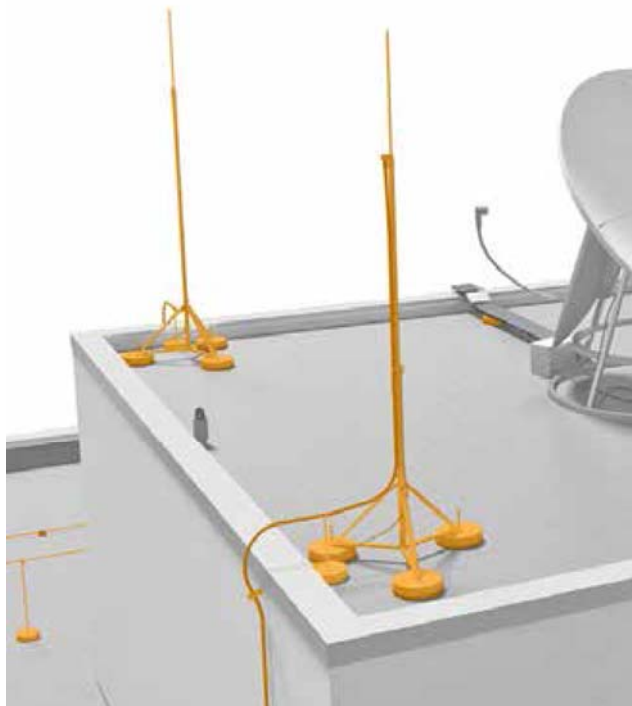


Рис. 2.26: Молниеприемные мачты с расположенным снаружи проводом isCon®



Рис. 2.27: Молниеприемная мачта с расположенным внутри проводом isCon®

#### 2.1.7.1.1 Изолированные молниеприемные мачты с расположенным снаружи проводом isCon®

(Рис. 2.26)

Изолированные молниеприемные мачты защищают электрические и металлические кровельные надстройки с учетом рассчитанного разделительного интервала (s) в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3). Изолированный промежуток 1,5 м из стеклопластика обеспечивает достаточное расстояние от всех кровельных надстроек. Комплексные структуры здания также могут быть защищены благодаря широкому спектру системных комплектующих.

#### 2.1.7.1.2 Изолированные молниеприемные мачты с расположенным внутри проводом isCon®

(Рис. 2.27)

Трехкомпонентная изолированная молниеприемная мачта из алюминия и стеклопластика позволяет прокладывать провод Con® (черный и светло-серый) внутри молниеприемной мачты для создания безупречного внешнего вида при оптимальном функционировании, предлагая таким образом следующие преимущества:

- аккуратный внешний вид благодаря расположенному внутри кабелю isCon®
- 4 варианта: высота от 4 м до 10 м
- наличие присоединительного элемента и подключения к потенциалу в мачте
- при автономном монтаже комбинируется со стойками молниеприемных мачт isFang с боковым выпускным отверстием

Визуально привлекательная и функционально адаптированная изолированная молниеприемная мачта обеспечивает гибкий, простой и быстрый электро-монтаж. Благодаря расположенному внутри кабелю isCon® молниеприемная мачта оставляет лишь минимальное пространство для ветровой нагрузки и таким образом может устанавливаться также на высоких и ветреных местах. (Рис. 2.27)

Таблица 2.17 демонстрирует требуемое количество бетонных блоков 16 кг производства ОВО в зависимости от максимально допустимой скорости порыва ветра и высоты молниеприемного стержня. Значения должны быть сопоставлены со значениями из таблиц 2.11-2.14. Если значение меньше, то количество бетонных блоков должно быть выбрано соответственно.

Изолированная молниеприемная мачта должна быть присоединена к опорному потенциалу посредством медного провода сечением > 6 мм<sup>2</sup> или провода, эквивалентного по проводимости. В опорном потенциале не должен протекать ток молнии, и он должен находиться в защитном углу молниеотвода. Присоединение к потенциалу может осуществляться через металлические и заземленные кровельные надстройки, общие заземленные части структуры здания, а также через защитный проводник низковольтной системы.

#### Количество бетонных блоков для изолированных молниеприемных мачт VA и AL

Высота молниеприемного стержня, м	4	6	4	6	Необходимые бетонные блоки
Материал	VA	VA	AL	AL	
Арт. №	5408 94 2	5408 94 6	5408 94 3	5408 94 7	
Подходящая опора молниеприемной мачты Арт. №	5408 96 8	5408 96 9	5408 96 6	5408 96 7	
Скорость ветра, км/ч	120	94	120	92	<b>3 x 16 кг</b>
	161	122	163	122	<b>6 x 16 кг</b>
	194	145	197	147	<b>9 x 16 кг</b>
	222	165	227	168	<b>12 x 16 кг</b>
	246	182	252	187	<b>15 x 16 кг</b>

#### Количество бетонных блоков для изолированных молниеприемных мачт с выпускным отверстием

Высота молниеприемного стержня, м	4	6	8	10	Необходимые бетонные блоки
Материал	5408 93 8	5408 94 0	5408 88 8	5408 89 0	
Подходящая опора молниеприемной мачты Арт. №	5408 93 0	5408 93 2	5408 90 2	5408 90 2	
Скорость ветра, км/ч	110	85	93	82	<b>3 x 16 кг</b>
	148	111	116	102	<b>6 x 16 кг</b>
	178	132	134	119	<b>9 x 16 кг</b>
	204	151	151	133	<b>12 x 16 кг</b>
	227	167	166	146	<b>15 x 16 кг</b>

Таблица 2.17: Бетонные блоки для изолированных молниеприемных мачт



Рис. 2.28: Изолированный молниеприемник с разделительным интервалом (s)



Рис. 2.29: Алюминиевая молниеприемная мачта

### 2.1.7.2 Разделенные молниеприемники

Благодаря разделенной молниезащите, которую предлагает ОВО, возможна надежная, соответствующая нормам и экономически эффективная установка разделенных молниеприемников. Выступающие за крышу металлические и электрические устройства с их сложными контурами предъявляют особые требования к молниезащите и соблюдению разделительного интервала. (Рис. 2.28)

### 2.1.7.2.1 Алюминиевые молниеприемные мачты

Трехкомпонентные молниеприемные мачты длиной от 4 до 8 м из алюминия дополняют традиционную молниеприемную систему, которая состоит из молниеприемного стержня и молниеприемного блока и устанавливается на высоте до 4 м. Для крепления различных молниеприемных мачт служат разные держатели для монтажа на стену или трубы и для углового монтажа на трубы, а также две треноги с различной шириной расставления ножек. Количество молниеприемных блоков FangFix может варьироваться в зависимости от зоны ветров. (Таблица 2.19)

### Количество бетонных блоков для молниеприемной мачты isFang со штативом из нержавеющей стали

Высота молниеприемного стержня, м	4	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	Необходимые бетонные блоки
Арт. №	5402 86 4	5402 86 6	5402 86 8	5402 87 0	5402 87 2	5402 87 4	5402 87 6	5402 87 8	5402 88 0	
Подходящая опора молниеприемной мачты, Арт. №	5408 96 8	5408 96 8	5408 96 8	5408 96 8	5408 96 9	5408 96 9	5408 96 9	5408 96 9	5408 96 9	
Скорость ветра, км/ч	143	124	110	99	104	96	89	83	78	3 x 16 кг
	193	168	148	133	138	127	117	109	102	6 x 16 кг
	232	202	178	159	165	151	139	129	121	9 x 16 кг
	266	231	203	182	188	172	159	147	138	12 x 16 кг
	296	257	226	202	208	191	176	163	152	15 x 16 кг

Таблица 2.18: Требуемое количество бетонных блоков производства ОВО

## Количество бетонных блоков для молниеприемной мачты isFang с алюминиевым штативом

Высота молниеприемного стержня, м	4	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	Необходимые бетонные блоки
Молниеприемная мачта, Арт. №	5402 864	5402 86 6	5402 86 8	5402 87 0	5402 87 2	5402 87 4	5402 87 6	5402 87 8	5402 88 0	
Подходящая опора молниеприемной мачты, Арт. №	5408 96 6	5408 96 6	5408 96 6	5408 96 6	5408 96 7	5408 96 7	5408 96 7	5408 96 7	5408 96 7	
Скорость ветра, км/ч	140	122	108	97	101	93	86	80	76	<b>3 x 16 кг</b>
	191	166	146	131	136	124	115	107	100	<b>6 x 16 кг</b>
	230	200	176	158	163	149	138	128	120	<b>9 x 16 кг</b>
	264	229	202	181	186	170	157	146	136	<b>12 x 16 кг</b>
	295	255	225	201	206	189	174	162	151	<b>15 x 16 кг</b>

Таблица 2.19: Требуемое количество бетонных блоков производства ОВО

**2.1.7.2 Молниеприемные телемачтовые системы высотой до 19,5 м**

Молниеприемные мачты системы irod от ОВО достигают высоты более 19 метров. Гибкая система защищает от ударов молнии сверхчувствительные установки, работающие на биогазе, столь же надежно, как и отдельно расположенные фотогальванические установки или проводки во взрывоопасных зонах.

Преимущества системы irod: отсутствие необходимости в ковшах и экскаваторах для земляных работ и заливки бетонного фундамента. Стабильные бетонные блоки весом по 16 кг каждый обеспечивают молниеприемным мачтам и стойкам достаточную опору. В ходе электромонтажа системы могут легко и просто рихтоваться посредством резьбовых стержней. Благодаря этим условиям система irod идеально подходит для электромонтажа в уже имеющихся установках. (Рис. 2.30)

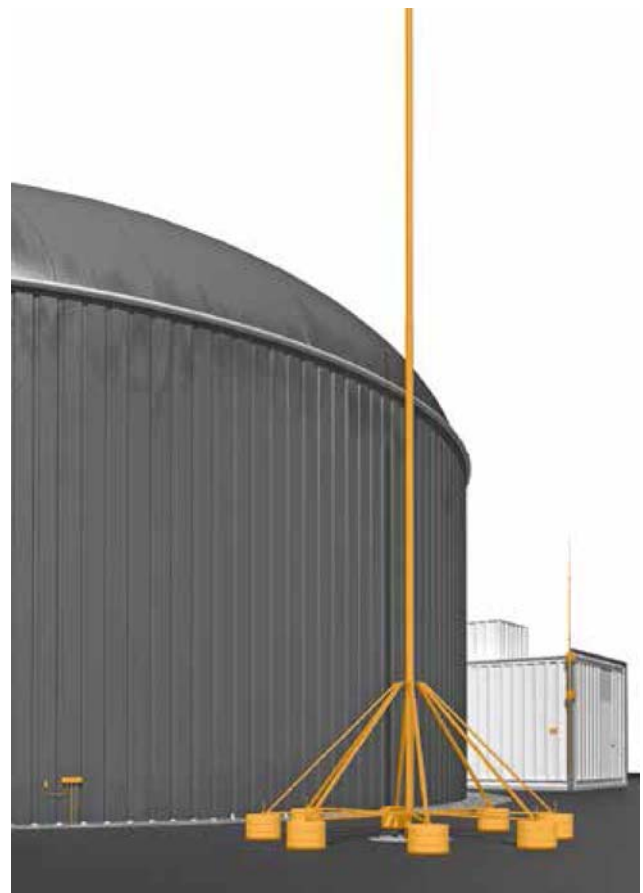


Рис. 2.30: Молниеприемные телемачты: применение для установки, работающей на биогазе



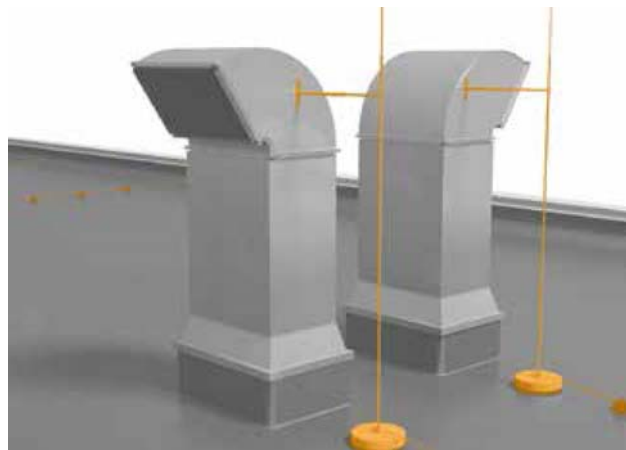


Рис. 2.31: Молниеприемный стержень с регулируемой изолированной траверсой

**2.1.7.2.3 Системы со стеклопластиковыми держателями**

Ядром системы является изолирующий стеклопластиковый стержень, за счет которого надежно обеспечивается разделительный интервал и предотвращается неконтролируемый пробой с опасным искрообразованием. Таким образом токи молнии не могут попасть в здание. (Рис. 2.31)

**Два варианта толщины материала для различных применений**

Изолированная молниезащита состоит из стеклопластиковых стержней диаметром 16 или 20 мм. Их свойства представлены в таблице 2.20 .

16 мм стеклопластиковые стержни	20 мм стеклопластиковые стержни
Длина 0,75 - 1,5 и 3 м	Длина 3 и 6 м
Устойчивы к УФ-излучению	Устойчивы к УФ-излучению
Светло-серый	Светло-серый
Коэффициент материала $k_m$ : 0,7	Коэффициент материала $k_m$ : 0,7
Момент сопротивления: > 400 мм <sup>3</sup>	Момент сопротивления: > 750 мм <sup>3</sup>
Несущая способность: 54 Н (1,5 м)	Несущая способность: 105 Н (1,5 м)

Таблица 2.20: Свойства изолированных стеклопластиковых стержней

**Особо простой монтаж благодаря предварительно смонтированным комплектам**

Помимо модульной продукции, мы предлагаем Вам предварительно смонтированные комплекты, рассчитанные на наиболее распространенные требования к электромонтажу:

- комплект с двумя крепежными плитами
- комплект с уголками для настенного монтажа
- комплект для крепления на фальцы
- комплект для крепления на трубы

При расчете разделительного интервала у стеклопластиковых стержней необходимо учитывать фактор материала  $k_m = 0,7$



Рис. 2.32: Пример: молниеприемная система с комплектом Iso-Combi для треугольного крепления



Рис. 2.34: Пример: молниеприемная система с комплектом Iso-Combi для фальцевого крепления



Рис. 2.33: Пример: молниеприемная система с комплектом Iso-Combi для V-образного крепления



Рис. 2.35: Пример: молниеприемная система с комплектом Iso-Combi для V-образного трубного крепления

#### Треугольное крепление (Рис. 2.32)

Комплект Iso-Combi (тип 101 3-ES-16, арт. №: 5408 97 6) для треугольного крепления при установке изолированного молниеприемника в безопасном разделительном интервале (s).

#### V-образное крепление (Рис. 2.33)

Комплект Iso-Combi (тип 101 VS-16, арт. №: 5408 97 8) для настенного крепления при установке изолированного молниеприемника в безопасном разделительном интервале (s) до 750 мм. Для монтажа на стенах и кровельных надстройках с двумя крепежными плитами. Для крепления молниеприемных стержней и круглых проводников диаметром 8, 16 и 20 мм.

#### Фальцевое крепление (Рис. 2.34)

Комплект Iso-Combi (тип 101 FS-16, арт. №: 5408 98 0) для фальцевого крепления при установке изолированного молниеприемника в безопасном разделительном интервале (s). Для монтажа на фальцах несущих конструкций и кровельных надстроек, с толщиной фальца до 20 мм. Для крепления молниеприемных стержней и круглых проводников диаметром 8, 16 и 20 мм.

#### Комплект Iso-Combi для V-образного крепления труб (Рис. 2.35)

Комплект Iso-Combi (тип 101 RVS-16, арт. №: 5408 98 2) для V-образного крепления труб при установке изолированного молниеприемника в безопасном разделительном интервале (s). Для монтажа на трубах с двумя трубными скобами. Для крепления молниеприемных стержней и круглых проводников диаметром 8, 16 и 20 мм.

### 2.1.7.3 Принцип установки для зданий с плоской крышей (Рис. 2.36)

Метод молниеприемной сетки, как правило, применяется для зданий с плоскими крышами. Кровельные надстройки, такие как фотогальванические установки, кондиционеры, световые приборы или вентиляторы, защищены дополнительными молниеприемными стержнями.

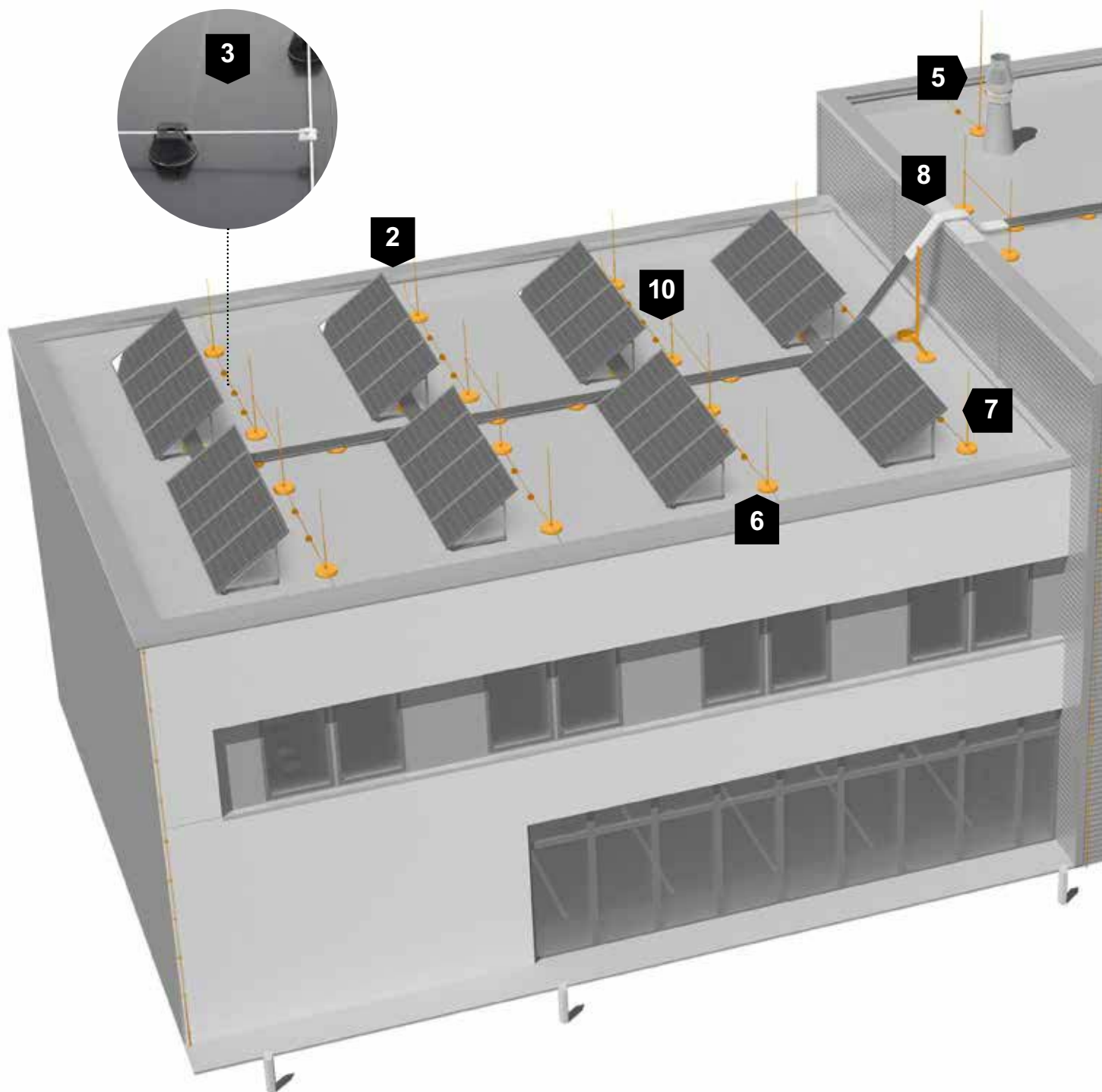
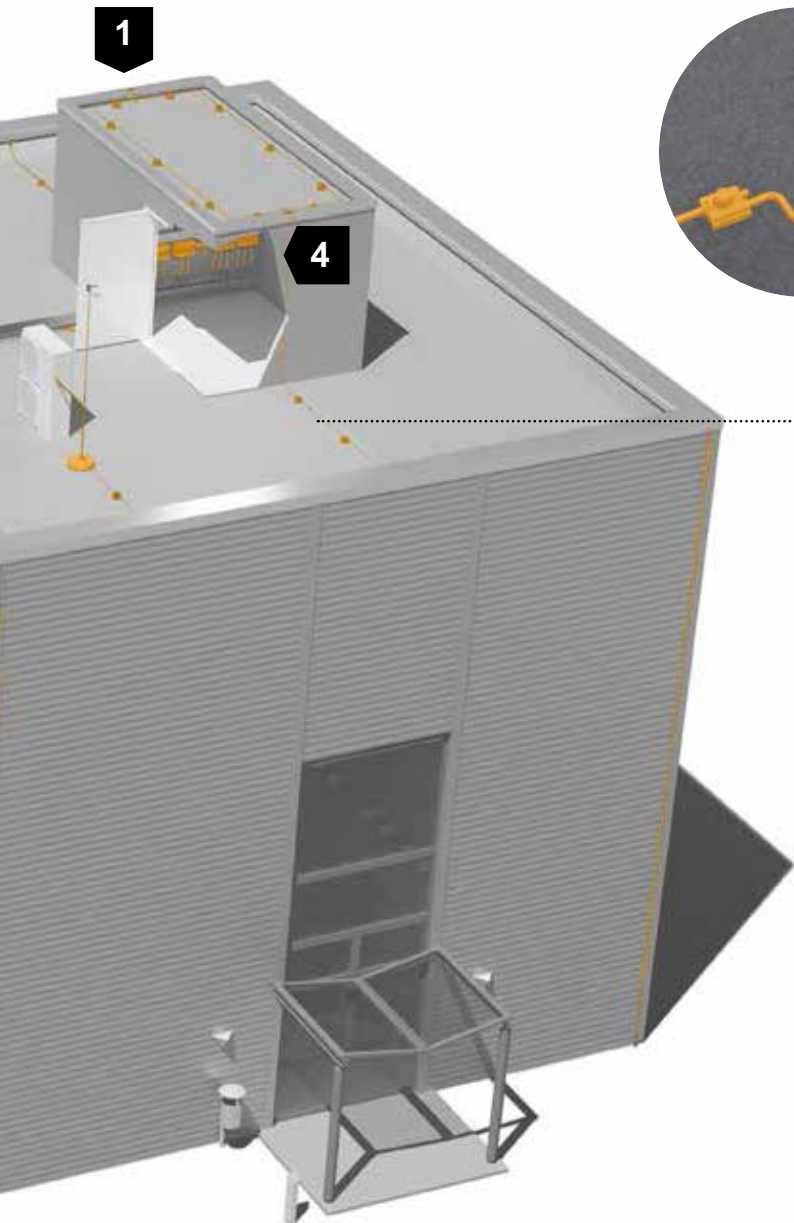


Рис. 2.36: Пример здания с плоской крышей и системой молниезащиты

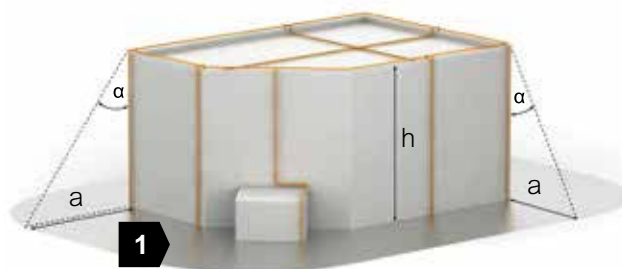


1	Блок зажимов
2	Перемыкающий элемент
3	Опора для кровельных проводов
4	Опора для проводов
5	Изолированная распорка
6	Опорная ножка молниеприемника
7	Молниеприемный стержень
8	Противопожарный обод на изолированном жестяном аттике
9	Компенсатор температурного удлинения
10	Быстроразъемный замок Vario

### Шаг 1: Прокладка молниеприемника

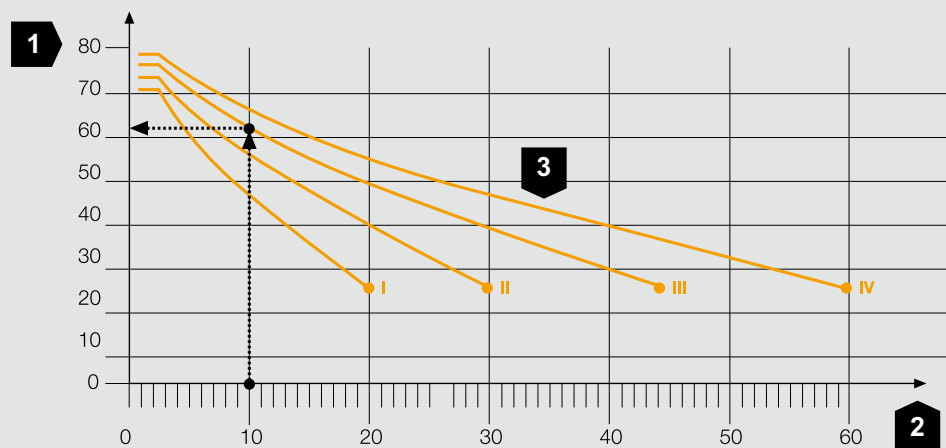
(Рис. 2.37)

Сначала прокладывается круглый проводник на всех наиболее подверженных ударам молнии местах, таких как коньки крыши, выступы и края. Защитная область вычисляется следующим образом: высота здания переносится на диаграмму, и считывается защитный угол. В нашем примере он составляет 62° при классе защиты III и высоте здания до 10 м. Защитный угол переносится на здание. Все части здания в пределах данного угла защищены.



1	Защищенная область
$\alpha$	Защитный угол
a	Расстояние защищенной области
h	Высота здания

Рис. 2.37: Прокладка молниеприемника



1	Молниезащитный угол $\alpha$
2	Высота конька крыши h, м
3	Классы молниезащиты I, II, III, IV

Рис. 2.38: Вспомогательная диаграмма для расчета защитного угла в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305)

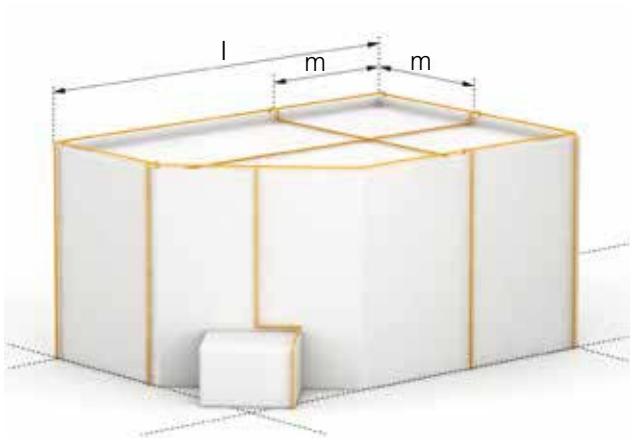
### Шаг 2: Определение защитного угла

Пример:

Высота здания (в нашем случае 10 м) вносится на горизонтальную ось диаграммы (Рис. 2.38) (см. точку на оси «2» в рядом стоящем графике). После этого проводится линия под прямым углом от значения нашей высоты вверх до ее пересечения с кривой соответ-

ствующего класса молниезащиты (в нашем случае III). На вертикальной оси «1» можно считать защитный угол  $\alpha$ . В нашем случае он составляет 62°. Все части здания в пределах данного угла защищены. (см. Рис. 2.37).





l	Длина здания
m	Ширина ячеек

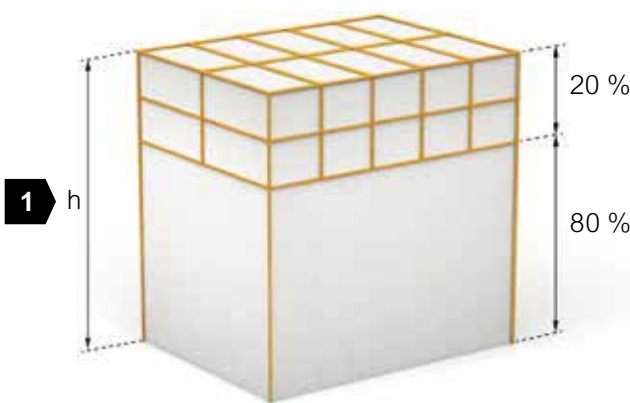
Рис. 2.39: Размер ячеек на плоской крыше

Класс молниезащиты	Размер ячеек
I	5 x 5 м
II	10 x 10 м
III	15 x 15 м
IV	20 x 20 м

Таблица 2.21: Размер ячеек по классу молниезащиты

**Шаг 3: Расположение ячеек молниеприемной сетки (Рис. 2.39)**

Ширина ячеек молниеприемной сетки может варьироваться в зависимости от класса молниезащиты здания. В нашем примере здание имеет класс молниезащиты III. Тем самым ширина ячеек *m* не должна превышать 15 x 15 м. Если общая длина *l*, как в нашем примере, больше указанных в **Таблице 2.3 на стр. 47** длин провода, то необходимо дополнительно использовать компенсатор температурного удлинения.



1	Высота здания $h > 60$ м
---	--------------------------

Рис. 2.40: Метод молниеприемной сетки

**Шаг 4: Защита от бокового удара (Рис. 2.40)**

В случае, если высота здания больше 60 м, и существует риск возникновения большого ущерба (напр., для электрического или электронного оборудования), рекомендуется создание кольцевой проводки против боковых ударов. Кольцо при этом должно быть установлено приблизительно на 80% высоты здания. Размер ячеек молниеприемной сетки определяется – как и при размещении на крыше – по классу молниезащиты; например, классу молниезащиты III соответствует размер ячеек 15 x 15 м.

*Круглые проводники ячейки монтируются при помощи опоры для кровельных проводов на расстоянии 1 м. При достаточной толщине и соединении материала жестяные аттики применяются в качестве молниеприемника и ячейки.*

#### 2.1.7.4 Принцип установки для зданий с двухскатной крышей / коньковой крышей

(Рис. 2.41)

Такие выступающие места, как конек крыши, дымоходы и имеющиеся кровельные надстройки, должны быть защищены молниеприемниками.



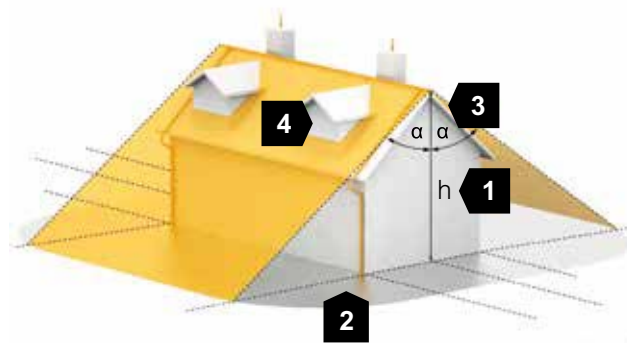
Рис. 2.41: Здание с двухскатной крышей и системой молниезащиты



1	Опора кровельного провода для коньковой черепицы
2	Быстроразъемный замок Vario
3	Опора кровельного провода
4	Круглый проводник
5	Молниеприемный стержень
6	Опора кровельного провода
7	Зажим водосточного желоба

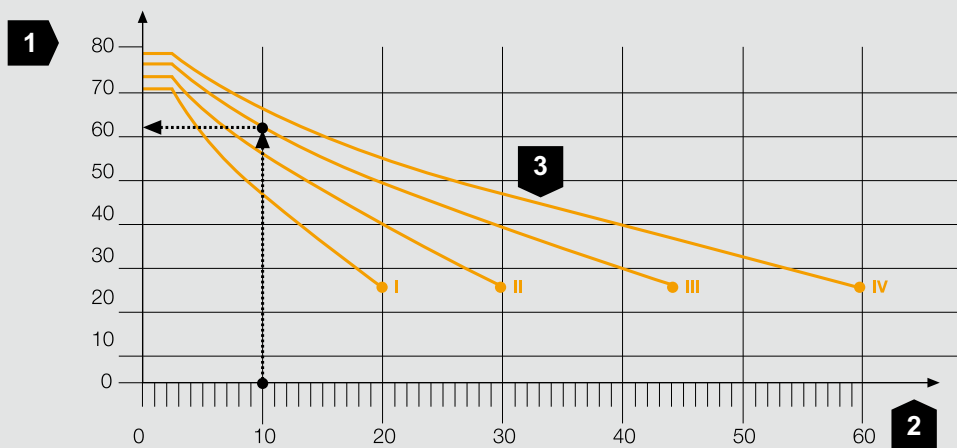
**Шаг 1: Определение высоты здания (Рис. 2.42)**

Сначала определяем высоту конька крыши. Эта высота является точкой отсчета при проектировании всей системы молниезащиты (молниеотвода). По коньку крыши проводится коньковый провод, образующий тем самым «костяк» молниеприемника. В нашем случае высота здания составляет 10 м. Все части здания, находящиеся за пределами защитного угла, находятся под угрозой прямых ударов молнии.



1	h: Высота здания
2	Защищенная зона
3	Защитный угол $\alpha$
4	Не защищенные коньковым проводом слуховые окна

Рис. 2.42: Метод защитного угла, применяемый на коньке крыши



1	Молниезащитный угол $\alpha$
2	Высота h конька крыши, м
3	Классы молниезащиты I, II, III, IV

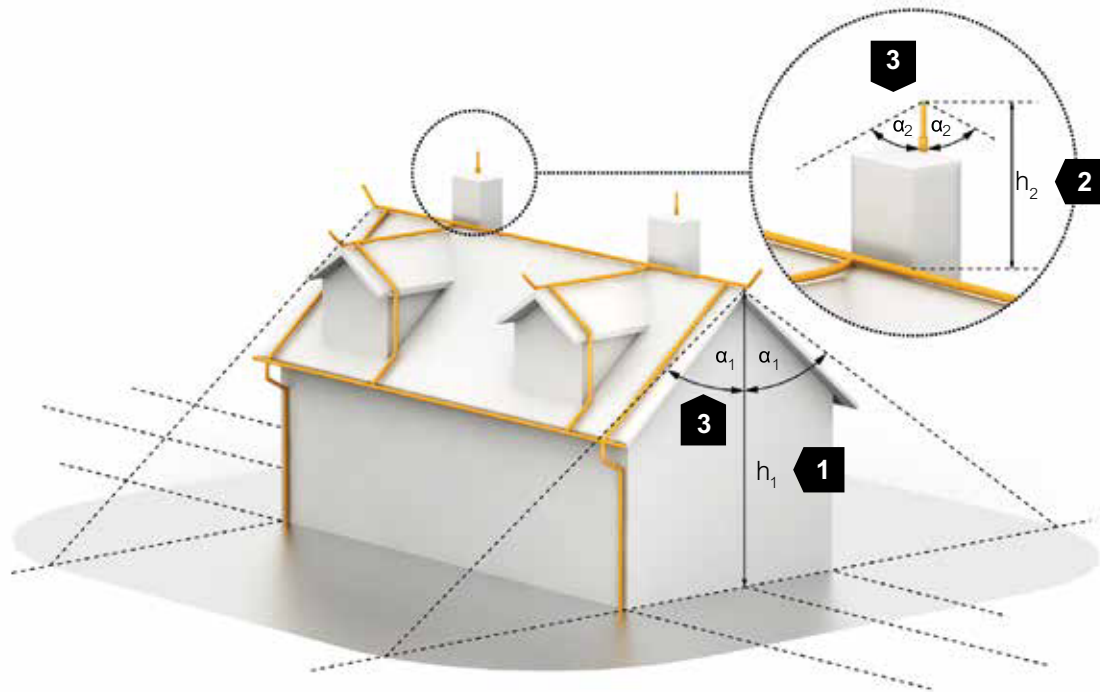
Рис. 2.43: Вспомогательная диаграмма для определения защитного угла

**Шаг 2: Определение защитного угла**

**Пример:**

Высота здания (в нашем случае 10 м) вносится на горизонтальную ось диаграммы (Рис. 2.43) (см. точку на оси «2» в вышеприведенном графике). После этого проводится линия под прямым углом от значения

высоты вверх до ее пересечения с кривой соответствующего класса молниезащиты (в нашем случае III). На вертикальной оси «1» считывается защитный угол б. В нашем случае он составляет 62°. Защитный угол следует перенести на здание. Все части здания в пределах данного угла защищены. (Рис. 2.42)

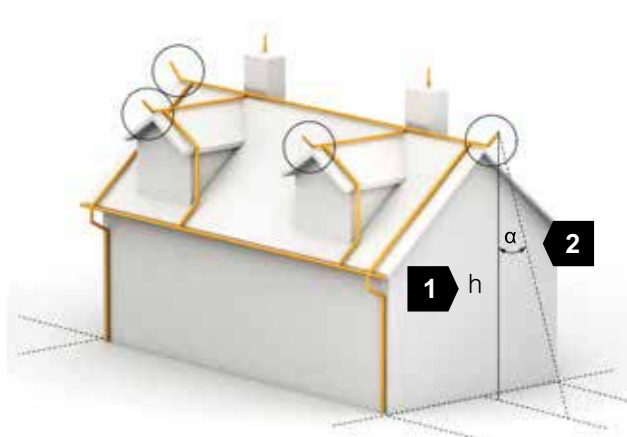


1	$h_1$ : Высота здания
2	$h_2$ : Высота молниеприемного стержня
3	Защитный угол $\alpha$

Рис. 2.44: Метод защитного угла, применяемый на молниеприемных стержнях

### Шаг 3: Части здания, расположенные вне пределов защитного угла (Рис. 2.41)

Части здания, расположенные вне пределов защитного угла, должны быть дополнительно защищены. Диаметр дымохода в нашем примере составляет 70 см, и таким образом для него требуется молниеприемный стержень длиной 1,50 м. В любом случае необходимо учитывать защитный угол. Слуховые окна на крыше обеспечиваются собственным коньковым проводом.



1	$h$ : Высота здания
2	Защитный угол $\alpha$

Рис. 2.45: Молниеприемники и токоотводы

### Шаг 4: Усовершенствование молниеприемника (Рис. 2.45)

Проведите молниеприемник вниз до токоотвода. Окончания конькового провода должны выступать над крышей и быть загнутыми вверх на 0,15 м. Это необходимо для защиты выступающего козырька здания.

Следующие кровельные надстройки должны быть защищены молниеприемниками от прямых ударов молнии:

- металлические материалы высотой более 0,3 м
- непроводящие материалы (например, ПВХ-трубы) высотой более 0,5 м



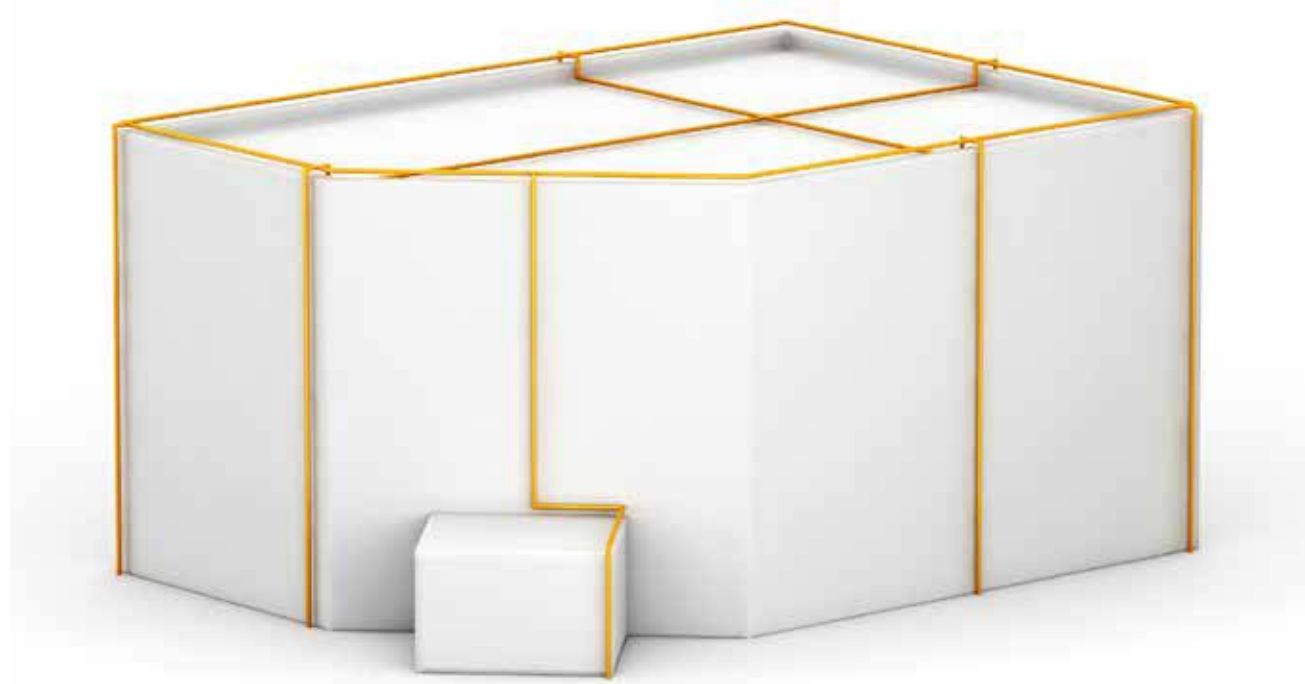


Рис. 2.46: Токоотвод в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3)

## 2.2 Токоотводы

Токоотводы являются частью системы внешней молниезащиты и предназначены для отведения тока молнии от молниеприемника к системе заземления. (Рис. 2.46) Для снижения вероятности возникновения повреждений, вызванных током молнии, протекающим по системе молниезащиты, токоотводы должны располагаться таким образом, чтобы от точки удара до земли:

- создавалось несколько параллельных цепей тока
- длина токоотводов оставалась минимальной
- устанавливалось уравнивание потенциалов между проводящими частями строительного сооружения.

Токоотвод отводит ток молнии от молниеприемника к системе заземления. Количество токоотводов определяется габаритами защищаемого здания – однако, в любом случае должно быть не менее двух токоотводов. При этом необходимо обращать внимание на то, чтобы пути для отвода тока были смонтированы короткими и без петель. В (Таблице 2.22) приведены показатели расстояния между токоотводами, упорядоченные по соответствующим классам молниезащиты.

### 2.2.1 Методы проектирования

Токоотводы соединяют молниеприемник с системой заземления через короткое, прямое соединение.

#### 2.2.1.1 Количество и расположение

Токоотводы должны преимущественно устанавливаться вблизи углов строительных сооружений. Чтобы обеспечить оптимальное распределение тока молнии, токоотводы должны быть равномерно распределены вокруг внешних стен строительного сооружения. (Рис. 2.47)

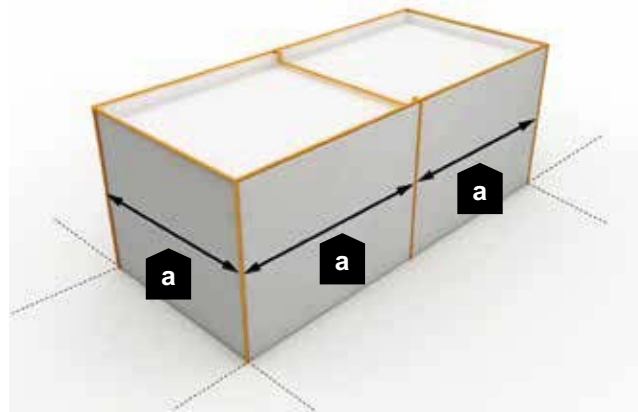


Рис. 2.47: Расстояние (а) между токоотводами

Класс молниезащиты	Расстояние между токоотводами
I	10 м
II	10 м
III	15 м
IV	20 м

Таблица 2.22: Упорядочивание классов защиты по расстояниям между токоотводами

На месте соединения каждого токоотвода с системой заземления должна быть предусмотрена точка измерений. Точки измерений должны быть обозначены (например, номерами) для четкой идентификации.



Рис. 2.48: Точка измерения на вводе в землю



Рис. 2.49: Здание со стеклянным фасадом

#### Токоотводы: особенности

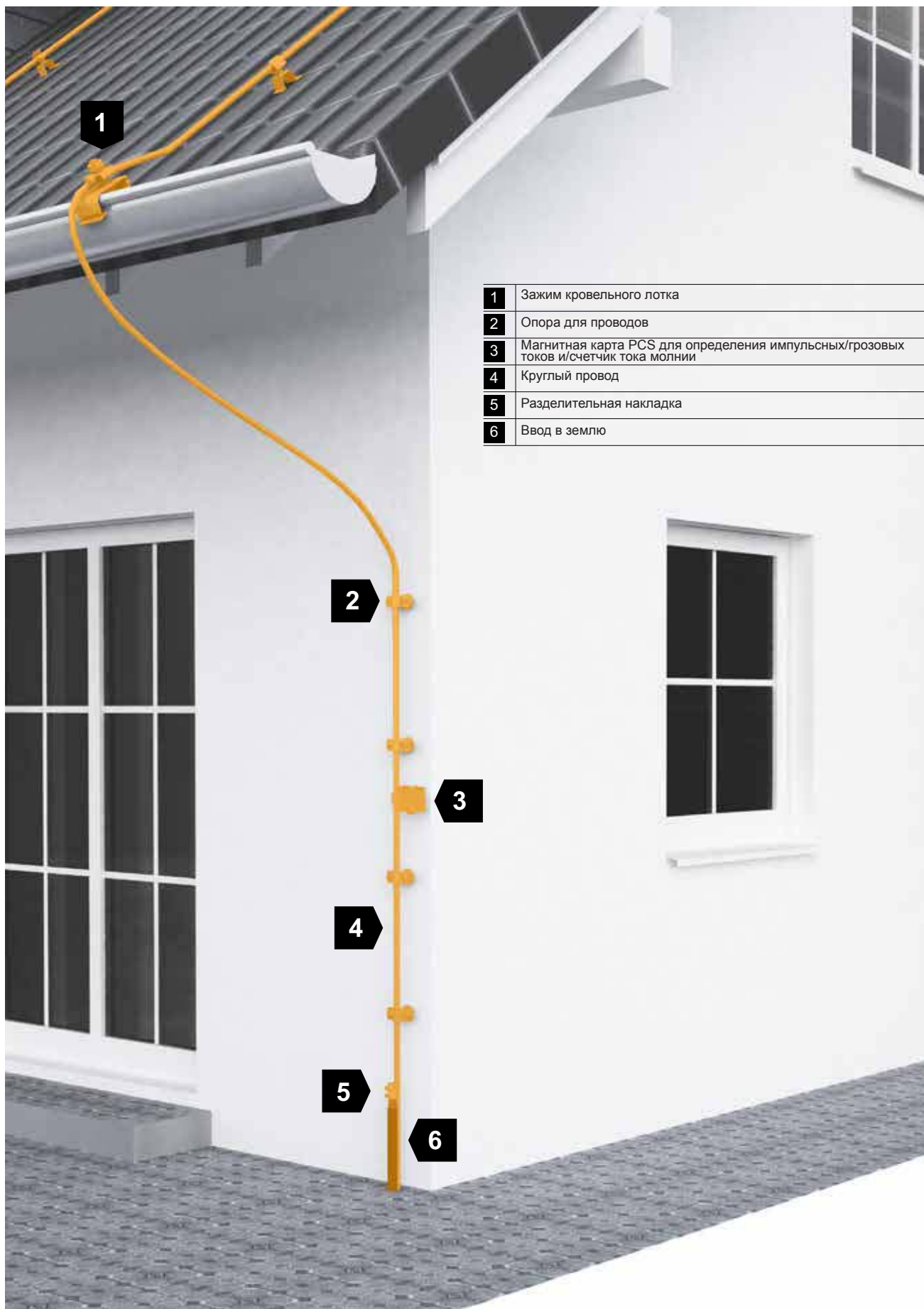
При невозможности расположения токоотводов на одной стороне или одной части стороны здания эти токоотводы должны располагаться на других сторонах. Расстояния между этими токоотводами должны составлять не менее  $1/3$  расстояний, приведенных в [Таблице 2.22](#).

#### Общая информация: неразделенные токоотводы / привязка внутренних опор

Крупные, но невысокие строительные сооружения (такие как типичные заводские корпуса, выставочные павильоны и т.д.), размеры которых в 4 раза больше расстояния токоотводов, должны оснащаться по возможности дополнительными внутренними токоотводами с расстоянием около 40 м. Все внутренние опоры и перегородки с проводящими частями, такими как стальные арматурные прутки, для которых не выполняются требования по разделительному интервалу, должны соединяться на соответствующих местах с молниеприемником и системой заземления.

Если в силу архитектурных причин токоотводы не могут быть проведены по поверхности, то они должны прокладываться, к примеру, в щелях каменной стены. При этом необходимо учитывать следующее:

- Штукатурка может быть повреждена в результате термического расширения.
- Штукатурка может изменить окраску в результате химических реакций.
- Совет: провода с оболочкой из ПВХ предотвращают появление подобных пятен.



1	Зажим кровельного лотка
2	Опора для проводов
3	Магнитная карта PCS для определения импульсных/грозовых токов и/счетчик тока молнии
4	Круглый провод
5	Разделительная накладка
6	Ввод в землю

Рис. 2.50: Принцип монтажа токоотвода



Рис. 2.51: Пример: Вертикальные элементы фасада

*При применении естественных токоотводов (например, железобетона, стальных опор) разделение молниеотвода и системы заземления невозможно, и точки измерения можно исключить.*

### 2.2.1.2 Использование естественных компонентов

**Металлические проводки могут служить в качестве естественных компонентов токоотвода, при условии, что:**

- имеется долговечная электропроводка
- их размеры соответствуют как минимум значениям нормированных токоотводов (**Таблица 2.5, стр. 51**)
- трубопроводы с возгораемым или взрывоопасным содержимым не допускаются, если уплотнения во фланцевом соединении не имеют токопроводящих соединений.

**Условие для элементов фасада и металлических конструкций:**

- Их размеры должны соответствовать требованиям, предъявляемым к проводникам, и толщина металлических листов /металлических труб должна составлять минимальное значение.
- Их электропроводка в вертикальном направлении должна соответствовать требованиям.
- Элементы фасада могут использоваться в качестве токоотвода, если они имеют сплошное электрическое соединение.
- Естественные компоненты токоотводов должны быть выполнены в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62365-3).

**Металлические и электрически соединенные железобетон/арматура могут использоваться в качестве естественных компонентов токоотвода, если:**

- в железобетонном изделии предусмотрено место соединения
- железобетонные изделия соединяются между собой на стройплощадке во время монтажа
- для предварительно напряженного бетона учтен риск недопустимых механических воздействий в результате тока молнии.



Рис. 2.52: Пример: использование горизонтально соединенных элементов фасада в качестве токоотвода

*Металлические проводки могут иметь изолированную оболочку, например, лаковое покрытие.*





Рис. 2.53: Пример: Использование арматурных бетонных опор / молниеотвода

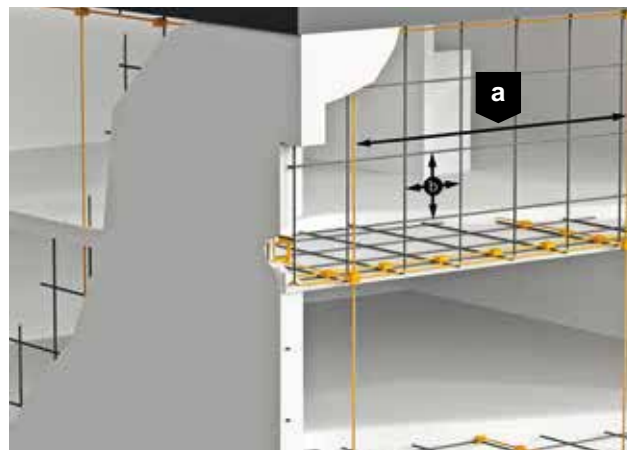
Для строительных сооружений с арматурными бетонными опорами или стенами (Рис. 2.53) токоотводы должны прокладываться в арматуре. Их прокладывание должно выполняться по частям (отрезками). Это требует точной координации. Места соединения должны быть аккуратно выполнены при помощи зажимных соединителей. Токоотводы должны дополнительно соединяться с арматурой.

Железобетонные элементы отлично подходят для использования в качестве токоотвода, если такое использование своевременно предусмотрено при проектировании. Для изготовления железобетонных элементов требуются точные указания. Конструктивное исполнение должно быть проверено и задокументировано посредством фотографий. В качестве точек присоединения для токоотводов и уравнивания потенциалов следует использовать фиксированные точки заземления.

#### Сплошная арматура строительных сооружений

Если потребуется, чтобы арматура или железобетон строительного сооружения служили в качестве естественного токоотвода, то они должны соединяться с молниеприемником при помощи соединительных компонентов молниезащиты в соответствии с DIN EN 62561-1 (IEC 62561-1). Также должно быть выполнено соединение с системой заземления и как минимум с главной шиной заземления, способное вынести нагрузку по току молнии. Если естественный токоотвод должен быть также оптимизирован в качестве защиты от электромагнитных импульсов молнии LEMP (lightning electromagnetic impulse), то внутри установки должны быть реализованы соответствующие сетки. При этом рекомендуется размер ячеек  $a = 5$  м и  $b = 1$  м.

(Рис. 2.54)



a	Размер ячеек, токоотвод = 5 м
b	Размер ячеек, арматура = 1 м

Рис. 2.54: Пример: Использование арматурных бетонных опор / молниеотвода

Для установок из железобетонных и предварительно напряженных бетонных изделий должна быть реализована электрическая проводка с проверкой проводки между верхней частью и землей.

#### Измерение

Электрическое общее сопротивление должно измеряться подходящим для данной цели контрольно-измерительным прибором (источник питания постоянно-го тока, измерительный ток 10 А).

Следует проводить два вида измерений:

- Точка присоединения арматуры к следующей точке присоединения: значение сопротивления должно быть менее 10 мОм
- Точка присоединения арматуры напротив главной шины заземления: сопротивление не должно превышать максимальное значение 10 мОм на 1 метр высоты здания.

Испытания лучше всего проводить до и после наполнения бетоном. Если указанные значения не достигаются, то арматурная сталь не может использоваться в качестве токоотвода. В этом случае рекомендуется сооружение внешнего токоотвода. В строительных сооружениях из железобетонных изделий должна быть обеспечена электропроводка арматурной стали отдельных железобетонных изделий с соседними железобетонными изделиями.



Рис. 2.55: Компоненты системы isCon®

### 2.2.1.3 Изолированные токоприемники с высоким пробивным напряжением

Разделительный интервал у современных зданий в силу архитектурных причин зачастую не может быть соблюден. В таких случаях, а также для промышленных сооружений оптимальное решение в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305) предлагает изолированный провод isCon-Leitung с высоким пробивным напряжением, который также обеспечивает эквивалентный разделительный интервал 0,75 м в воздухе, а также 1,5 м в твердых строительных материалах.

#### Обзор преимуществ изделия:

- заменяет 0,75 м разделительного интервала в воздухе
- универсальный: простой монтаж на стройплощадке
- соответствие стандартам: поперечное сечение 35 мм<sup>2</sup>, медь
- проверенный независимыми испытательными лабораториями
- огнеупорный
- стойкий к атмосферным воздействиям
- до 150 кА тока молнии на каждый токоотвод
- экологичный: не содержит галогенов
- испытано: применим во взрывоопасных зонах

*Изолированные токоотводы являются лучшим решением, когда по конструктивным или архитектурным причинам разделительные интервалы не могут быть соблюдены.*

**100% гибкость для концепции молниеотвода**

Провод isCon® - это токоотвод без скользящего разряда и с высоким пробивным напряжением, который позволяет соблюдать разделительный интервал согласно VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) и может заменить собой разделительный интервал 0,75 м в воздухе и 1,5 м при твердых материалах. Его свойства подтверждены независимыми испытательными лабораториями.

**Устройство провода isCon**

Провод isCon® производства ОВО состоит из пяти частей. Медный сердечник имеет поперечное сечение 35 мм<sup>2</sup> (IEC 62305 предусматривает минимальное значение 25 мм<sup>2</sup>). Провод покрыт внутренним токопроводящим слоем и изоляцией из сшитого полиэтилена с высоким пробивным напряжением, которая в свою очередь покрыта внешним токопроводящим слоем и дополнительным слабопроводящим материалом. Ток молнии протекает через медный сердечник. Для работы медный сердечник должен быть соединен со слабопроводящим материалом посредством самостоятельно устанавливаемого соединительного элемента. Только проверенный соединительный элемент может быть соединен с молниеприемником или отводящим токоотводом внешней молниезащиты. Провод должен находиться в зоне защиты молниеприемника и закрепляться при помощи зарекомендовавшего себя монтажного материала на расстоянии не более 1 м. Если прокладка проводов осуществляется в здании, то необходимо учитывать установленные меры защиты, например, противопожарные перегородки.



Рис. 2.56: Пример: защита газовой разводки посредством провода isCon®

## 2.2.2 Конструктивные исполнения

### 2.2.2.1 Неразделенная система молниезащиты

При невозможности соблюдения необходимого разделительного интервала между молниеотводом и металлическими системами здания или установки следует принять дальнейшие меры. Для предотвращения опасного искрообразования и – как следствие – угрозы пожара должны быть приняты следующие меры:

- увеличение интервала безопасности
- увеличение количества токоотводов (новый расчет интервала безопасности!)
- установка соединения между системами, способного выдержать нагрузку по току молнии

### 2.2.2.2 Разделенная система молниезащиты

Разделенные системы молниезащиты позволяют реализовывать соответствующую стандартам молниезащиту согласно IEC 62305. Требуемый стандартом разделительный интервал до электронных систем может быть соблюден посредством различных видов конструктивного исполнения изолированной молниезащиты. (Рис. 2.56 - 2.59) Благодаря отдельным компонентам или системам в зависимости от требований могут быть разработаны самые различные решения.



Рис. 2.57: Разделенная молниезащита с изолированными траверсами

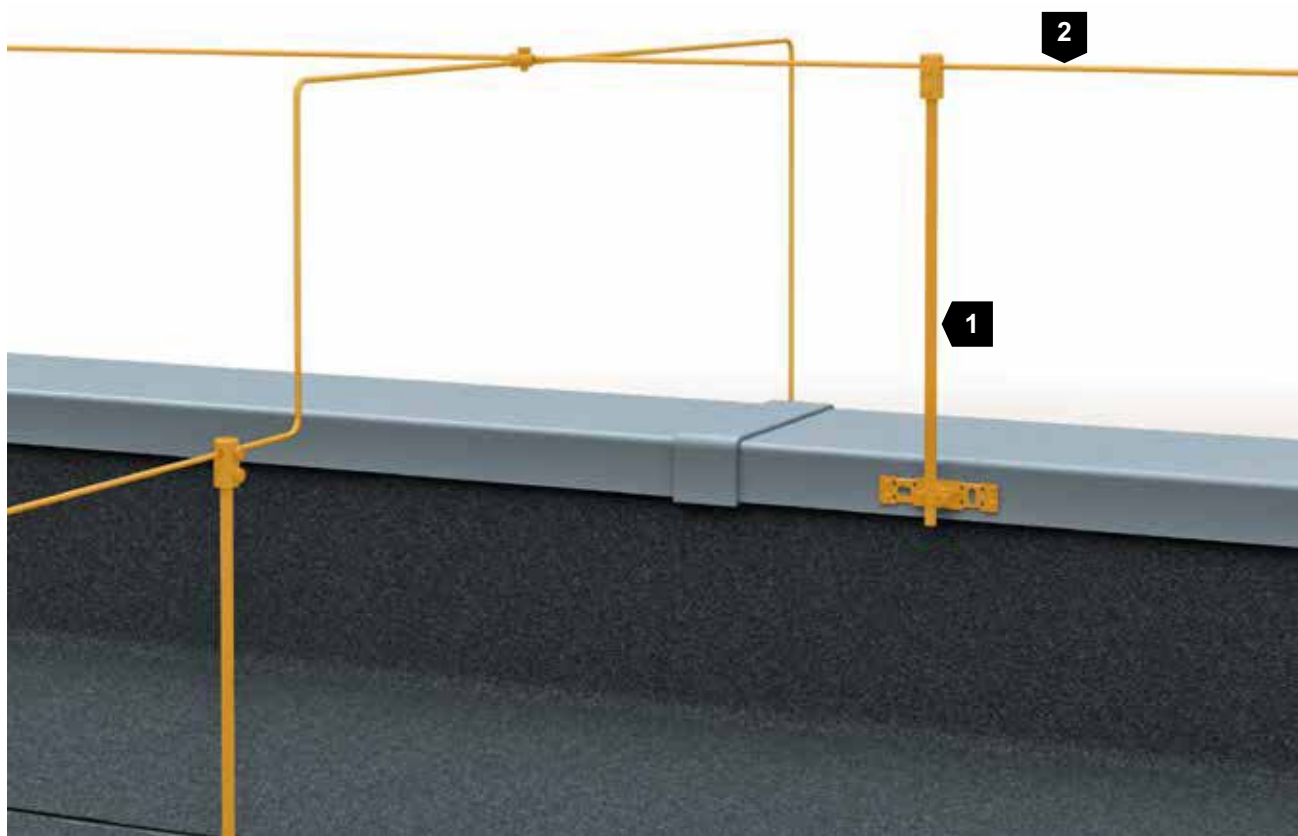


Рис. 2.58: Разделенная молниезащита с проводом isCon®

*В установках с повышенной опасностью взрыва и пожара необходимо избегать искр.*



Рис. 2.59: Разделенная молниезащита с молниеприемными стержнями



1	Изолированный стеклопластиковый держатель
2	Круглый провод

Рис. 2.60: Изолированная молниезащита со стеклопластиковыми стержнями

### Изолированная молниезащита на молниеприемном стержне

Изолированная молниезащита состоит из стеклопластиковых стержней диаметром 16 или 20 мм:

- для обоих вариантов в распоряжение предоставлен широкий спектр комплектующих системы
- два варианта толщины материала
- можно приобрести в качестве комплекта для различных применений

стеклопластиковые стержни 16 мм	стеклопластиковые стержни 20 мм
длина 0,75 - 1,5 и 3 м	длина 3 и 6 м
Устойчивы к УФ-излучению	Устойчивы к УФ-излучению
Светло-серый	Светло-серый
Коэффициент материала $\kappa_m$ : 0,7	Коэффициент материала $\kappa_m$ : 0,7
Момент сопротивления: > 400 мм <sup>3</sup>	Момент сопротивления: > 750 мм <sup>3</sup>
Несущая способность: 54 Н (1,5 м)	Несущая способность: 105 Н (1,5 м)

Таблица 2.23: Свойства изолированных стеклопластиковых стержней



### 2.2.2.3 Токоотвод isCon с высоким пробивным напряжением

#### Задачи изолированного токоотвода с высоким пробивным напряжением

Изолированные токоотводы применяются в системах внешней молниезащиты для уменьшения или избежания разделительного интервала в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3). isCon® обеспечивает эквивалентный разделительный интервал 0,75 м в воздухе и 1,5 м в твердых строительных материалах.

#### Требования:

- Способное выдержать нагрузку по току молнии соединение токоотвода с молниеприемником, системой заземления или традиционными, отводящими по направлению к земле неизолрованными токоотводами
- Соблюдение необходимого разделительного интервала (s) в заданных изготовителем пределах за счет достаточной электрической пробивной прочности токоотвода как в области точки подачи питающего напряжения, так и на всей дальнейшей траектории
- Достаточная предельно допустимая нагрузка по току благодаря поперечному сечению проводника токоотвода, соответствующему стандартам (isCon производства OBO = 35 мм<sup>2</sup>, по норме не менее 25 мм<sup>2</sup>)

#### Нормативные требования

В настоящий момент действуют только общие требования для

- VDE 0185-561 (IEC 62561) Компоненты молниезащиты - Часть 1: Требования к компонентам соединения, например, предельно допустимая нагрузка по току молнии точек соединения
- VDE 0185-305 (IEC 62305) Молниезащита - Часть 3: Защита строительных сооружений и людей, например молниеприемник, миним. поперечные сечения, уравнивание потенциалов
- на международном уровне в настоящее время ведется разработка проекта стандарта: IEC 62561: Компоненты системы молниезащиты (LPSC) - Часть 8: Требования к компонентам изолированной системы молниезащиты
- Специальные требования и испытания изолированных токоотводов в настоящее время не описываются ни в одном стандарте.



Рис. 2.61: Разделенная молниезащита с молниеприемными стержнями

#### Система isCon: Области применения – Примеры использования

Изолированные токоотводы – это электромонтажные решения для внешней молниезащиты, используемые прежде всего там, где разделительный интервал не может быть соблюден или по эстетическим соображениям не применяется. (Рис. 2.61)

Области применения:

- антенны мобильной радиосвязи
- центры обработки данных
- расширения систем молниезащиты
- архитектурные решения
- места, где разделительный интервал не может быть соблюден

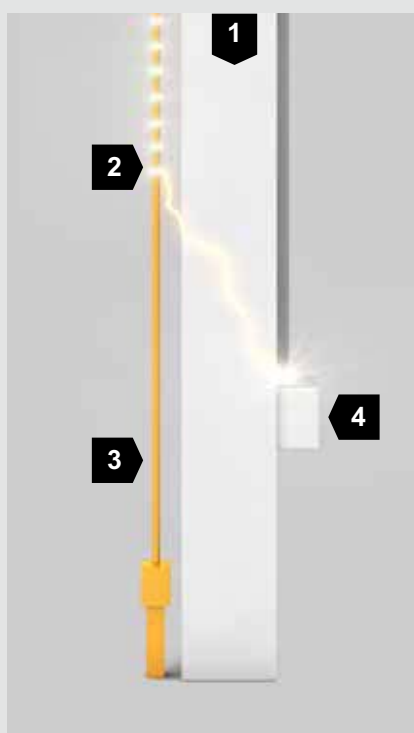
Геометрия	Миним. поперечное сечение <sup>a</sup>	Примечания
Ленточный	50 мм <sup>2</sup>	Миним. толщина 2,0 мм
Круглый <sup>a</sup>	50 мм <sup>2</sup>	Диаметр 8 мм
Тросовый	50 мм <sup>2</sup>	Миним. диаметр каждого провода 1,7 мм
Круглый	200 мм <sup>2</sup>	Диаметр 16 мм

Таблица 2.23: Минимальные поперечные сечения токоотводов а 50 мм<sup>2</sup> (8 мм диаметр) в определенных применениях может быть сокращен до 25 мм<sup>2</sup>, если механическая прочность не является существенным требованием. В этом случае должно быть сокращено расстояние между опорами для проводов.

### Назначение изолированного токоотвода

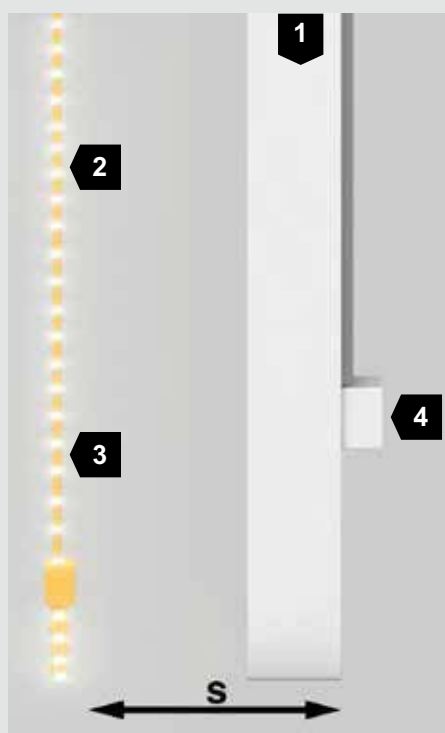
В случае прямого удара молнии при неразделенной системе молниезащиты возникают пробои на заземленных металлических конструкциях или электропроводке.

Рассчитанный разделительный интервал обеспечивает при разделенной системе протекание тока молнии до системы заземления. Если это не реализуемо, то при помощи изолированного токоотвода с высоким пробивным напряжением (Рис. 2.64) может быть соблюден эквивалентный разделительный интервал.



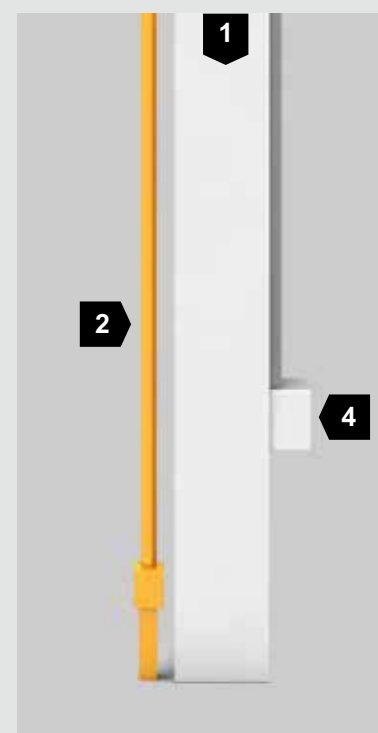
1	Каменная кладка
2	Ток молнии
3	Токоотвод 8 мм
4	Электропроводка

Рис. 2.62: Ток молнии вводится в электропроводку.



1	Каменная кладка
2	Ток молнии
3	Токоотвод 8 мм
4	Электропроводка
s	Разделительный интервал

Рис. 2.63: Прямой ввод отсутствует



1	Каменная кладка
2	isCon®
3	Электропроводка

Рис. 2.64: Прямой ввод отсутствует



*isCon® = Insulated  
Conductor,  
изолированный  
токоотвод*

1	Слабopроводящий ЭВА (Этиленвинилацетат), устойчив к УФ-лучам
2	Проводящий ПЭ-С (сшитый полиэтилен)
3	Изоляция ПЭ-С (сшитый полиэтилен)
4	Медный проводник 35 мм <sup>2</sup>

Рис. 2.65: Устройство изолированного токоотвода OBO isCon® с высоким пробивным напряжением

### Система isCon производства OBO

Изолированные токоотводы применяются в системах внешней молниезащиты для уменьшения или избежания разделительного интервала в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3). isCon® обеспечивает эквивалентный разделительный интервал 0,75 м в воздухе.

- В отличие от обычных экранированных средневольтных кабелей с металлическим экраном изолированные токоотводы имеют слабopроводящую оболочку для управления посредством изменения магнитного потока, которая обуславливает отключение высокого напряжения в области точки подачи питающего напряжения. Тем самым предотвращается пробой кабельной оболочки изолированного токоотвода.
- После первого подключения потенциала кабельной оболочки изолированный токоотвод обеспечивает заданный эквивалентный разделительный интервал.

### Устройство изолированных токоотводов OBO isCon с высоким пробивным напряжением

(Рис. 2.65)

Провод isCon® является коаксиальным одножильным кабелем. Он состоит из нескольких слоев проводящих, слабopроводящих и изолирующих материалов, а также внутреннего проводника с соответствующей предельно допустимой нагрузкой по току. За счет данной конструкции обеспечивается как достаточная устойчивость к пробоям изоляции при импульсах напряжения молнии, так и целенаправленное манипулирование напряженностью магнитного поля на обоих концах кабеля. Благодаря этому предотвращаются возникающие обычно скользящие разряды.

Скользящие разряды возникают всегда на границах раздела твердого и газообразного изолированного материала. Вследствие неоднородных электрических полей возникают превышения локальной напряженности поля, которые при достижении напряжения в начальный момент скользящего разряда вызывают разряд вдоль поверхности кабеля.

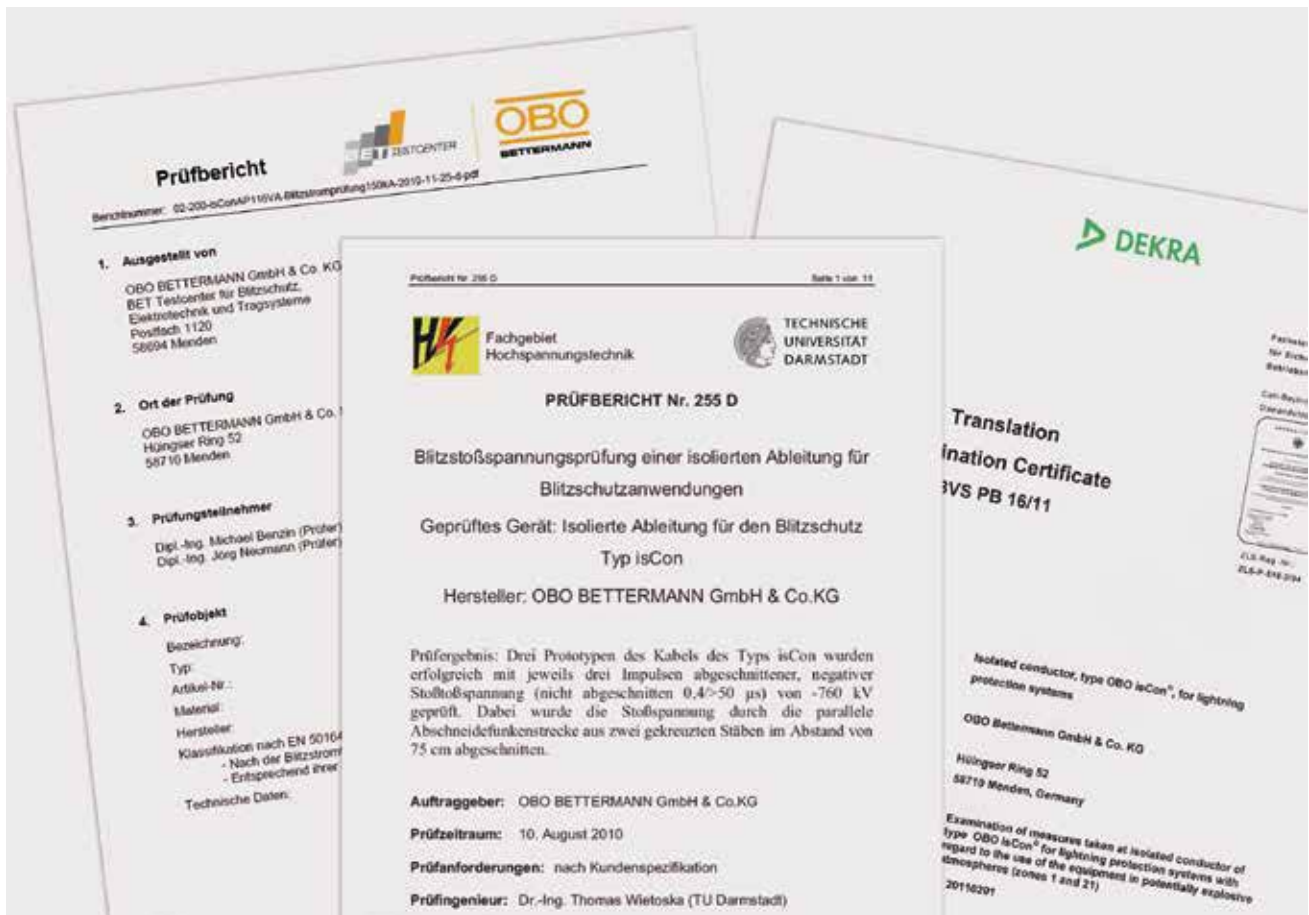


Рис. 2.66: Протоколы испытаний провода isCon®

### Разделительный интервал

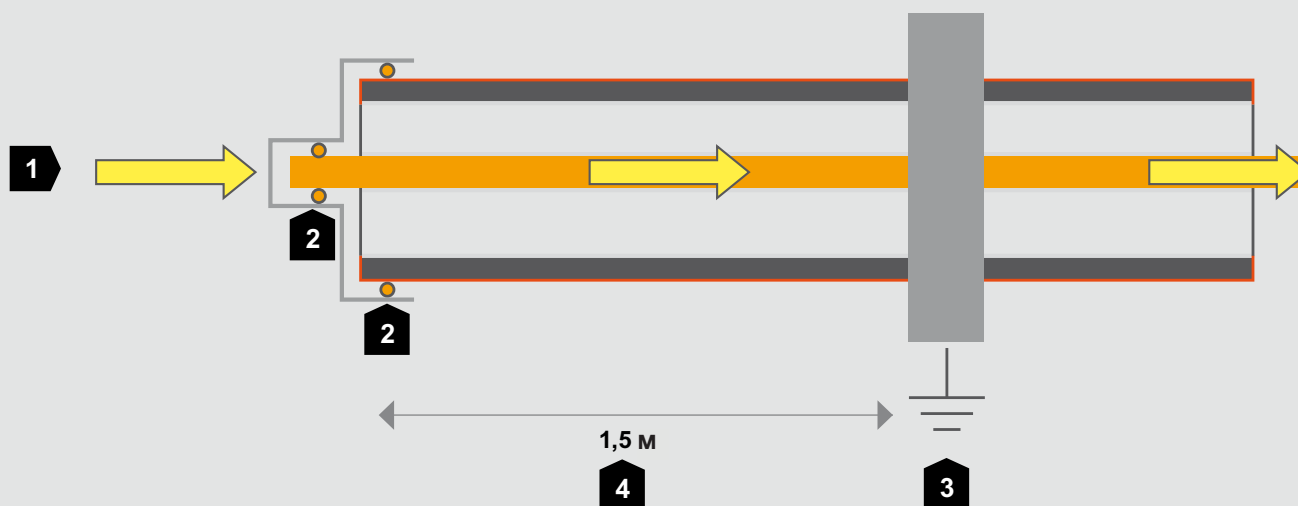
Расчет разделительного интервала выполняется в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3), Раздел 6.3, в точке присоединения провода isCon®. Необходимо измерить длину (l) от точки присоединения провода isCon® до следующего уровня системы уравнивания потенциалов молниезащиты (например, система заземления). Необходимо проверить, является ли значение рассчитанного разделительного интервала (s) меньше заданного эквивалентного разделительного интервала провода isCon®. При превышении заданного эквивалентного разделительного интервала необходима прокладка дополнительных токоотводов.

### Указание

Значения в таблице действуют для всех заземлителей типа В, а также для тех заземлителей типа А, у которых сопротивление заземления соседних электродов заземлителей отличается не более, чем на коэффициент, равный 2. При отклонении сопротивления заземления отдельных электродов более, чем на коэффициент, равный 2, необходимо принять  $k_c = 1$ . Источник: Таблица 12 VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3).

Класс молниезащиты	Количество токоотводов	Длина при $s = 0,75 \text{ м}$
I	1	-
I	2	14,20
I	3 и более	21,30
II	1	12,50
II	2	18,94
II	3 и более	28,40
III + IV	1	18,75
III + IV	2	28,40
III + IV	3 и более	42,61

Таблица 2.25: Расчет макс. длины провода при использовании провода isCon. Единица измерения – метр.



1	Ток молнии, несколько кА
2	Присоединение медного проводника и оболочки
3	Электрическое соединение со зданием, проводящей структурой и локальной СУП
4	Минимальный интервал (сокращенные значения возможны по расчету)

Рис. 2.67: Функция провода isCon®

#### isCon®: Правила для проектирования и проводки: параллельные токоотводы

При проводке нескольких параллельно идущих изолированных токоотводов достигается разделение тока. В результате уменьшенного коэффициента разделения тока  $k_c$  соответственно сокращается рассчитанный разделительный интервал (s).

Для удерживания магнитных полей на максимально низком уровне и предотвращения воздействия проводов друг на друга рекомендуется интервал между проводами не менее 20 см. В идеальном случае необходимо провести второй провод на противоположной стороне здания к грунту.



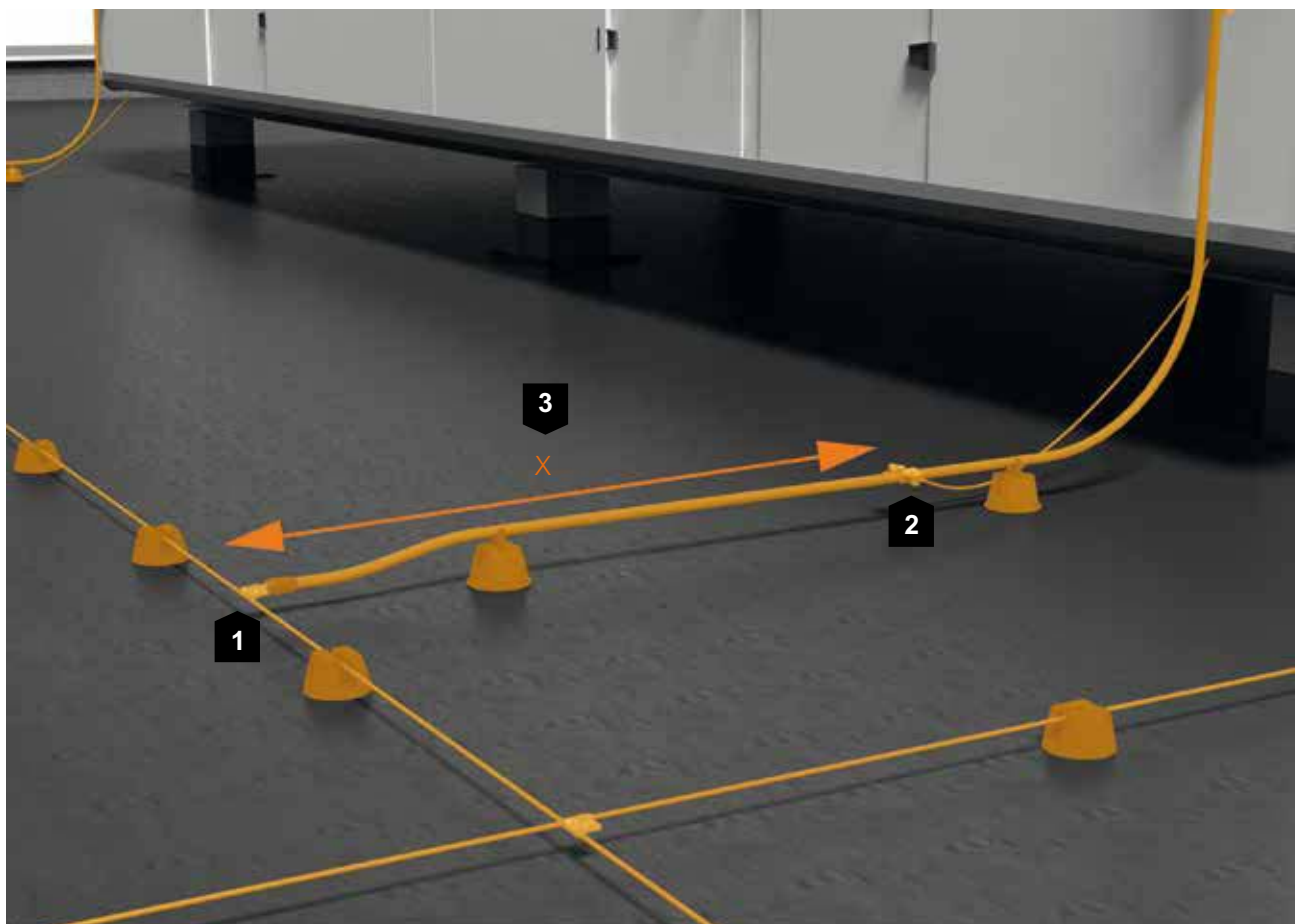
Если провода проложены непосредственно рядом друг с другом, индуктивность общего расположения не уменьшается на коэффициент  $n$ , и коэффициент разделения тока соответственно не снижается.

**isCon®: Параллельные токоотводы**

Точный расчет разделительного интервала обосновывает возможность применения провода isCon®, см. [Таблицу 2.25 стр. 89](#).

*Изолированный провод isCon® с высоким пробивным напряжением реализует эквивалентный разделительный интервал  $u$ , таким образом, выполняет нормативные требования.*





1	Элемент присоединения
2	Подключение потенциала при помощи, например, медного провода > 6 мм <sup>2</sup>
3	x: Минимальный интервал (меньшие значения возможны по расчету)

Рис. 2.68: Присоединение провода isCon® к ячейке

### isCon®: Подключение потенциала

- Элемент управления потенциалом присоединяется к опорному потенциалу посредством медного провода > 6 мм<sup>2</sup> или провода, эквивалентного по проводимости. (Рис.2.68)
- Через опорный потенциал не должен протекать ток молнии, и он должен располагаться в пределах защитного угла молниеотвода.
- Подключение потенциала может осуществляться через локальную СУП, металлические и заземленные кровельные надстройки, заземленные части структуры здания или через защитный проводник низковольтной системы.
- Уравнивание потенциалов (присоединение > 6 мм<sup>2</sup>) может быть отменено при разделительном интервале < 0,15м
- На обоих участках присоединения на всей протяженности каждого участка должен быть соблюден соответствующий рассчитанный разделительный интервал (s) до металлических частей.

В области между элементом присоединения и подключением потенциала в районе разделительного интервала не должны располагаться токопроводящие или заземленные части. Сюда относятся, например, металлические части конструкций и опоры для проводов, а также арматура. Если рассчитанный разделительный интервал (s) составляет менее 75 см в воздухе, то расстояние между скобой УП и элементов присоединения таким образом может быть уменьшено.

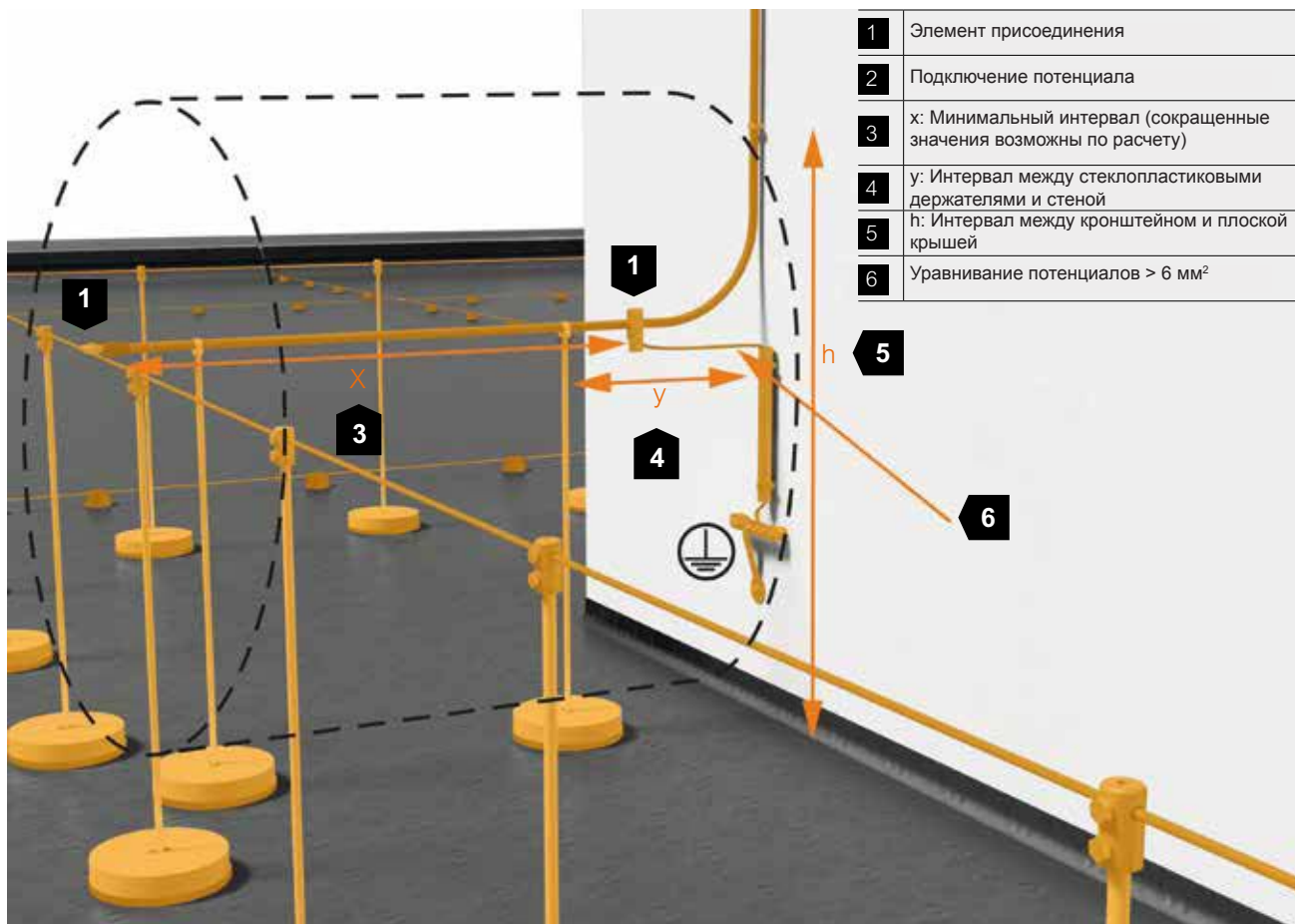


Рис. 2.69: Пример: Провод isCon® на разделенной кольцевой цепи

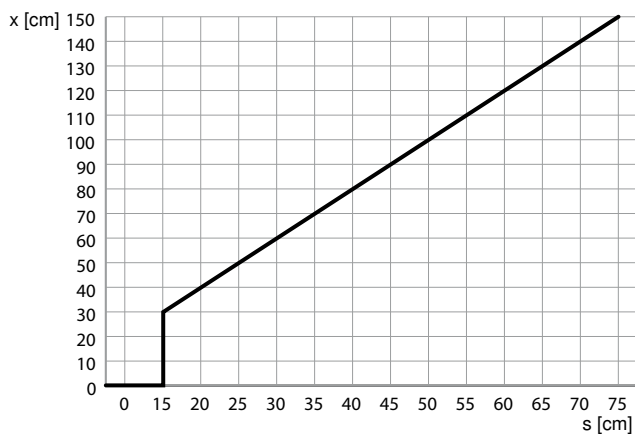


Таблица 2.26: минимально требуемый интервал между элементом присоединения и зажимом подключения интервала при  $s = 0,75$  м в воздухе

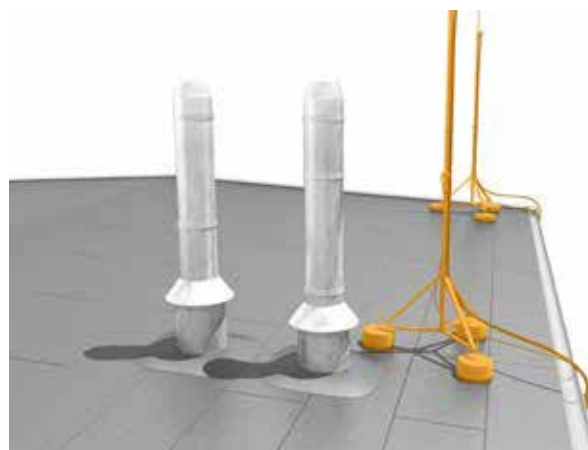


Рис. 2.70: Молниеприемные мачты isFang с расположенным снаружи проводом isCon®

В комплексных проводках зачастую требуемый разделительный интервал не может быть реализован посредством традиционных токоотводов, т.к. строительные условия не позволяют соблюдать требуемые интервалы между молниеприемниками и электропроводами. Чтобы соблюдение разделительного интервала все же стало возможным, применяются изолированные системы молниезащиты, такие как провод OBO isCon®.

#### **Проверено: разделительный интервал 0,75 м и ток молнии до 150 кА**

После первого подключения потенциала за элементом соединения провод isCon® заменяет эквивалентный разделительный интервал 0,75 м в воздухе в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3). Таким образом, становится возможной проводка непосредственно на металлических и электрических надстройках. Прямое пробоя между токоотводом и защищаемым объектом не происходит.

#### **100% гибкость на стройплощадке**

Провод OBO isCon® гибок в применении. isCon® поставляется в одноразовых кабельных барабанах. Таким образом пользователь может на месте с точностью до сантиметра отмерить нужную длину и отрезать провод по потребности. Это означает гибкость в работе, соответствующую фактическим условиям на стройплощадке, вместо заказа предварительно изготовленных кабелей. Для реализации профессионального проектирования и прокладывания провода isCon® требуются специальные знания. Они содержатся в актуальном руководстве по электромонтажу, но также их можно углубить на специальных семинарах-тренингах, которые организует OBO.

#### **Отсутствие галогенов**

Применение безгалогенных кабелей предотвращает возникновение корродирующих и ядовитых газов. Газы могут нанести значительный ущерб людям и имуществу. Расходы, возникающие вследствие коррозионной активности газов, образующихся при горении, зачастую выше расходов, возникающих в результате прямых повреждений от пожара. Провод OBO isCon® состоит из материала, не содержащего галогенов.

#### **Характеристика горения**

За считанные минуты огонь может охватить кабель, не являющийся огнеупорным. Огнеупорными называются те кабели, которые предотвращают распространение огня и затухают самостоятельно после того, как возгорание потушено. Огнестойкость провода OBO isCon®-подтверждена в соответствии с DIN EN 60332-1-2.

#### **Устойчивость к атмосферным воздействиям**

Внешняя оболочка провода OBO isCon® состоит из очень стойкого к старению материала (ЭВА = этиленвинилацетат). Устойчивость к атмосферным воздействиям подтверждена следующими испытаниями:

- Озоностойкость согласно DIN EN 60811-2-1, Раздел 8
- Стойкость к действию солнечного света, тест согласно UL 1581, Раздел 1200
- Морозостойкость/ударопрочность согласно DIN EN 60811-1-4, Раздел 8.5

#### **Пример использования: крыши с мягким покрытием**

Крыши с мягким покрытием (Рис. 2.71), таким как солома, тростник или камыш, требуют повышенной защиты от ударов молнии и связанной с ними угрозы пожара.

Для соблюдения эстетических требований застройщиков рекомендуется разделенная система молниезащиты с использованием провода isCon®. Молниеприемник выполняется посредством молниеприемных мачт, которые позволяют прокладывать провода внутри (тип isFang IN). Серый вариант провода isCon® гарантирует максимальную защиту и применяется в области мягкой крыши. Таким образом, провод может прокладываться под крышей с мягким покрытием.



Рис. 2.71: Крыша с мягким покрытием с проводом isCon®

### Пример использования: Система мобильной радиосвязи

Такие установки, как системы мобильной радиосвязи, должны быть интегрированы в концепцию молниезащиты, особенно это касается дооснащения. (Рис. 2.72)

Вследствие пространственных ограничений, а также влияния излучаемых сигналов установка молниеотвода возможна при помощи провода isCon®. Простая интеграция в имеющуюся систему молниезащиты, а также отдельная молниезащита могут быть реализованы легко и в соответствии с действующими стандартами.

### Эстетические аспекты

Для хорошо просматриваемых зон, а также везде, где важен эстетический аспект, рекомендуется прокладка провода isCon® в молниеприемной мачте. (Рис. 2.73) Уравнивание потенциалов после первых 1,5 метров происходит в мачтах. Заземляется вся трубчатая державка, тем самым обеспечивается комплексное уравнивание потенциалов. Это простое и визуально безупречное электромонтажное решение.



Рис. 2.72: Мачта мобильной радиосвязи с проводом isCon®



Рис. 2.73: Камера видеонаблюдения с проводом isCon®



**Принцип монтажа isCop во взрывоопасных зонах**  
В зонах Ex (взрывоопасных зонах) 1 и 21 привязка провода ОВО isCop® к уравниванию потенциалов осуществляется после первого подключения потенциала в равномерных промежутках (0,5 м) при помощи металлических опор для проводов (например, isCop H VA или PAE). В случае удара молнии не допускается протекание тока молнии через систему уравнивания потенциалов. Поэтому она должна располагаться в защитном углу молниеотвода.

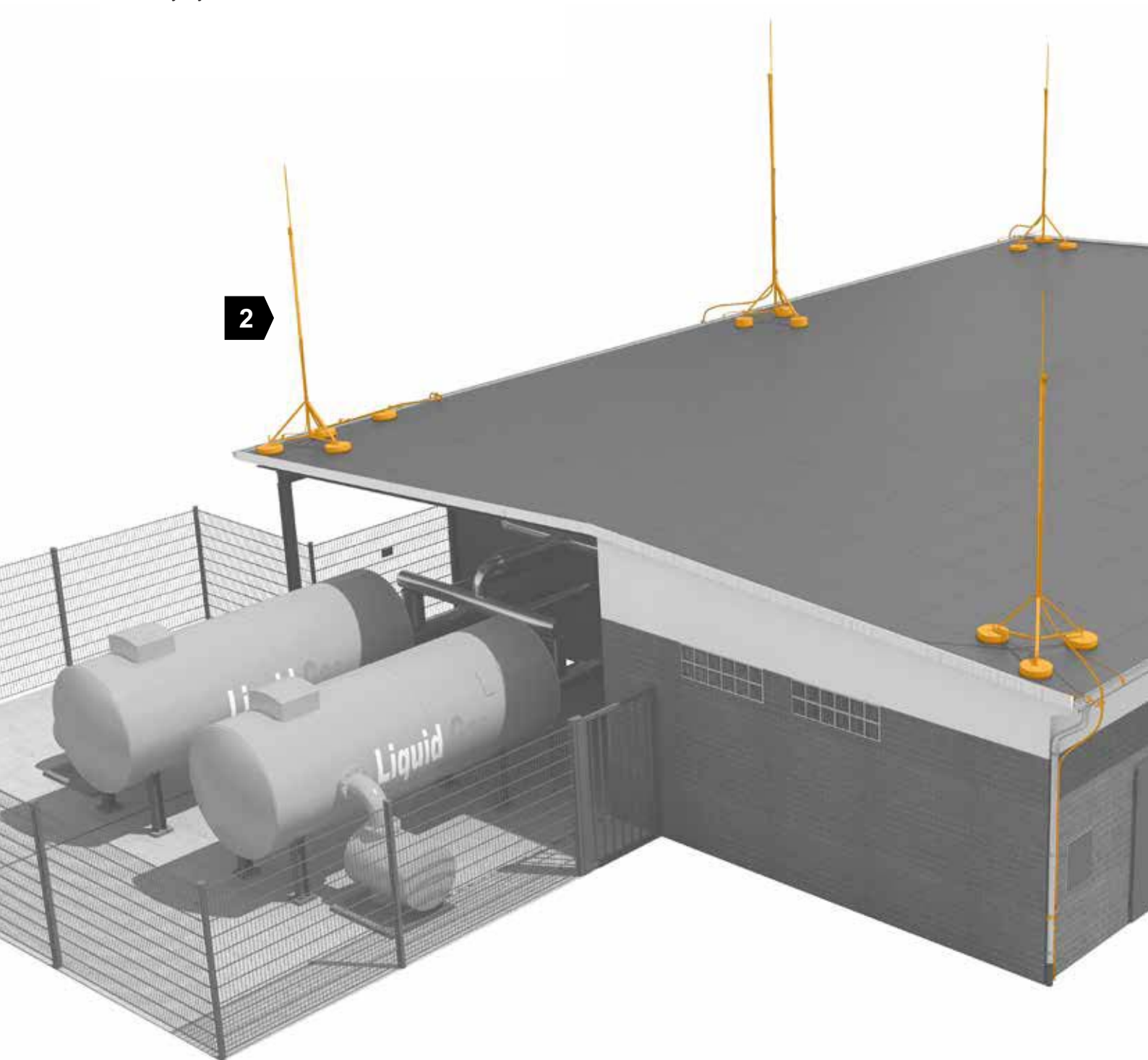
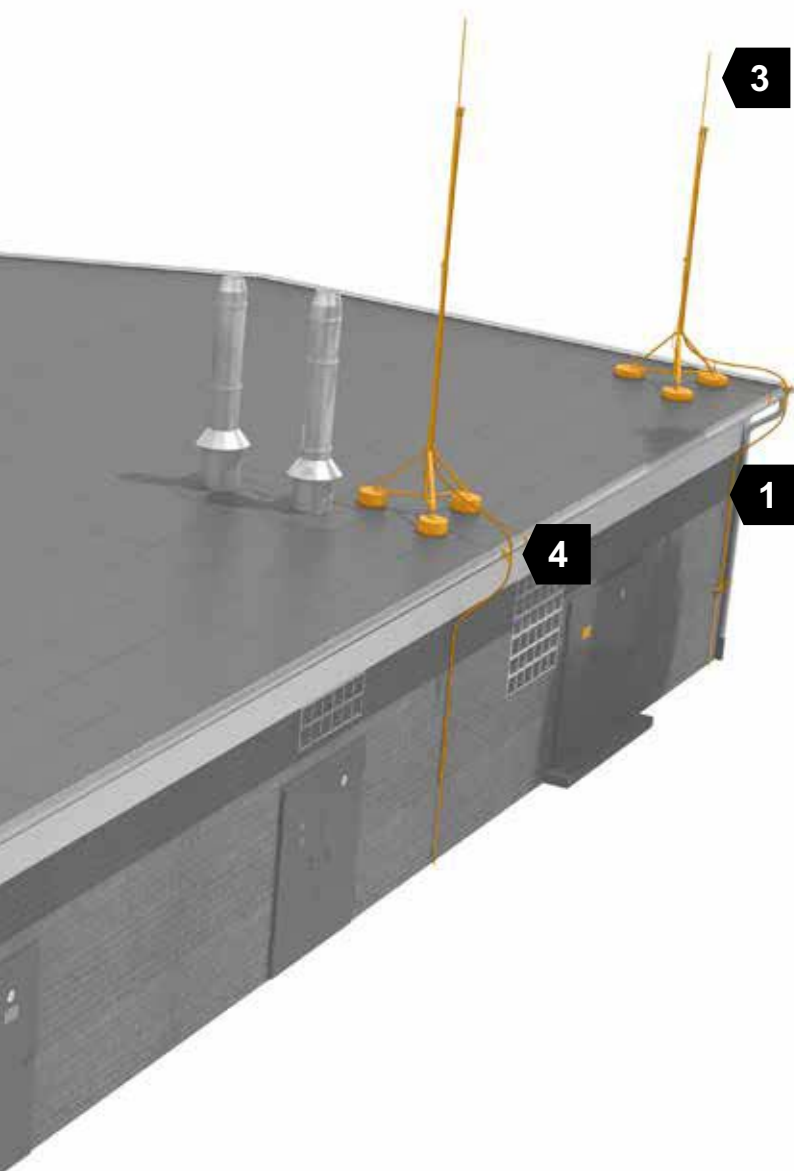


Рис. 2.74: Принцип монтажа isCop® во взрывоопасных зонах



1	Провод isCon®
2	Молниеприемная мачта isFang 4 м с расположенным снаружи проводом isCon®
3	Молниеприемная мачта isFang 6 м с расположенным снаружи проводом isCon®
4	Уравнивание потенциалов



Рис. 2.75: Прокладка фундаментного заземлителя

### 2.3 Системы заземления

Согласно стандартам для каждой установки необходима система заземления.

#### Что понимается под «системой заземления»?

Требуемые определения можно найти в стандартах DIN VDE 0100-200 (IEC 60050-826), Сооружение низковольтных установок: Термины.

- «Совокупность электрических соединений и устройств, необходимых для заземления сети, установки или электрооборудования». А также:
- «Токопроводящий элемент, вставленный в землю или другую определенную токопроводящую среду, находящуюся в электрическом контакте с землей».

#### Задачи системы заземления:

- отвод тока молнии в землю
- уравнивание потенциалов между токоотводами
- управление потенциалами вблизи проводящих стен строительного сооружения

#### Последствия непрофессионального выполнения системы заземления:

- опасные перенапряжения на уравнивании потенциалов
- неравномерная траектория потенциалов в системе заземления
- разрушение фундамента из-за слишком малой площади отвода тока молнии!
- разрушение фундамента вследствие непрофессионально выполненных соединений (без зажимных соединений)
- Гальванический ввод большого запаса энергии молнии



## Расположение заземлителей согласно VDE 0185-305-3

**Тип А**

- Горизонтальный заземлитель
- Вертикальный заземлитель (глубинный или стержневой заземлитель)

**Тип В**

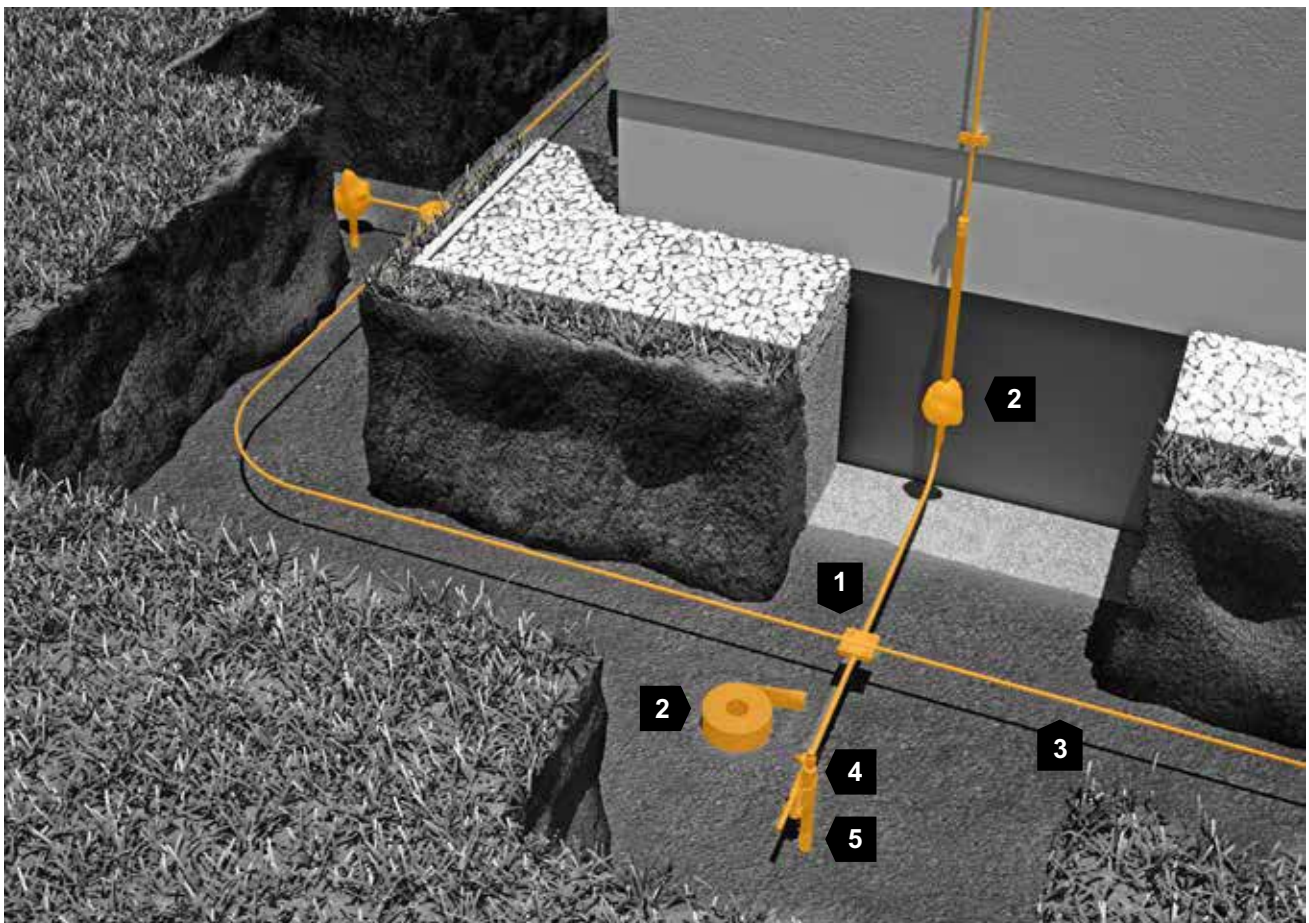
- Кольцевой заземлитель (поверхностный заземлитель)
- Фундаментный заземлитель

Рис. 2.76: Системы внешней и внутренней молниезащиты

**2.3.1 Методы проектирования**

Стандарт VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) требует непрерывного уравнивания потенциалов молниезащиты. Таким образом, все отдельные системы заземления должны быть связаны между собой для создания глобальной системы заземления.

Стандарт различает системы заземления типа А и типа В. К типу А относятся вертикальные и горизонтальные заземлители (глубинный заземлитель, стержневой заземлитель). Тип В включает все поверхностные заземлители (кольцевой заземлитель, фундаментный заземлитель).



1	Крестовидный соединитель
2	Антикоррозионный бандаж
3	Круглый провод
4	Соединительная скоба
5	Стержневой заземлитель (Обращать внимание на антикоррозионную защиту соединителей)

Рис. 2.77: Тип А – Глубинный заземлитель с уравниванием кольцевых потенциалов

### 2.3.1.1 Тип А – Глубинный заземлитель: устройство и принцип действия

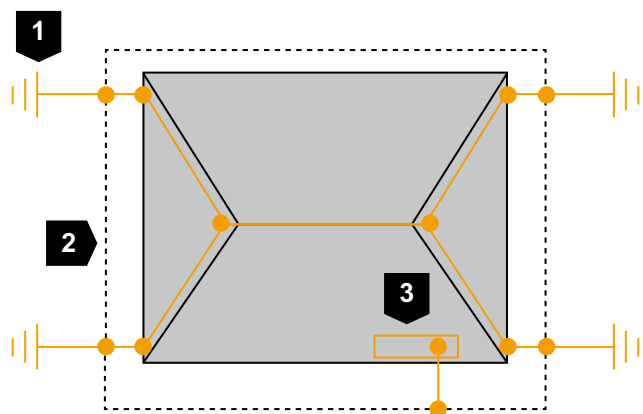
В качестве отдельного заземлителя рекомендуется использовать один глубинный заземлитель длиной 9,0 м для каждого токоотвода, прокладываемый на расстоянии 1,0 м от фундамента строительного сооружения. За минимальный размер (согласно DIN VDE 0185-305-3 (IEC 623053)) заземлителя типа А для классов молниезащиты III и IV принята длина 2,5 м при вертикальной укладке и 5 м при горизонтальной. В зависимости от типа грунта глубинные заземлители могут прокладываться в землю вручную или при помощи электро-, бензо-, пневмомолотов.

Все глубинные заземлители должны быть соединены с кольцевым заземлителем внутри или снаружи здания и оснащены вводом к шине уравнивания потенциалов.

### Информация по системе заземления типа А

- Глубинные заземлители прокладываются, как правило, вертикально на большие глубины. Они устанавливаются в природный грунт, который можно увидеть только лишь под фундаментами.
- В плотно застроенных областях зачастую невозможно определить специфическое сопротивление грунта. В данном случае для расчета минимальной длины заземлителя достаточно принять специфическое сопротивление грунта, равное 1.000 Ом/м.
- В системах заземления типа А минимальное количество заземлителей равно двум.
- Расположение заземлителей типа А: соединение снаружи и внутри строительного сооружения.
- Токоотводы соединяются между собой вблизи поверхности земли. (Рис. 2.74)

Требуемые длины заземлителей могут быть разделены на несколько параллельно включенных длин.

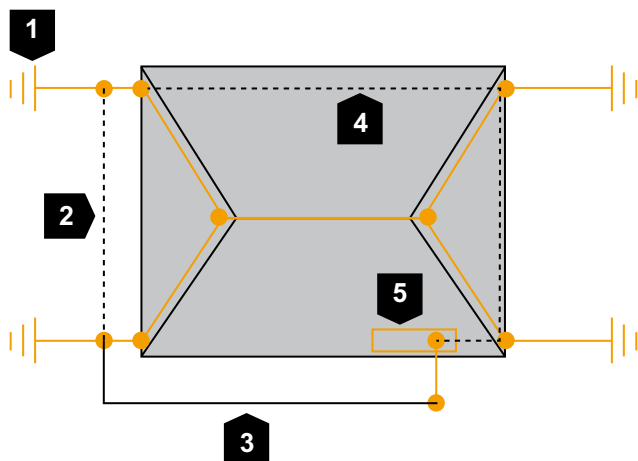


1	Глубинный заземлитель тип А
2	Соединение в земле
3	Главная шина заземления (ГШЗ)

Рис. 2.78: Система заземления типа А: соединение снаружи строительного сооружения

Лучевые или глубинные заземлители типа А не выполняют требование по уравниванию потенциалов и управлению потенциалами. Система заземления типа А целесообразна для низких строительных сооружений (например, частных домов), имеющих строительные сооружения, систем молниезащиты с использованием молниеприемных стержней или натянутых проводов, а также для разделенной системы молниезащиты. Данный вид расположения включает горизонтальные и вертикальные заземлители, которые соединяются с каждым токоотводом.





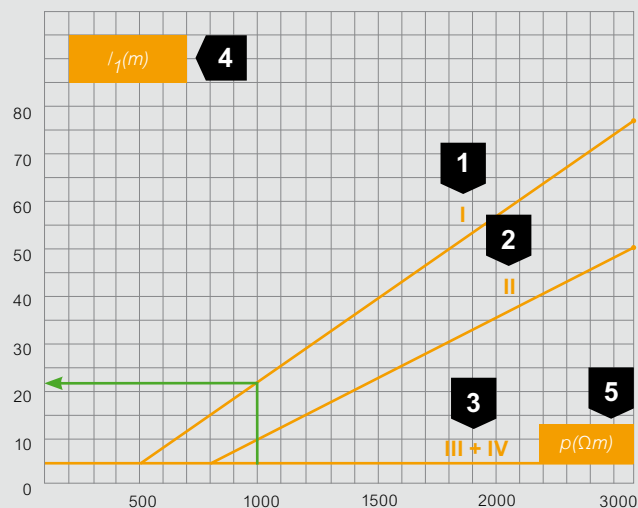
1	Глубинный заземлитель тип А
2	Соединение в земле
3	Соединение на штукатурке
4	Соединение в здании
5	Главная шина заземления (ГШЗ)

Рис. 2.79: Система заземления типа А: соединение снаружи и внутри строительного сооружения

При невозможности соединения глубинного заземлителя в земле возможно его соединение внутри здания или на нем. (Рис. 2.79)

Соединительные провода должны прокладываться как можно короче и не выше 1 м над уровнем земли. Если соединение уравнивания потенциалов молниезащиты осуществляется только с одним отдельным заземлителем, то возможно возникновение высоких разностей потенциалов по отношению к другим заземлителям. В результате этого могут возникнуть недопустимые искровые пробои или опасные для жизни разницы напряжений.

Минимальная длина каждого заземлителя – в соответствии с классом молниезащиты – не должна учитываться в том случае, если сопротивление заземления отдельного проводника < 10 Ом (рекомендация). Минимальная длина каждого заземлителя составляет  $l_1$  для горизонтальных проводников и  $0,5 \times l_1$  для вертикальных проводников.



1	Класс молниезащиты I
2	Класс молниезащиты II
3	Класс молниезащиты III + IV
4	Минимальная длина $l_1$ (м)
5	Специфическое сопротивление земли $\rho$ (Ом)

Рис. 2.80: Минимальные длины проводников

#### Пример

- Класс молниезащиты 1
- Песок, галька, верхние слои (сухие) 1000 Ом

#### Результат (Рис. 2.76)

- Класс молниезащиты 1: 22 м
- Глубинный заземлитель: 11 м

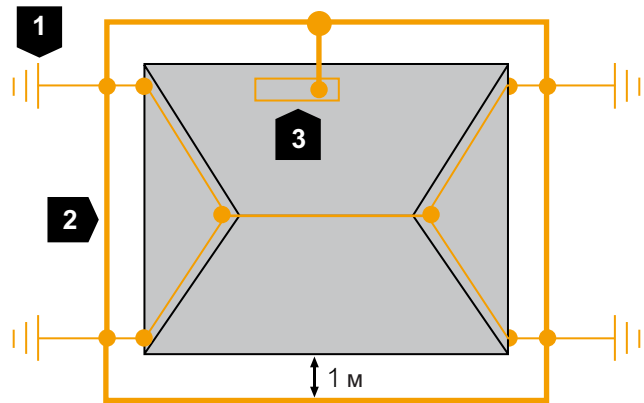
### Материалы

В качестве материалов помимо прочего могут использоваться:

- Стержни из нержавеющей стали диам. 20 мм
- Стержни из оцинкованной стали диам. 20 мм
- Стержни из стали в медной оболочке диам. 20 мм
- Трубы из нержавеющей стали, диам. 25 мм
- Плоские провода из оцинкованной стали 30 x 3,5 мм
- Плоские провода из нержавеющей стали 30 x 3,5 мм
- Трубы из оцинкованной стали, диам. 25 мм

### Защита от коррозии

В зонах с риском возникновения коррозии следует использовать только нержавеющую сталь с долей молибдена > 2%, например, 1.4404 oder 1.4571. Разъемные соединения в грунте должны быть защищены от коррозии (при помощи пластичных антикоррозионных лент).



1	Глубинный заземлитель (опционально)
2	Соединение в грунте
3	Главная шина заземления (ГШЗ)

Рис. 2.81: Принцип монтажа кольцевого заземлителя

### 2.3.1.2 Тип В – Кольцевой заземлитель

Кольцевой заземлитель типа В прокладывается вокруг защищаемого здания. (Рис. 2.81)

#### Принцип действия

Минимум 80% общей длины кольцевого заземлителя (заземлитель поверхности) снаружи строительного сооружения должны соприкасаться с грунтом. При этом он должен быть проложен в виде замкнутого кольца на расстоянии 1,0 м и на глубине 0,5 м (или 0,8 м в соответствии с DIN 18014) вокруг внешнего фундамента строительного сооружения. (см. Рис. 2.82). По расположению кольцевой заземлитель относится к заземлителям типа В.

#### Материалы

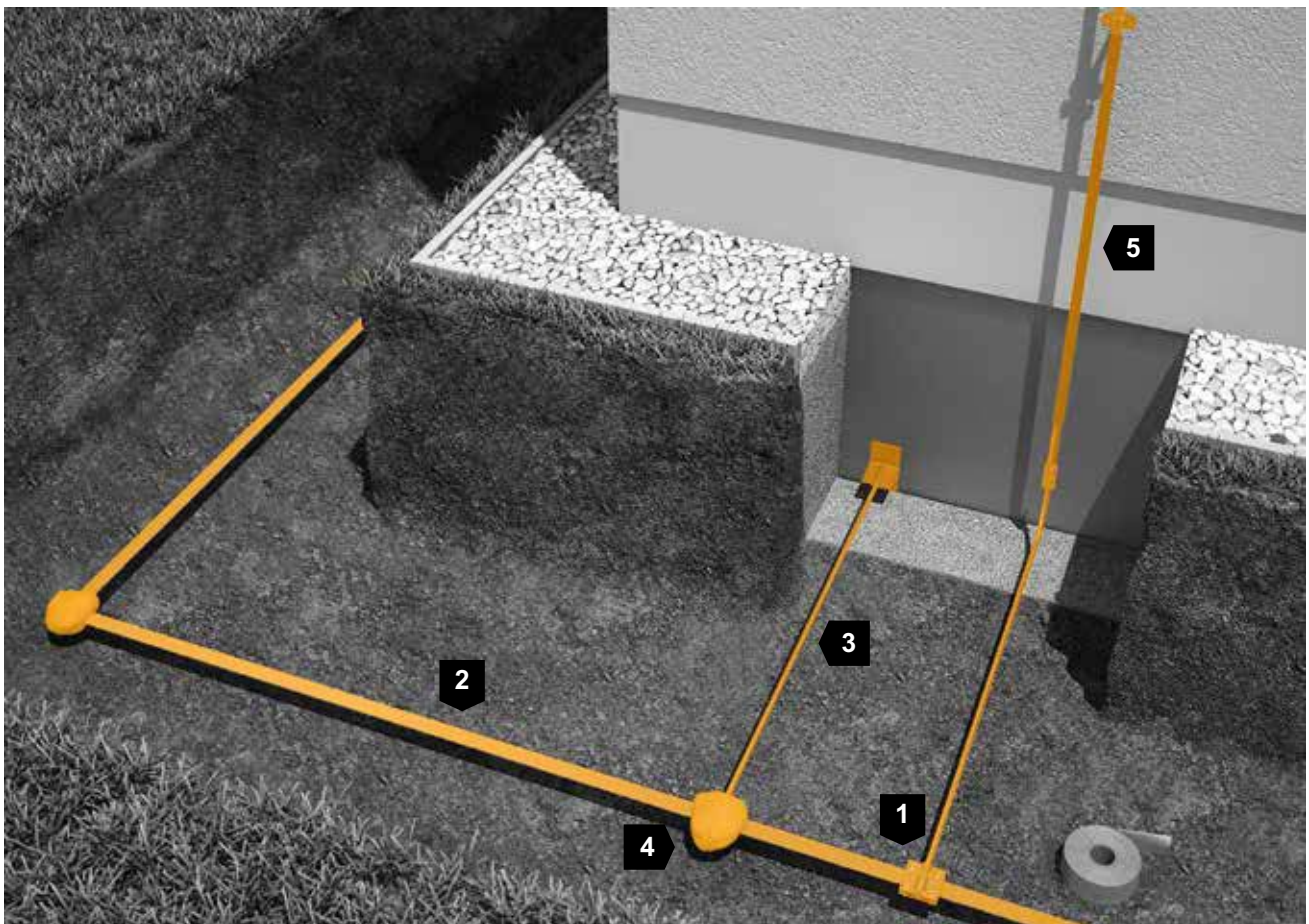
В качестве материалов помимо прочего могут использоваться:

- Плоские провода из нержавеющей стали 30 x 3,5 мм
- Плоские провода из оцинкованной стали 30 x 3,5 мм
- Круглые провода из меди, диам. 8 мм
- Круглые провода из нержавеющей стали, диам. 10 мм
- Круглые провода из оцинкованной стали, диам. 10 мм

#### Защита от коррозии

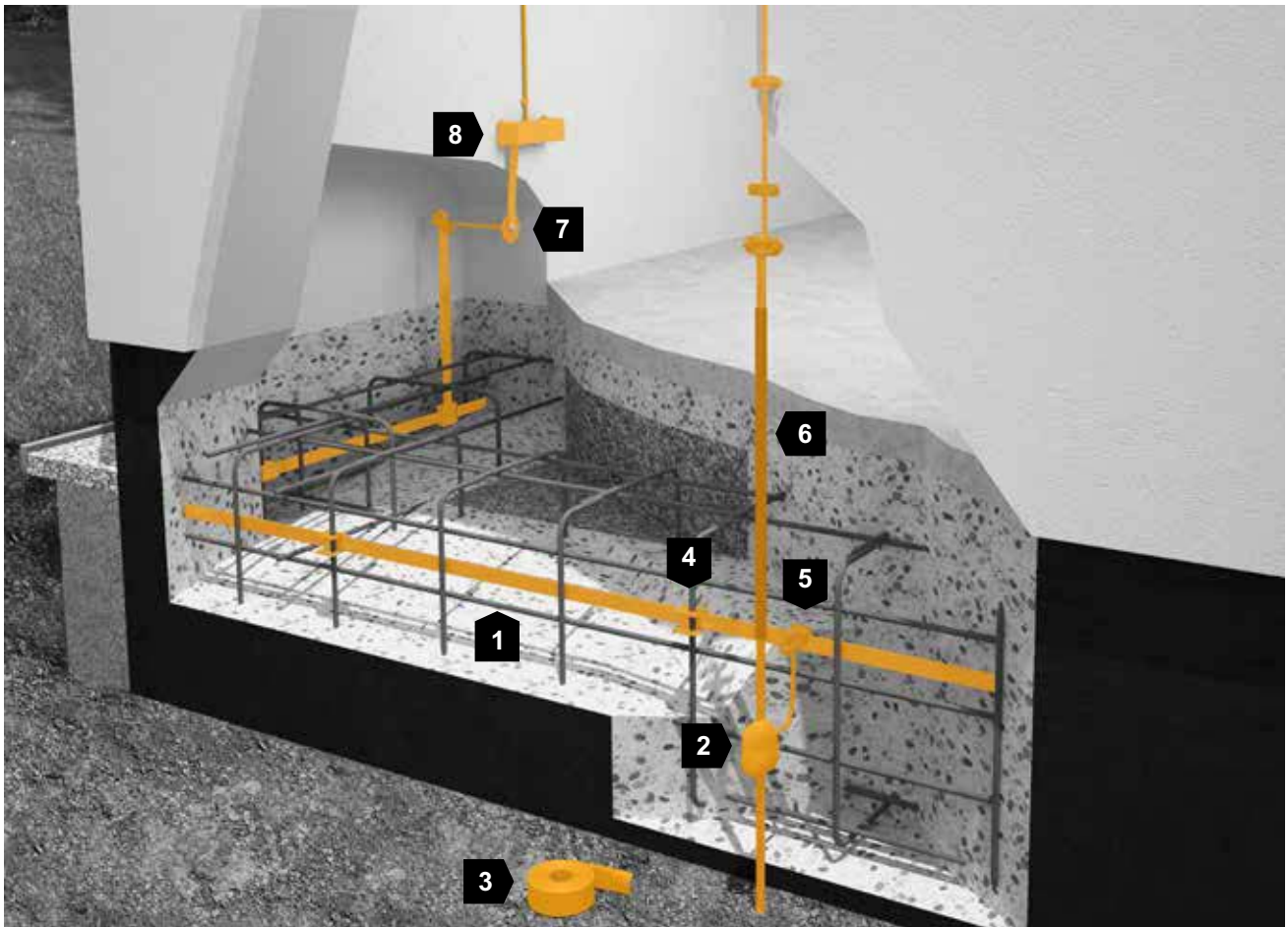
В зонах с риском возникновения коррозии следует использовать только нержавеющую сталь с долей молибдена > 2%, например, 1.4404 oder 1.4571. Разъемные соединения в грунте должны быть защищены от коррозии (при помощи пластичных антикоррозионных лент).

В грунте необходимо применять нержавеющую сталь с долей молибдена > 2 %!



1	Крестовидный соединитель
2	Плоский провод
3	Круглый провод
4	Антикоррозионный биндаж
5	Стержень для ввода в землю

Рис. 2.82: Кольцевой заземлитель типа В



1	Плоский провод
2	Крестовидный соединитель с антикоррозионной защитой
3	Антикоррозионный бандаж
4	Соединительный зажим для арматурной стали
5	Крестовидный соединитель
6	Стержень для ввода в землю
7	Фиксированная точка заземления
8	Главная шина заземления (ГШЗ)

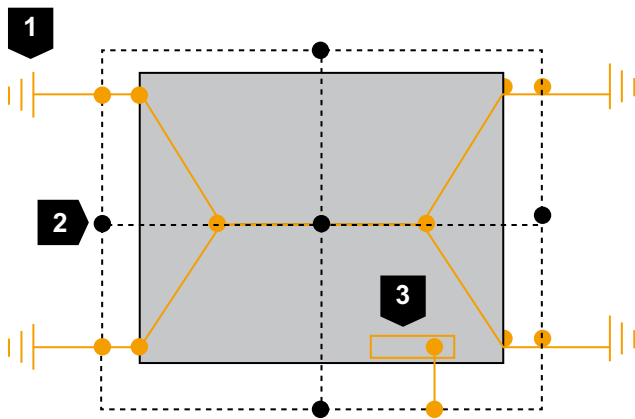
Рис. 2.83: Фундаментный заземлитель типа В

### 2.3.1.3 Тип В – фундаментный заземлитель

Фундаментный заземлитель является частью электропроводки здания.

#### Принцип действия

Фундаментный заземлитель (Рис. 2.83) представляет собой заземлитель, который устанавливается в бетонном фундаменте строительного сооружения. Он действует, в том числе, прочего в качестве заземлителя для молниезащиты в том случае, если необходимые наружные выходы для соединения с токоотводами выведены из фундамента. Полосовую сталь следует соединять с арматурой через каждые 2 м (приблизительный интервал). Установка фундаментного заземлителя осуществляется на основе стандарта DIN 18014. Клиновые соединители нельзя применять в искусственно уплотненном бетоне.



1	Глубинный заземлитель (опционально)
2	Кольцевой заземлитель
3	Главная шина заземления (ГШЗ)

Рис. 2.84: Принцип прокладки фундаментного заземлителя с проводником уравнивания функциональных потенциалов

Для аккуратной прокладки фундаментного заземлителя рекомендуется использовать полосовые держатели. Держатели следует устанавливать примерно через каждые 2 м.

Соедините в соответствии с DIN 18014 фундаментные заземлители всех отдельных фундаментов на самом нижнем этаже с замкнутым кольцом. Введите при необходимости поперечные проводы, чтобы создать растр 20 x 20. Если необходимая земельная чувствительность заземлителя в фундаменте отсутствует, то необходимо установить дополнительно замкнутый кольцевой заземлитель. Фундаментный заземлитель становится проводником уравнивания функциональных потенциалов.

(Рис. 2.80)

#### Это имеет место при применении:

- водонепроницаемого бетона в соответствии с DIN 206-1 и 1045-2 (белая ванна)
- битумных уплотнений (черная ванна), например, битумных лент
- модифицированного пластиком битумного толстослойного покрытия (КМВ)
- ударопрочных пластиковых лент
- теплоизоляции (изоляция по периметру) на нижней стороне и боковых стенах фундаментов
- дополнительно привнесенных, плохо проводящих слоев грунта, прерывающего капиллярный подъем, например, из оборотного материала, стеклянного балласта

Более подробную информацию см. в Главе 2.3.2

Данный ячеистый кольцевой заземлитель должен быть соединен с проводником уравнивания потенциалов и прокладываться снаружи и внутри фундаментной плиты следующим образом:

- Ширина ячеек 10 x 10 м с мерами молниезащиты
- Ширина ячеек 20 x 20 м без мер молниезащиты

#### Материалы

##### Фундамент / проводник уравнивания функциональных потенциалов

В качестве материалов помимо прочего могут использоваться:

- Плоские проводы из оцинкованной стали 30 x 3,5 мм
- Плоские проводы из нержавеющей стали 30 x 3,5 мм
- Медный трос, 50 мм<sup>2</sup>
- Круглые проводы из оцинкованной стали, диам. 10 мм
- Круглые проводы из нержавеющей стали, диам. 10 мм

##### Внешние выводы

Внешние выводы изготовлены из прочных антикоррозионных материалов. Следует использовать сталь, оцинкованную методом горячего погружения, с полимерной оболочкой или нержавеющие стали с содержанием молибдена > 2%, например, 1.4404 или 1.4571. Во время строительной фазы внешние выводы должны быть маркированы яркими защитными колпачками, например, OBO ProtectionBall.

##### Кольцевые заземлители

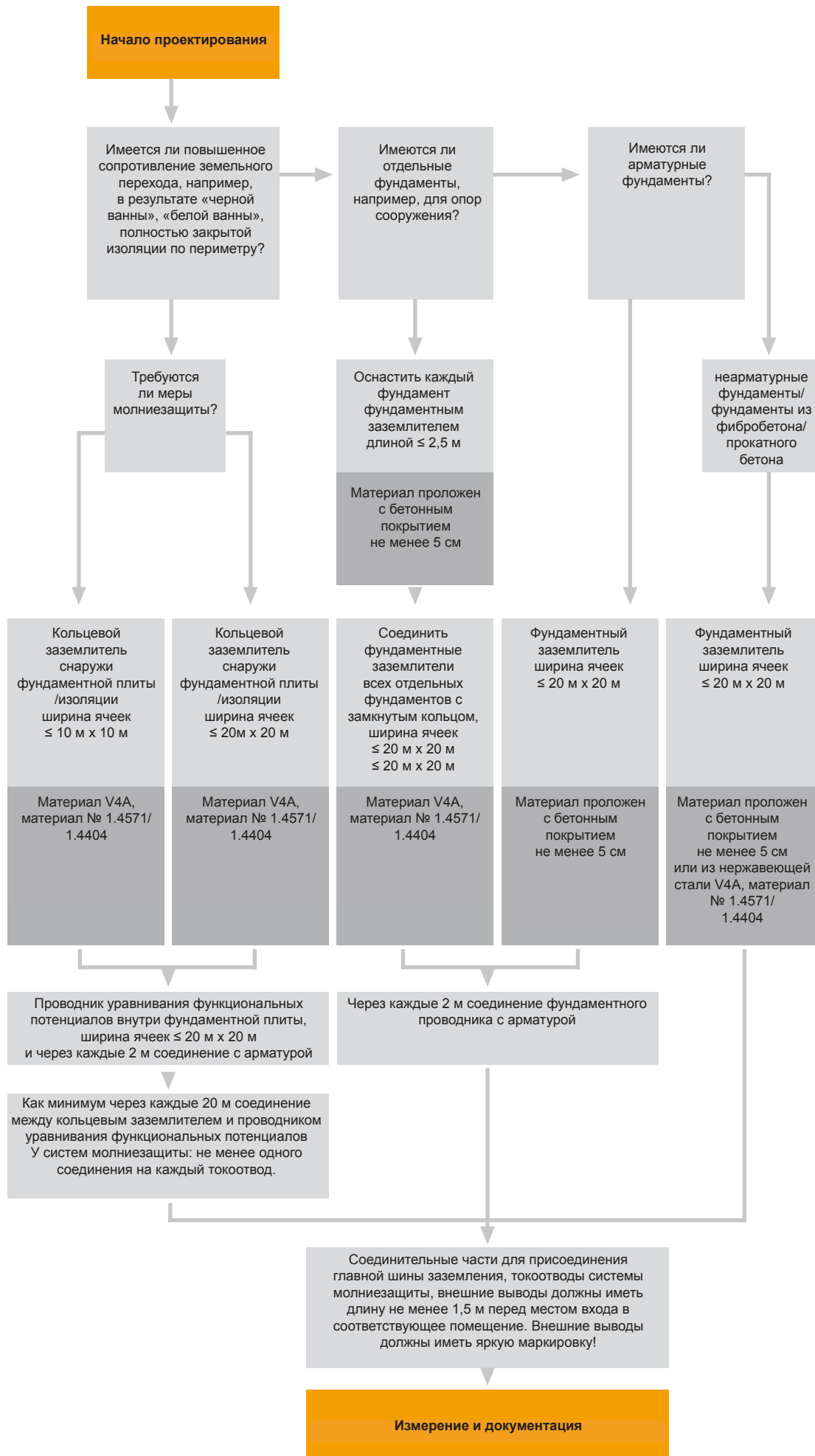
В качестве материалов для ячеистых кольцевых заземлителей могут использоваться следующие материалы:

- Плоские проводы из нержавеющей стали 30 x 3,5 мм
- Круглые проводы из нержавеющей стали, диам. 10 мм
- Медный трос, 50 мм<sup>2</sup>



Рис. 2.85: Колпачок OBO ProtectionBall, арм. № 5018 01 4, для маркировки внешних выводов заземления





С помощью следующих рекомендаций по проектированию можно определить специфические для проекта размеры ячеек и варианты конструктивного исполнения системы фундаментного заземления.



Рис. 2.86: Водонепроницаемая настенная проводка DWRD10, Арт. №. 2360 04 1

#### Соединительные части

При проведении соединений в грунт, например, у кольцевых заземлителей, они должны иметь надежную антикоррозионную защиту. Для этого рекомендуется использовать нержавеющую сталь с содержанием молибдена > 2%, например, 1.4404 или 1.4571. Кроме того, эти соединители должны быть дополнительно оснащены антикоррозионными бандажами.

Соединения между фундаментным заземлителем / проводником уравнивания функциональных потенциалов и арматурой, а также между проводником уравнивания функциональных потенциалов и кольцевым заземлителем или внешними выводами могут быть винтовыми, зажимными или сварными. Перевязки не допускаются. Следует применять только испытанные в соответствии с DIN EN 62561-1 (IEC 62561-1) соединительные элементы.

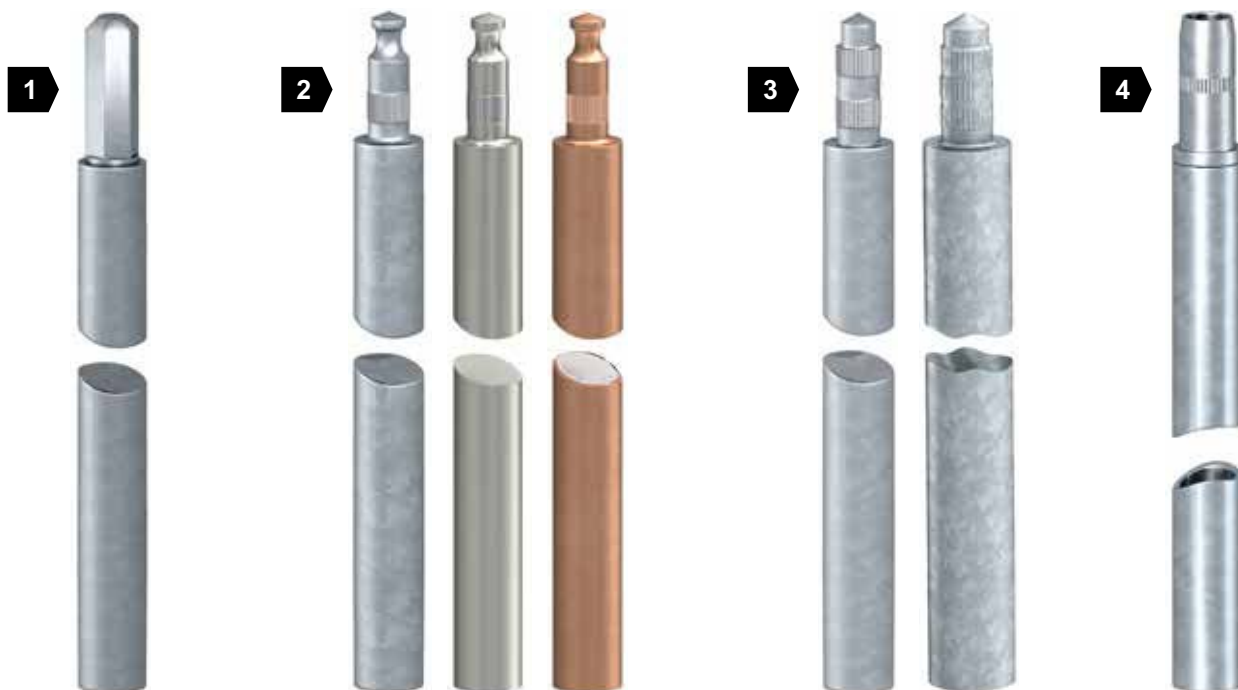
Присоединения кольцевого заземлителя, ведущие в здание, должны проводиться выше максимального уровня грунтовых вод. В качестве альтернативы необходимо использовать водонепроницаемую настенную проводку типа OBO DW RD10. (Рис. 2.86)

#### Антикоррозионная защита

На участках уплотнений ванны и вблизи изоляции по периметру (DIN 18014), а также в зонах с риском возникновения коррозии следует использовать только нержавеющую сталь с содержанием молибдена > 2%, например, 1.4404 или 1.4571. Разъемные соединения в грунте должны быть защищены от коррозии при помощи пластичных антикоррозионных лент (бандажей).

#### 2.3.2 Конструктивные исполнения

Системы заземления могут состоять либо из заземлителя типа А, либо из заземлителя типа В. Для обоих типов существуют различные формы исполнения, которые могут варьироваться в зависимости от случая применения.



1	Тип OMEX
2	Тип BP
3	Тип Standard
4	Тип LightEarth

Рис. 2.87: Варианты глубинных заземлителей

### 2.3.2.1 Глубинный заземлитель

Глубинные заземлители различаются по типу соединения отдельных глубинных заземлителей, по внешнему диаметру и материалу.

Глубинные заземлители состоят из комбинируемых отдельных стержней длиной 1,5 м. Соединение состоит из муфты с отверстием и цапфы. Это имеет свое преимущество, выражаемое в том, что при прокладке муфта сама замыкается, и устанавливается оптимальное механическое и электрическое соединение.

При установке глубинного заземлителя необходимо уплотнить грунт вокруг заземлителя. В результате будет обеспечен оптимальный электрический контакт.

(Рис. 2.87)

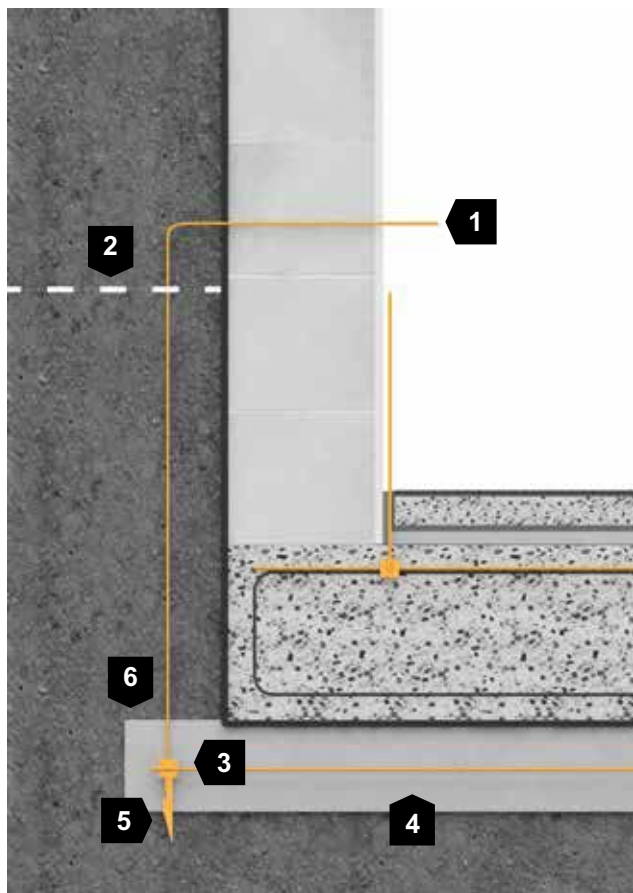
Для установки глубинного проводника используются преимущественно ударные инструменты. Возможная глубина погружения глубинного проводника зависит от различных геологических условий.

*Поскольку глубинные проводники проникают в слои почвы, в которых присутствует постоянная по влажности и температуре среда, достигаются стабильные значения сопротивления.*

### 2.3.2.2 Черная ванна

Черная ванна представляет собой уплотнение из битума или пластика, которое ограждает строительное сооружение со всех сторон в зонах контакта с землей. Поскольку здесь уже не имеется земельной чувствительности фундаментного заземлителя, должен быть создан дополнительный замкнутый кольцевой заземлитель. В фундаменте должен быть создан проводник уравнивания функциональных потенциалов. Внешние выводы должны проводиться в здание водонепроницаемо или выше максимального уровня грунтовых вод.

(Рис. 2.88)



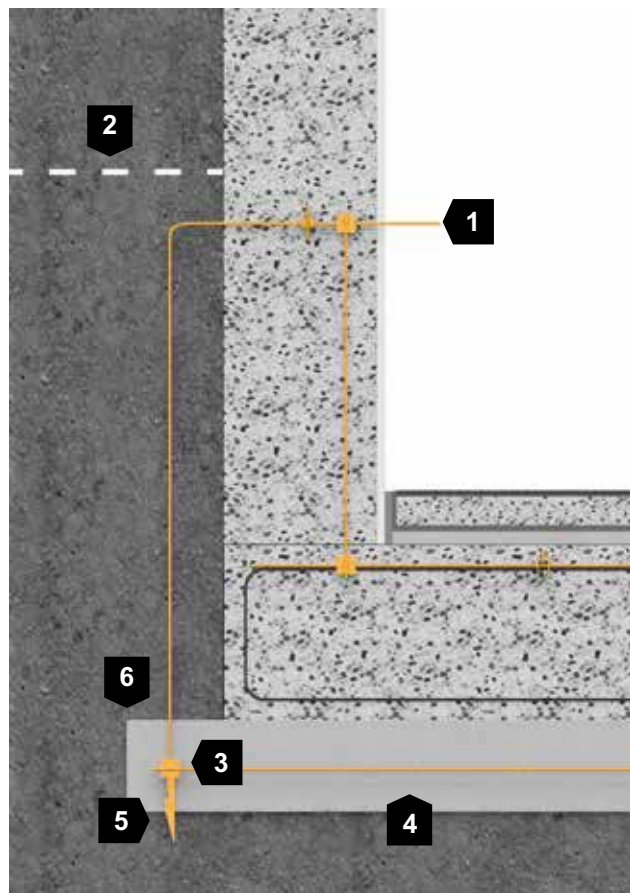
1	Внешний вывод не менее 1,50 м
2	Макс. уровень грунтовых вод
3	Кольцевой заземлитель
4	Защитный слой
5	Вкладыш для соблюдения расстояния защитного слоя бетона
6	Не менее 5 см бетонной оболочки считаются антикоррозионной защитой

Рис. 2.88: Черная ванна

### 2.3.2.3 Белая ванна

Белая ванна представляет собой конструкцию из водонепроницаемого бетона (бетон ВН), т.е. не вся толщина бетона может пропитываться водой. Поскольку здесь уже не имеется земельной чувствительности фундаментного заземлителя, должен быть создан дополнительный кольцевой заземлитель. В качестве бетона ВН обозначается бетон марок С20/25 или С25/30.

(Рис. 2.89)



1	Внешний вывод не менее 1,50 м
2	Макс. уровень грунтовых вод
3	Кольцевой заземлитель
4	Защитный слой
5	Вкладыш для соблюдения расстояния защитного слоя бетона
6	Не менее 5 см бетонной оболочки считаются антикоррозионной защитой

Рис. 2.89: Белая ванна

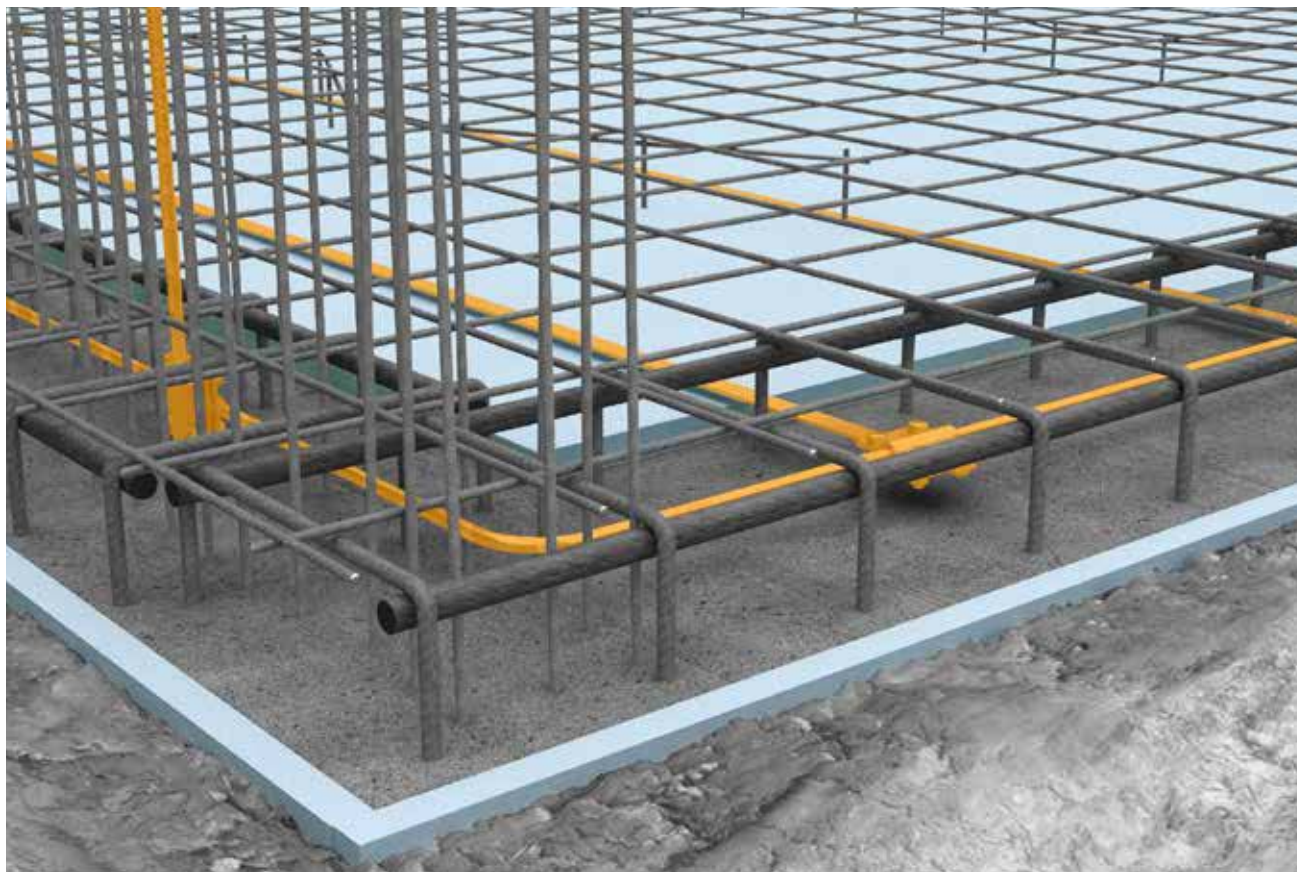


Рис. 2.89: Изолированная фундаментная плита (изоляция по периметру, здесь: голубая)

#### 2.3.2.4 Изоляция по периметру

Здесь речь идет о теплоизоляции, которая ограждает снаружи зону контакта с землей строительного сооружения. Она обычно состоит из полиуретановых пеноплит или стеклянного гравия.

Если должна присутствовать ограждающая со всех сторон изоляция по периметру, т.е. для всех наружных стен, ленточных фундаментов и фундаментных подошв, это означает, что функция фундаментного заземлителя больше не выполняется.

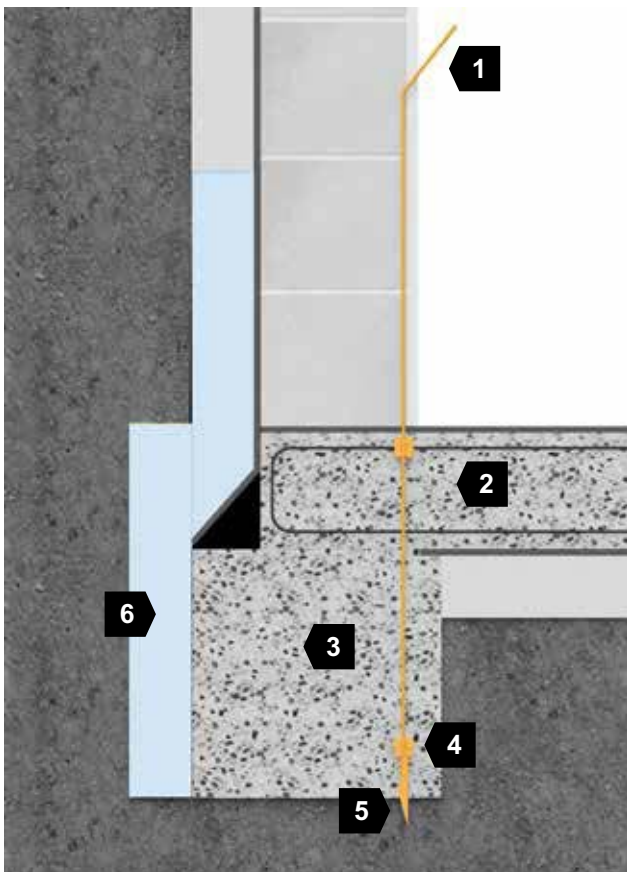
Поскольку здесь уже не имеется земельной чувствительности фундаментного заземлителя, должен быть создан дополнительный замкнутый кольцевой заземлитель. В фундаменте должен быть создан проводник уравнивания функциональных потенциалов. Внешние выводы должны проводиться в здание водонепроницаемо или выше максимального уровня грунтовых вод.

Если изоляция по периметру выполняется только на наружных стенах, то зачастую земельная чувствительность еще имеется. Фундаментный заземлитель может быть проложен в бетоне. (Рис. 2.89)

Для обеспечения земельной чувствительности необходимо исключить применение водонепроницаемого бетона.

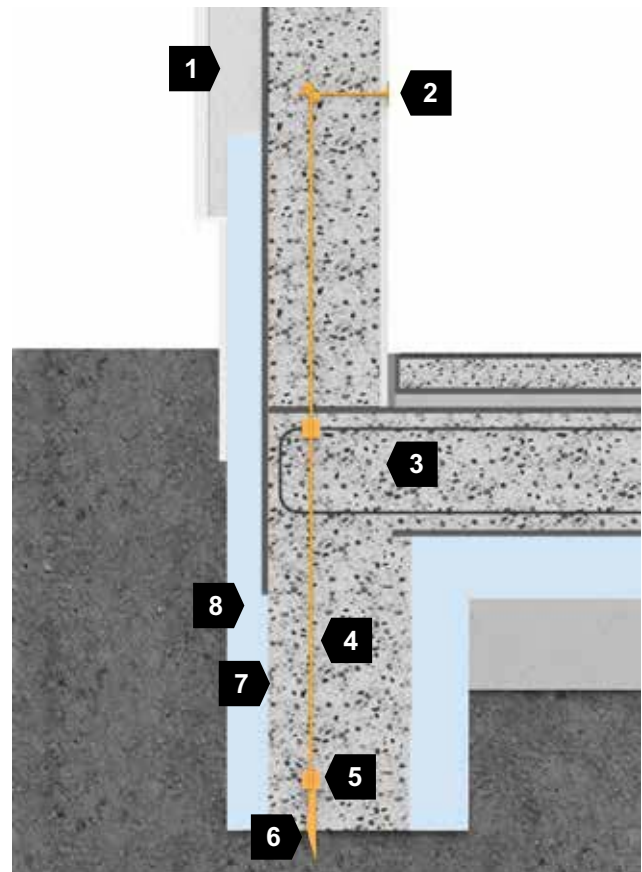
При ограждении наружных стен и фундаментных плит изоляцией по периметру заземлитель в фундаментной плите еще условно имеет действие заземлителя, если ленточный фундамент открыт снизу.





1	Внешний вывод, не менее 1,50 м
2	Фундаментная плита
3	Ленточный фундамент
4	Фундаментный заземлитель
5	Вкладыш для соблюдения расстояния защитного слоя бетона
6	Изоляция по периметру

Рис. 2.90: Изоляция по периметру только на наружных стенах



1	Изоляция
2	Фиксированная точка изоляции
3	Арматурная фундаментная плита
4	Ленточный фундамент
5	Фундаментный заземлитель
6	Вкладыш для соблюдения расстояния защитного слоя бетона
7	Не менее 5 см бетонной оболочки считаются антикоррозионной защитой
8	Изоляция по периметру

Рис. 2.91: Изоляция по периметру сбоку и под фундаментной плитой



Рис. 2.92: Пример защитного слоя с неровной поверхностью

#### **Влияние синтетических пленок на сопротивление заземления**

В целом имеет место отрицательное взаимное влияние между ленточным фундаментом или фундаментной плитой и грунтом.

##### **«Простые» пленки**

- При простых пленках функция фундаментного заземлителя нарушена
- Однако, в большинстве случаев еще существует достаточное сопротивление заземления. Фундаментный заземлитель эффективен в качестве заземлителя в полосовом фундаменте или в фундаментной плите.

#### **Синтетические защитные слои с неровной поверхностью**

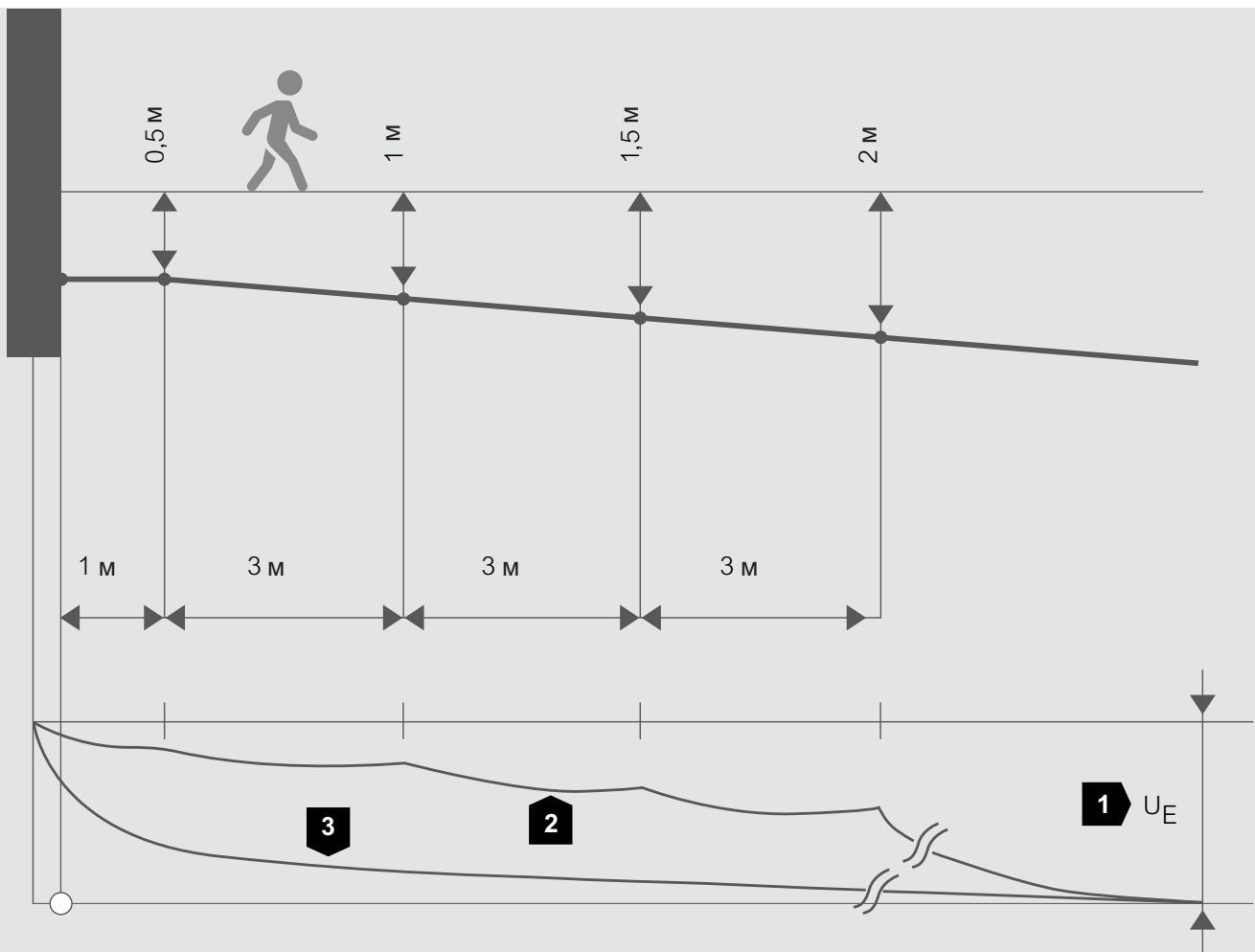
- состоят из специального полиэтилена высокой плотности. При наклеивании нескольких слоев друг на друга ухудшается земельная чувствительность фундаментного заземлителя.
- Другие защитные слои с неровной поверхностью на наружных стенах создают очень высокое электрическое действие изоляции. Тем самым земельная чувствительность фундаментного заземлителя теряется.

Поскольку здесь уже не имеется земельной чувствительности фундаментного заземлителя, должен быть создан дополнительный замкнутый кольцевой заземлитель. (Рис. 2.92)

### 2.3.2.5 Управление потенциалами

Управление потенциалами сокращает шаговое напряжение вблизи мачт или токоотводов на здании. Прокладываются дополнительные провода заземлителя и соединяются между собой в виде сетки.

Ток молнии распределяется через металлическую систему ячеек сетки, и падение напряжения, а также результирующее шаговое напряжение сокращаются. При удалении от мачты или токоотвода провод заземлителя прокладывается глубже на соответствующие 0,5 м. (Рис. 2.93) Типичное расстояние между заземлителями равняется 3 м.



1	Напряжение заземления $U_E$
2	управляемые
3	неуправляемые

Рис. 2.93: Управление потенциалами на осветительной мачте

### Шаговое напряжение и контактное напряжение

Шаговое напряжение переключается человеком при шаге, равном 1 м. Ток проходит от ступни к ступне через тело. Контактное напряжение переключается от компонента (например, токоотвода) к потенциалу земли.

При этом ток проходит от руки к ноге через тело. (Рис. 2.94) Оба вида напряжения опасны для человека. Необходимо их сокращение путем управления потенциалами или изоляции.

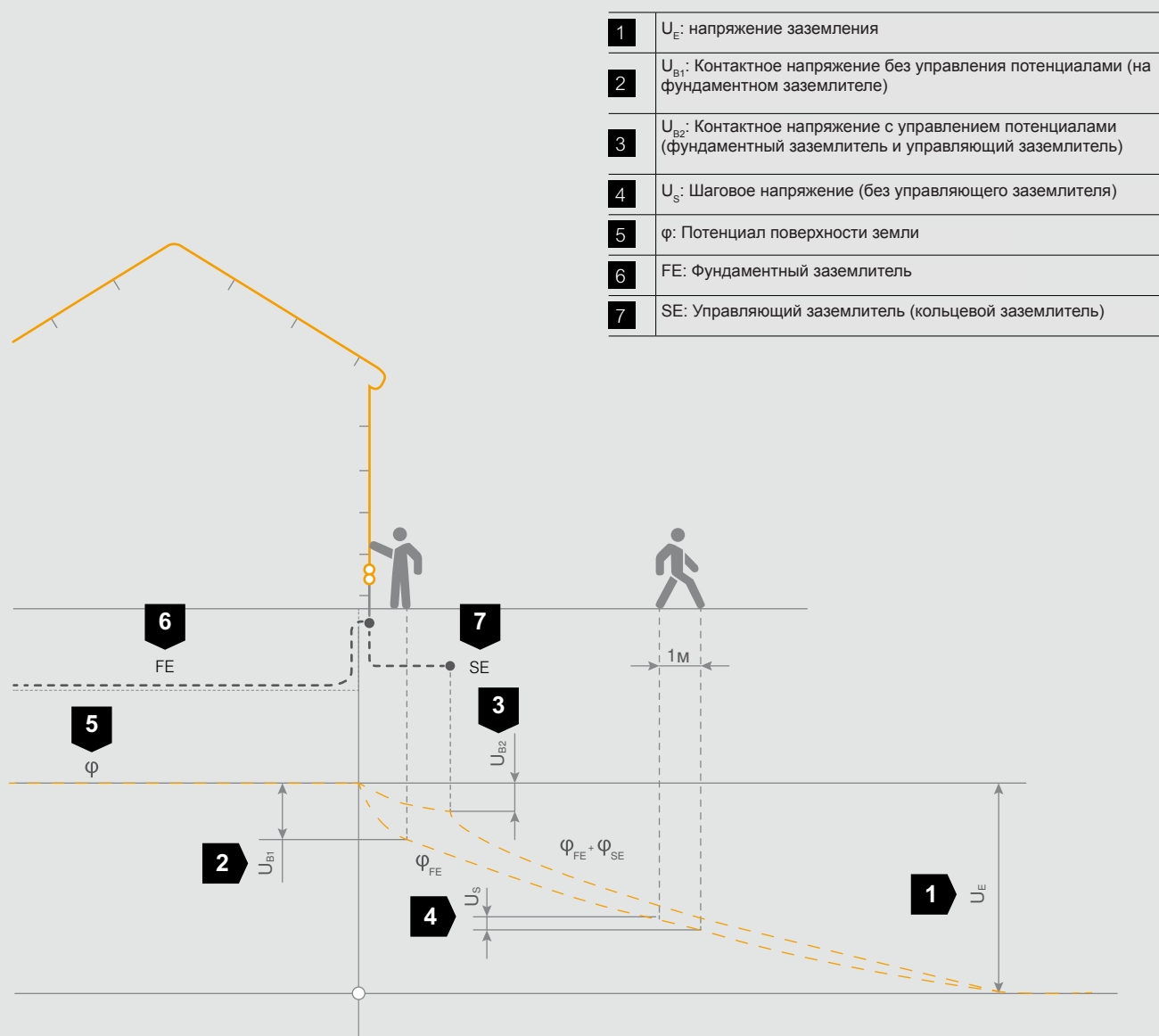


Рис. 2.94: Потенциал поверхности земли и напряжения при обтекаемом током фундаментном заземлителе ФЗ и управляющем заземлителе УЗ

## 2.4 Материалы и защита от коррозии

Во внешней молниезащите преимущественно применяются следующие материалы: оцинкованная горячим способом сталь, нержавеющая сталь, медь и алюминий. Все металлы, которые находятся в непосредственном контакте с землей или водой, под воздействием блуждающих токов или агрессивных почв, могут подвергаться коррозии.

Под коррозией понимается реакция металлического материала с его окружающей средой, которая приводит к нарушению свойств материала.

### Причины коррозии

Коррозия возникает вследствие соединения различных металлов в грунте, воде или солевом расплаве, например, алюминиевый круглый провод в качестве токоотвода и медь/сталь в качестве материала заземления. Другой причиной является помещение одинаковых металлов в различные среды, например, стали в грунт и бетон.

*Минимальные поперечные сечения, конструктивная форма и материал зависят от соответствующего применения.*

Материал	Форма	Минимальные размеры
Медь Лужёная медь	Ленточный цельный Круглый цельный <sup>b</sup> Тросовый <sup>b</sup> Круглый цельный	20 x 2,5 мм диам. 8 мм 50 мм <sup>2</sup> диам. 15 мм
Алюминий	Круглый цельный Тросовый	диам. 8 мм 50 мм <sup>2</sup>
Алюминиевый сплав с медным покрытием	Круглый цельный <sup>c</sup>	диам. 8 мм
Алюминиевый сплав	Ленточный цельный Круглый цельный <sup>b</sup> Тросовый <sup>b</sup> Круглый цельный	20 x 2,5 мм диам. 8 мм 50 мм <sup>2</sup> диам. 15 мм
Оцинкованная горячим способом сталь	Ленточный цельный Круглый цельный <sup>b</sup> Тросовый <sup>b</sup> Круглый цельный	20 x 2,5 мм диам. 8 мм 50 мм <sup>2</sup> диам. 15 мм
Покрытая медью сталь <sup>c</sup>	Круглый цельный Ленточный цельный	диам. 8 мм 20 x 2,5 мм
Нержавеющая сталь <sup>a</sup>	Ленточный цельный Круглый цельный Тросовый <sup>b</sup> Круглый цельный <sup>d</sup>	20 x 2,5 мм диам. 8 мм 50 мм <sup>2</sup> диам. 15 мм

<sup>a</sup> Хром  $\geq 16$  %; никель  $\geq 8$  %; углерод  $\leq 0,08$  %

<sup>b</sup> Диаметр 8 мм в определенных случаях применения может быть уменьшен до 25 мм<sup>2</sup> (диаметр 6 мм), если механическая прочность не является существенным требованием.

<sup>c</sup> Не менее 70 мкм медный слой с 99,9 % содержания меди

<sup>d</sup> Применимо для молниеприемных стержней и основания

Таблица 2.27: Материал, форма и минимальные размеры молниеотводов, молниеприемных стержней, стержней для введения в землю и токоотводов



#### 2.4.1 Материалы для молниеприемных и токоотводных систем

Во внешней молниезащите преимущественно применяются следующие материалы: оцинкованная горячим способом сталь, нержавеющая сталь, медь и алюминий.

##### Коррозия

Опасность коррозии возникает в особенности при соединении различных материалов. По этим соображениям поверх оцинкованных поверхностей и поверх алюминиевых частей не должны монтироваться медные части, иначе в результате дождя или других влияний удаленные частицы меди могут попасть на оцинкованную поверхность. Кроме того, возникает гальванический элемент, который приводит к коррозии контактирующей поверхности. Если требуется соединение между двумя различными материалами, которое не рекомендуется выполнять, то могут использоваться биметаллические соединители (Рис. 2.95).

Примером (Рис. 2.96) служит применение биметаллических соединителей на медном кровельном лотке, подсоединенном к алюминиевому круглому проводу. Места с повышенной опасностью коррозии, такие как вводы в бетон или в грунт, должны иметь антикоррозионную защиту. На местах соединения в земле должно быть нанесено соответствующее покрытие в качестве антикоррозионной защиты.



Рис. 2.95: Биметаллический быстроразъемный замок Vario с биметаллической промежуточной пластиной (медь/алюминий)

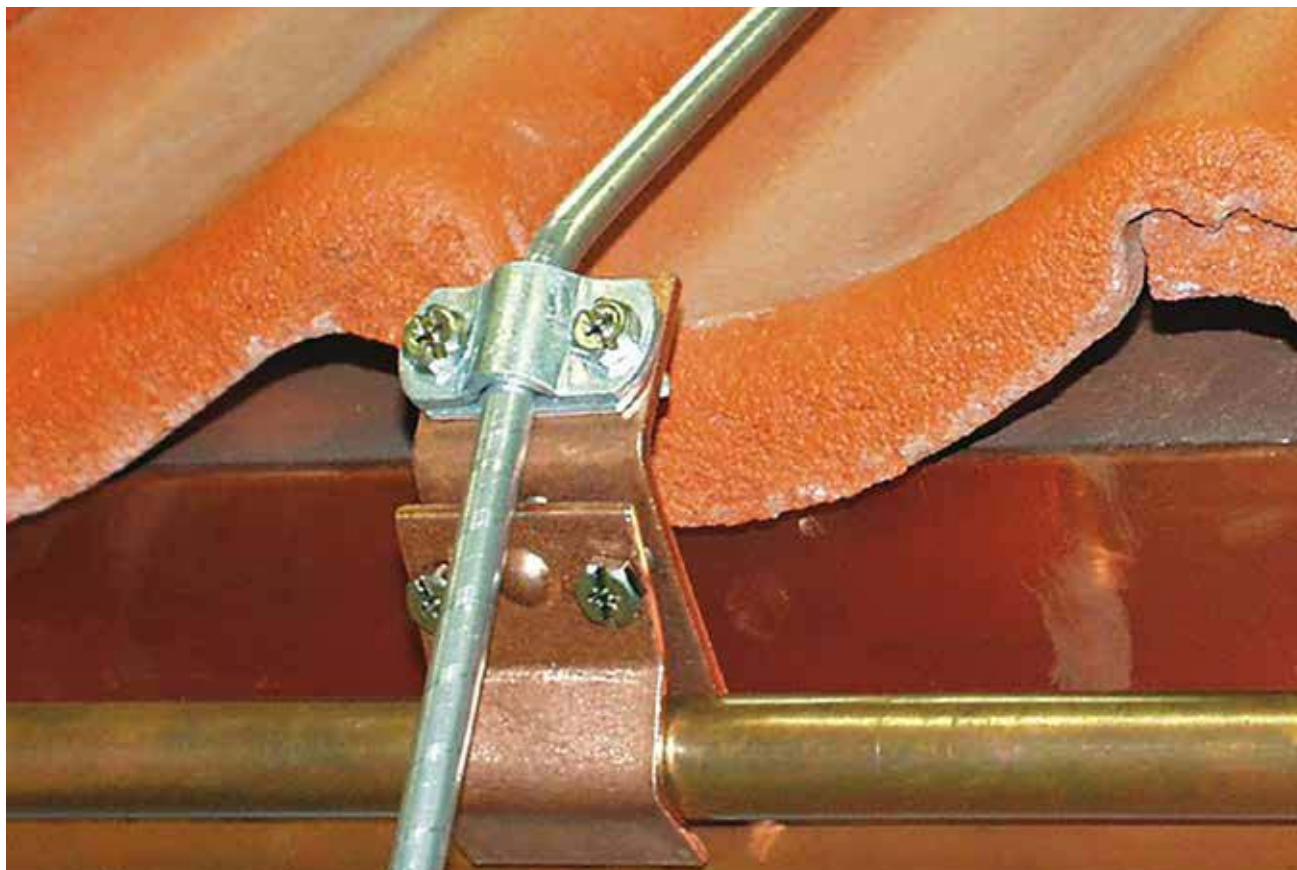


Рис. 2.96: Биметаллический зажим кровельного лотка (алюминиевый круглый провод и медный кровельный лоток)

Алюминий не должен прокладываться непосредственно (без интервала) на штукатурке, цементном растворе или бетоне, в них или под ними, а также в грунте. В таблице «Комбинации материалов» оценены возможные комбинации материалов с точки зрения контактной коррозии в воздухе.

	Сталь, оцинкованная	Алюминий	Медь	Нержавеющая сталь	Титан	Цинк
Сталь, оцинкованная	да	да	нет	да	да	да
Алюминий	да	да	нет	да	да	да
Медь	нет	нет	да	да	нет	да
Нержавеющая сталь	да	да	да	да	да	да
Титан	да	да	нет	да	да	да
Цинк	да	да	да	да	да	да

Таблица 2.28: Допустимые комбинации материалов (нет = повышенная коррозия)

*Минимальные поперечные сечения, конструктивная форма и материал зависят от соответствующего применения.*

#### 2.4.2 Материалы в системах заземления

Материал	Форма	Минимальные размеры		
		Стержневой заземлитель	Заземляющий провод	Пластинчатый заземлитель
Медь Лужёная медь	Тросовый Круглый цельный Ленточный цельный Круглый цельный Трубчатый Пластинчатый цельный Решетчато-пластинчатый	Диам. 15 мм Диам. 20 мм	50 мм <sup>2</sup> диам. 8 мм 20 x 2,5 мм	500 x 500 мм 600 x 600 мм
Оцинкованная горячим способом сталь	Круглый цельный Круглый цельный Трубчатый Ленточный цельный Пластинчатый цельный Решетчато-пластинчатый Профиль <sup>a</sup>	Диам. 14 мм Диам. 25 мм 290 мм <sup>2</sup>	Диам. 10 мм 30 x 3 мм	500 x 500 мм 600 x 600 мм
Полированная сталь <sup>b</sup>	Тросовый Круглый цельный Ленточный цельный	Диам. 8 мм	70 мм <sup>2</sup> Диам. 10 мм 25 x 3 мм	
Покрытая медью сталь	Круглый цельный <sup>c</sup> Круглый цельный <sup>d</sup> Круглый цельный <sup>d</sup> Ленточный цельный	Диам. 14 мм	Диам. 8 мм Диам. 10 мм 30 x 3 мм	
Нержавеющая сталь <sup>e</sup>	Круглый цельный Круглый цельный Ленточный массивный	Диам. 15 мм	Диам. 10 мм 30 x 3,5 мм	

<sup>a</sup> Допускаются различные профили с поперечным сечением 290 мм<sup>2</sup> и минимальной толщиной 3 мм, например, тавр.

<sup>b</sup> Должен прокладываться в бетон на глубине не менее 50 мм.

<sup>c</sup> При миним. 250 мкм медного слоя с 99,99 % содержания меди

<sup>d</sup> При миним. 70 мкм медного слоя с 99,99 % содержания меди

<sup>e</sup> Хром ≥ 16 %; никель ≥ 5 %; молибден ≥ 2 %; углерод ≤ 0,08 %.

Таблица 2:29: материал, форма и поперечное сечение земли в соответствии с VDE 0185-561-2 (IEC 62561-2)



Рис. 2.97: Генератор тока молнии ВЕТ и знак качества ВЕТ

## 2.5 Испытанные компоненты молниезащиты

### Соединительные компоненты

Компоненты для систем молниезащиты проверяются на предмет их исправного функционирования в соответствии с VED 0185-561-1 (IEC 62561-1) «Требования к соединительным компонентам». После фазы кондиционирования, длящейся в целом 10 дней, компоненты нагружаются тремя импульсными токами. Компоненты молниезащиты для молниеприемников тестируются током 3 x Имп 100 кА (10/350). Это соответствует категории испытаний N.

Компоненты для токоотводов, через которые ток молнии может разделяться (не менее двух токоотводов), а также соединения в системе заземления, тестируются током 3 x Имп 50 кА (10/350). Это соответствует категории испытаний N.

Категория испытаний	Проверено	Применение
VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	3 Имп 100 кА (10/350)	Молниеприемник
VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	3 Имп 50 кА (10/350)	Несколько (не менее двух) токоотводов, через которые ток молнии может разделяться.

Таблица 2.30: Категории испытаний соединительных компонентов

# 3

Уравнивание потенциалов молниезащиты представляет собой внутреннюю молниезащиту в здании. При ударе молнии происходит падение напряжения на сопротивлении заземления, и возникновение опасных разностей напряжений между металлическими частями здания и питающими линиями, а также линиями передачи данных должно быть предотвращено. Уравнивание потенциалов соединяет друг с другом все металлические проводки (газопроводные и водопроводные линии и т.д.), электрооборудование (питающие линии и линии передачи данных), систему молниезащиты и систему заземления напрямую или посредством молниезащитных разрядников.

Молниезащитные разрядники должны по возможности применяться непосредственно на месте входа в строительное сооружение. Таким образом, предотвращается перемещение тока молнии в установку, приводящее к повреждениям электрических систем. Для защиты электронных устройств дополнительно к молниезащитным разрядникам подключаются разрядники импульсных перенапряжений, которые снижают перенапряжение до очень низкого и совместимого с окончательными приборами уровня защиты от перенапряжения.



## Глава 3: Система внутренней молниезащиты

3.	Система внутренней молниезащиты	122
3.1	Системы уравнивания потенциалов	123
3.1.1	Методы проектирования	123
3.1.2	Исполнения	125
3.1.2.1	Применение в промышленности	126
3.1.2.2	Жилой дом и офисные здания	126
3.1.2.3	Взрывоопасные зоны	127
3.2	Системы защиты от импульсных перенапряжений для энергосистем	128
3.2.1	Разряды молний	128
3.2.1.1	Коммутационные операции SEMP	129
3.2.1.2	Статические разряды ESD	129
3.2.2	Виды перенапряжений	129
3.2.2.1	Переходные перенапряжения	129
3.2.2.2	Временные и постоянные перенапряжения	129
3.2.3	Меры проектирования	129
3.2.3.1	Концепция зон молниезащиты	130
3.2.3.1.1	Типовые классы УЗИП	131
3.2.3.1.2	Правильный выбор УЗИП	132
3.2.3.2	Устройства защиты в различных сетевых системах	133
3.2.3.3	Критерии выбора (пробивная прочность оконечных приборов – уровень защиты). Помощь в выборе	135
3.2.3.4	Предписания по электромонтажу	137
3.2.3.4.1	Минимальные поперечные сечения для уравнивания потенциалов молниезащиты	137
3.2.3.4.2	Длина соединения, альтернативная V-образная разводка и поперечные сечения	137
3.2.3.4.4	Входной предохранитель	140
3.2.3.5	Цепь защиты	141
3.2.4	Конструктивное исполнение	141
3.2.4.1	Установка имеющегося устройства защитного отключения (УЗО/RCD)	141
3.2.4.1.1	Windenergieanlagen	142
3.2.4.2	Применения в жилых домах и промышленности	143
3.2.4.3	Фотогальванические установки	143
3.2.4.4	Светодиодные (LED) системы уличного освещения	150
3.2.4.4.1	Внутреннее освещение в зданиях и цехах	153
3.3	Системы защиты от импульсных перенапряжений для телекоммуникационной техники	155
3.3.1	Методы проектирования	155
3.3.1.1	Топологии	157
3.3.1.2	Влияние помех на информационно-вычислительные системы	158
3.3.1.3	Экранирование зданий и помещений	163
3.3.1.4	Экранирование кабеля	164
3.3.1.5	Свойства передачи	168
3.3.1.6	Симметричная и асимметричная передача данных	172
3.3.1.7	Классы защиты устройств	172
3.3.2	Установка устройств защиты телекоммуникационных линий	175
3.3.2.1	Уравнивание потенциалов для телекоммуникационных сетей	175
3.3.2.2	Контрольно-измерительная техника	176
3.3.2.3	Телекоммуникация	179
3.3.2.4	Высокочастотные технологии	183
3.3.2.5	Информационная техника	189

### 3. Система внутренней молниезащиты

Будь то профессиональная или частная сфера, мы так или иначе все больше зависим от электрических и электронных приборов. Информационные сети, используемые на предприятиях или в таких учреждениях оказания помощи, как больницы или пожарные части, являются жизненно важными артериями для обмена информацией в реальном времени, уже давно ставшего неотъемлемой частью нашего существования. Массивы чувствительных данных, например, в банковских учреждениях или новостных издательствах, требуют надежно функционирующих путей передачи. Скрытую угрозу для таких приборов представляют не только прямые удары молнии. Гораздо чаще электронным «помощникам» современного человека наносится ущерб из-за перенапряжений, обусловленных удаленными грозowymi разрядами или коммутационными процессами крупных электроустановок.

Кроме того, при грозowych явлениях за короткие промежутки времени образуется большое количество энергии. Пиковые напряжения проникают в здания по всем видам проводящих соединений и наносят колоссальный урон. (Рис. 3.1)

Текущая статистика и оценки страховых компаний свидетельствуют: в связи с растущей зависимостью от электронных приборов размер ущерба, вызванного перенапряжениями, принимает угрожающие масштабы, и это еще без учета последующих дополнительных затрат и стоимости простоя. Поэтому неудивительно, что страховые компании все чаще проверяют страховые случаи и предписывают обязательную установку устройств защиты от перенапряжений. С информацией по мерам защиты можно ознакомиться, например, в директиве VdS 2010 («Молниезащита и защита от перенапряжения с повышенным фактором риска»).



*Устройства защиты от импульсных перенапряжений повышают эксплуатационную готовность электронных систем.*

Рис. 3.1: Повреждения на плате в результате перенапряжений

Система внутренней молниезащиты, известная также как концепция защиты от импульсных перенапряжений, является неотъемлемой частью действующих стандартов и современного уровня техники.

#### Обзор действующих норм:

- Внутренняя молниезащита VDE 0185-305-4 (IEC 62305-4)
- Защита от импульсных перенапряжений VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53)

### 3.1 Системы уравнивания потенциалов

За счет профессионально выполненного уравнивания потенциалов предотвращается возникновение опасных контактных напряжений между частями установки.

Нормативные требования к уравниванию потенциалов:

- VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41) Уравнивание потенциалов
- VDE 0100-540 (IEC 60364-5-54) Проводники уравнивания защитных потенциалов
- VDE 0100-701 (IEC 60364-7-701) Ванные комнаты
- VDE 0100-702 (IEC 60364-7-702) Бассейны
- VDE 0100-705 (IEC 60364-7-705) Сельское хозяйство
- VDE 0800 (IEC 61784) Телекоммуникационные станции
- VDE 0855-1 (IEC 60728-11) Антенное заземление
- VDE 0185-305 (IEC 62305) Уравнивание потенциалов молниезащиты
- Фундаментное заземление DIN 18014 Уравнивание потенциалов молниезащиты

При этом учитывается различие между уравниванием защитных потенциалов и дополнительным уравниванием защитных потенциалов.

#### Уравнивание защитных потенциалов

Все чужеродные проводящие части в случае их прохода в здание должны соединяться друг с другом в целях предотвращения возникновения разностей потенциалов.

#### Привязка всех чужеродных проводящих частей к шине главного заземления (ШГЗ)

- Фундаментный заземлитель
- Заземление молниезащиты
- Проводник уравнивания защитных потенциалов
- Защитный проводник электроустановки
- Металлические водо-, газо- и теплопроводы
- Антенное заземление
- Металлические части здания, например, канал кондиционирования воздуха, подъемные шины и т.д.
- Металлические кабельные экраны

#### Дополнительное уравнивание защитных потенциалов

Уравнивание потенциалов молниезащиты является дополнением к уравниванию защитных потенциалов. При этом дополнительно у всех подводов низковольтной установки и информационной техники посредством УЗИП реализуется уравнивание потенциалов.

Если установки работают в специальных условиях окружающей среды, например, во взрывозащитных зонах, или если это требуется непосредственно нормами, должно быть реализовано дополнительное уравнивание защитных потенциалов.

Все одновременно контактируемые корпуса стационарно установленных (неподвижных) средств производства в непосредственной близости от места установки должны быть соединены со всеми одновременно контактируемыми чужеродными проводящими частями. Это касается, в том числе, проводников уравнивания функциональных потенциалов в соответствии с DIN 18014, а также металлической основной арматуры железобетона.

#### 3.1.1 Метод проектирования

Для предотвращения возникновения разностей потенциалов необходимо соединить через шину главного заземления посредством проводника уравнивания потенциалов – в соответствии с VDE 0100-540 (IEC 60364-5-54) следующие элементы установки:

- токопроводящие трубопроводы
- другие проводящие компоненты
- защитные проводники
- проводник функционального заземления

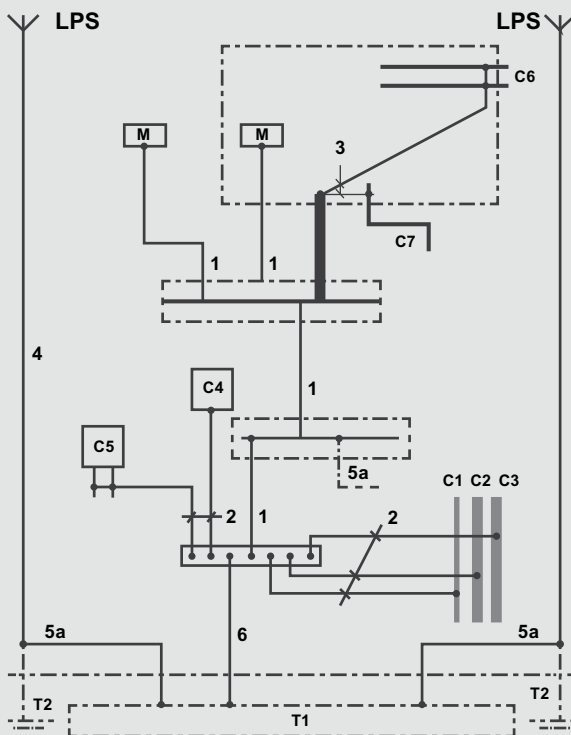
Шина главного заземления должна быть предусмотрена в коробке главных выводов или вблизи главных выводов. В каждом здании заземляющие провода и нижеперечисленные проводящие части должны быть соединены с системой уравнивания защитных потенциалов посредством шины главного заземления:

- металлические трубопроводы систем снабжения
- чужеродные проводящие части конструкции здания
- металлические системы центрального отопления и кондиционирования воздуха
- заземляющие провода электроустановки
- металлические усиления конструкций здания из армированного бетона

Проводники уравнивания защитных потенциалов должны при этом соответствовать требованиям DIN VDE 0100-410/- 540 (IEC 60364-441/ IEC 60364-5-54). При уравнивании потенциалов молниезащиты проводники уравнивания потенциалов должны быть рассчитаны на повышенные значения силы тока. Расчет поперечных сечений необходимо производить в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305).

**Требования к уравниванию потенциалов:**

- **разделимость проводников,**
  - **надежное соединение,**
  - **разбирается только при помощи инструмента**



<b>M</b>	Корпус (электрооборудование)
<b>C</b>	Чужеродная проводящая часть
<b>B</b>	Шина главного заземления
<b>T1</b>	Фундаментный заземлитель
<b>T2</b>	Заземлитель молниезащиты
<b>LPS</b>	Система молниезащиты
<b>1</b>	Защитный проводник (PE)
<b>2</b>	Проводник уравнивания защитных потенциалов для соединения с шиной главного заземления
<b>3</b>	Проводник уравнивания защитных потенциалов (для дополнительного уравнивания защитных потенциалов)
<b>4</b>	Токоотвод молниезащиты
<b>5</b>	Заземляющий проводник
<b>5a</b>	Проводник функционального заземления молниезащиты
<b>C4</b>	Система кондиционирования воздуха
<b>C5</b>	Отопление
<b>C6/C7</b>	Металлические (канализационные) водопроводные трубы в ванной комнате

Рис. 3.2: Уравнивание потенциалов строительного сооружения

### Уравнивание потенциалов в соответствии с DIN VDE 0100-410/-540 (IEC 60364-4-41 и IEC 60364-5-54)

Защитные проводники должны быть соответствующим образом защищены от механических повреждений, химических или электрохимических разрушений, а также от воздействия электродинамических и термодинамических сил. Коммутационные аппараты не должны быть встроены в защитные проводники. Соединения для испытательных целей допустимы.

### 3.1.2 Исполнения

Что касается уравнивания потенциалов, то каждая система имеет свои требования к окружающим условиям и иные нормативные требования. Для профессиональной реализации уравнивания потенциалов необходимо использовать различные компоненты. Шины уравнивания потенциалов и заземляющие скобы являются при этом основными компонентами электромонтажа. В рамках уравнивания потенциалов молниезащиты они должны соответствовать требованиям и испытаниям, предусмотренным в стандарте VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1).

Материал	Поперечное сечение проводников, соединяющих внутренние металлические проводки с шиной уравнивания потенциалов
Медь	6 мм <sup>2</sup>
Алюминий	10 мм <sup>2</sup>
Сталь	16 мм <sup>2</sup>

Таблица 3.1: Минимальные размеры проводников

### Минимальные поперечные сечения в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) для уравнивания потенциалов молниезащиты

Материал	Поперечное сечение проводников, соединяющих различные шины уравнивания потенциалов друг с другом или с системой заземления
Медь	16 мм <sup>2</sup>
Алюминий	25 мм <sup>2</sup>
Сталь	50 мм <sup>2</sup>

Таблица 3.2: Минимальные размеры проводников, класс защиты I-IV





Рис. 3.3: Шина уравнивания потенциалов «BigBar» производства OBO для промышленного применения



Рис. 3.5: Шина уравнивания потенциалов 1809



Рис. 3.4: Ленточная заземляющая скоба «927» производства OBO



Рис. 3.6: Шина уравнивания потенциалов 1801

### 3.1.2.1 Применение в промышленности

В промышленной среде особенно важно, чтобы применяемые изделия обладали термической и механической стабильностью. Для этого в качестве главной шины заземления или шины уравнивания потенциалов успешно могут применяться предлагаемые компанией OBO шины уравнивания потенциалов 1802 «BigBar».

#### OBO 1802 «BigBar»: (Рис. 3.3)

- испытано 100 кА (10/350) в соответствии с VDE 0185561-1 (IEC 62561-1)
- для применения внутри и снаружи
- версия из нержавеющей стали или меди
- 5 - 20-разъемные версии в наличии
- быстрый монтаж с использованием крепежных болтов

Для присоединения металлических трубопроводов к системе уравнивания потенциалов обычно применяются ленточные заземляющие скобы, такие как ленточная заземляющая скоба 927 производства OBO (Рис. 3.4). Они имеют множество преимуществ при монтаже по сравнению со скобами для крепления труб. Благодаря натяжной ленте из нержавеющей стали они подходят к различным диаметрам труб и материалам.

### 3.1.2.2 Жилой дом и офисное здание

Даже при отсутствии высоких требований к окружающим условиям в частных жилых домах или офисных зданиях должна быть также обеспечена невозможность возникновения опасных контактных напряжений. Шины уравнивания потенциалов типа 1801 и 1809 (Рис. 3.5 и 3.6) выполняют все требования к применению в качестве главной шины заземления или шины уравнивания потенциалов. Все общепринятые поперечные сечения могут быть подсоединены, причем обеспечивается надежность контактов. Для специальных применений OBO предлагает шину уравнивания потенциалов типа 1809 NR из возобновляемых сырьевых материалов и контактной колодки, не содержащей свинца.



Рис. 3.7: EX PAS – шины уравнивания потенциалов для взрывозащитных зон

### 3.1.2.3 Взрывоопасные зоны

Для оборудования, применяемого во взрывоопасных зонах, требуется система уравнивания потенциалов в соответствии с VDE 0165-1 (IEC 60079-14). Все корпуса электропроводящих частей должны быть подключены к системе уравнивания потенциалов. Соединения с уравниванием потенциалов должны быть защищены от самопроизвольного ослабления в соответствии с VDE 0165-1 (IEC 60079-14) и Техническим регламентом эксплуатационной безопасности (ТРЭБ) 2152, Часть 3.

В соответствии с ТРЭБ 2152 Частью 3 и VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) пути для отвода молнии должны быть выполнены таким образом, чтобы нагрев, а также воспламеняющиеся или разлетающиеся искры не стали источником воспламенения взрывоопасной атмосферы.

*Инновационные. Уникальные.  
Запатентованные технологии.*

### Взрывоопасные зоны 1 / 21 и 2 / 22

Уникальная шина уравнивания потенциалов типа EX PAS (Рис. 3.7) (шина уравнивания потенциалов для взрывоопасных зон) применяется для уравнивания потенциалов молниезащиты в соответствии с VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) и уравнивания защитных/функциональных потенциалов в соответствии с DIN VDE 0100 Часть 410/540. Благодаря защищенному дизайну шина уравнивания потенциалов может применяться при строительстве в соответствии с VDE 0165, Часть 1 (IEC 60079-14) и VDE 0185305-3 (IEC 62305-3) в EX-зонах 1/ 21 и 2/ 22.

Отсутствие воспламеняющихся искр во взрывоопасной атмосфере проверено на основе VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1) по категории взрыва IIC и таким образом, может применяться также для категорий взрывоопасности IIA и IIB. Шины уравнивания потенциалов EX PAS не имеют собственного потенциального источника воспламенения и тем самым не подпадают под европейскую директиву 94/9/ЕС. Подтверждено, что шины уравнивания потенциалов типа EX PAS подходят для применения во взрывоопасных зонах 1 / 2 (газы, пары, туман!), а также 21 / 22 (пыль).

Шины EX PAS (шины уравнивания потенциалов для взрывоопасных зон) имеют следующие преимущества:

- отсутствие воспламеняющихся искр
- независимая проверка до 75 кА
- категории взрывоопасности IIC, IIB и IIA

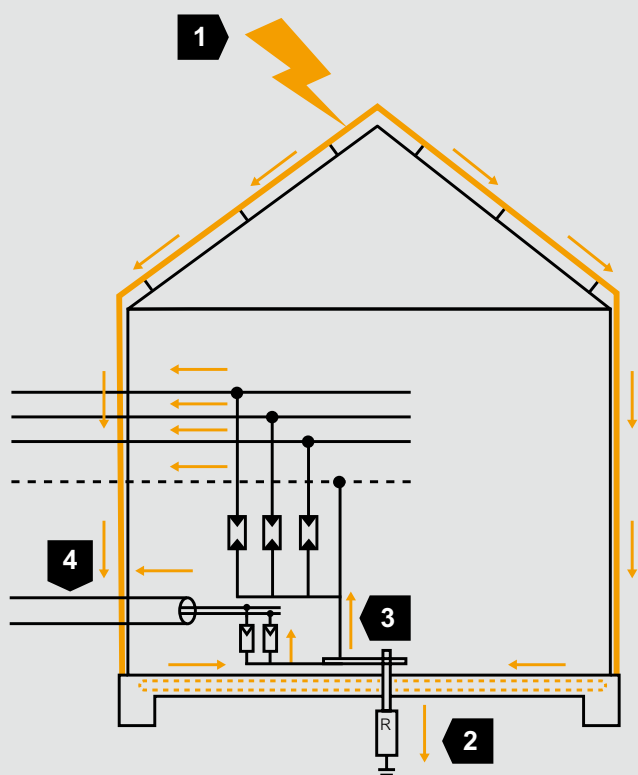
### 3.2 Система защиты от импульсных перенапряжений для энергосистем

Очень высокие перенапряжения возникают в основном вследствие прямых ударов молнии или ударов молнии вблизи энергосистем. Дополнительно токи молнии создают недопустимые импульсные перенапряжения на расстоянии нескольких сот метров посредством емкостных, индуктивных и гальванических вводов в петлях провода. В радиусе до 2 км происходит группирование высоких напряжений. Процессы включения индуктивных нагрузок производят в средневольтной и низковольтной сети опасные перенапряжения. Дополнительную информацию по видам повреждений (S1 - S4) см. Главу 1.3, начиная со стр. 15.

#### 3.2.1 Разряды молнии (LEMP: Lightning Electro Magnetic Impulse)

В соответствии с международным стандартом о молниезащите IEC 62305 прямые удары молнии до 200 кА отводятся надежно. Ток вводится в систему заземления. Из-за падения напряжения на сопротивлении заземления часть тока молнии вводится во внутреннюю проводку. Ток молнии распределяется вновь по введенным питающим линиям (количество введенных жил питающей линии) и примерно на 5 % по имеющимся линиям передачи данных.

Падение напряжения на сопротивлении заземления определяется из произведения тока молнии ( $i$ ) на сопротивление заземления ( $R$ ). Эта разница потенциалов в таком случае находится между локальной землей (уравнивание потенциалов) и заземленными вдали активными проводниками.



*Пиковые перенапряжения создаются ударами молнии. В соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305) имитируются удары молнии с импульсными токами молнии силой до 200кА (10/350 мкс).*

1	Удар	100 %	$I_{\text{имп}} = \text{макс } 200 \text{ кА (IEC 62305)}$
2	Система заземления	~ 50 %	$I = 100 \text{ кА (50 \%)}$
3	Электропроводка	~ 50 %	$I = 100 \text{ кА (50 \%)}$
4	Линия передачи данных	~ 5%	$I = 5 \text{ кА (5 \%)}$

Рис. 3.8: Характерное распределение тока молнии

**Пример распределения земля-система: 50% - 50%**

$$i = 50 \text{ кА}; R=1 \text{ Ом}$$

$$U = i \times R = 50.000 \text{ А} \times 1 \text{ Ом} = 50.000 \text{ В}$$

U	перенапряжение
i	Импульсный ударный ток
R	Сопротивление заземления

Пробивная прочность компонентов превышена, и возникает неконтролируемый пробой. Только разрядники импульсных перенапряжений способны отводить эти опасные напряжения.

**3.2.1.1 Коммутационные операции****(SEMP: Switching electromagnetic pulse / включение электромагнитных импульсов)**

Коммутационные операции возникают путем включения больших индуктивных и емкостных нагрузок, коротких замыканий и прерываний в энергосистеме. Это наиболее частая причина импульсных перенапряжений. В результате этих перенапряжений имитируются импульсные токи до 40 кА (8/20 мкс). Источниками являются, к примеру, электродвигатели, стартеры или промышленные нагрузки.

**3.2.1.2 Статические разряды (ESD: Electrostatic discharge)**

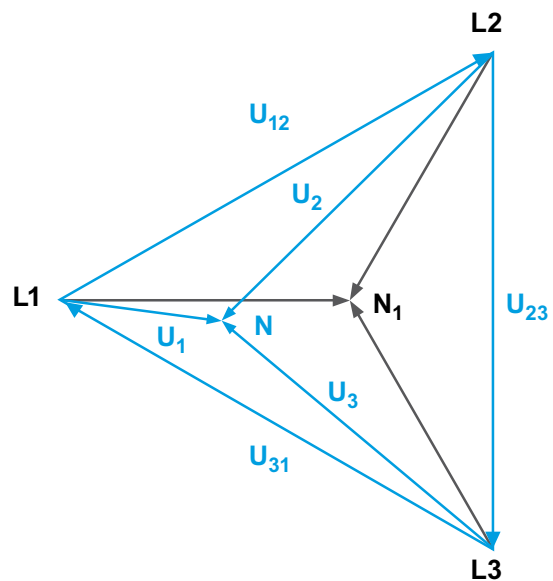
Электростатические разряды возникают в результате трения. При хождении по ковровому покрытию пола создается разделение зарядов, которое, однако, безопасно для людей. Но для электронных компонентов оно чревато неисправностями и разрушениями. В этом случае для предотвращения разделения заряда необходимо уравнивание потенциалов.

**3.2.2 Виды перенапряжений****3.2.2.1 Переходные перенапряжения**

Переходные перенапряжения – это кратковременные перенапряжения в микросекундном диапазоне. Молнии и коммутационные операции создают высокие переходные перенапряжения, от последствий которых защищают устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).

**3.2.2.2 Временные и постоянные перенапряжения**

Временные перенапряжения возникают в результате ошибок в сети. Так, например, из-за прерывания нейтрального проводника происходит недопустимое повышение напряжения в сети трехфазного тока. Напряжение превышает максимально допустимое сетевое напряжение, в результате чего происходит повреждение и разрушение электронных приборов, а установленные УЗИП не могут защитить от этих длительных частот в сети. Такие ошибки частоты сети длятся от нескольких секунд до нескольких часов.



U1	Фаза (L1) напротив нейтрального проводника (N)
U2	Фаза (L2) напротив нейтрального проводника (N)
U3	Фаза (L3) напротив нейтрального проводника (N)
U12	Фаза (L1) напротив фазы (L2)
U23	Фаза (L2) напротив фазы (L3)
U31	Фаза (L3) напротив фазы (L1)

Рис. 3.9: Последствия прерывания нейтрального проводника: смещение нейтральной точки при асимметрии

**3.2.3 Методы проектирования**

В Части 4 стандарта о молниезащите VDE 0185-305 (IEC 62305) описывается защита электрических и электронных систем. Далее, в стандартах по безопасности и электромонтажу VDE 0100 (IEC 60364) в качестве важной меры защиты в низковольтных установках предусмотрены требования по мерам защиты от импульсных перенапряжений.

### 3.2.3.1 Концепция зон молниезащиты

Целесообразной и эффективной оказалась концепция зон молниезащиты (LPZ = lightning protection zone), описанная в международном стандарте VDE 0185-305-4 (IEC 62305-4). Основу концепции зон молниезащиты составляет принцип ступенчатого уменьшения импульсных перенапряжений до безопасного уровня, прежде чем они смогут достичь оконечных приборов и нанести им ущерб. Для того, чтобы реализовать этот принцип, вся энергосеть здания разделяется на зоны молниезащиты.

Участки и части здания, в которых требуется одинаковый уровень защиты, определяются как зоны. На каждом переходе из одной зоны в другую реализуется уравнивание потенциалов. Металлические части напрямую подсоединяются к уравниванию потенциалов, а между активными проводниками и потенциалом земли устанавливается защита от импульсных перенапряжений, которая должна соответствовать необходимому классу требований (тип 1, 2 или 3).

### Преимущества концепции зон молниезащиты

- минимизация вводов перенапряжений в другие проводящие системы путем отвода опасных токов молнии с большим запасом энергии непосредственно на точке входа в здание и на межзоновом переходе проводов
- локальное уравнивание потенциалов в пределах защитной зоны
- сокращение неисправностей, вызванных магнитными полями
- экономически эффективная и оптимально планируемая индивидуальная концепция защиты для новых зданий, пристроек и реконструированных зданий.



LPZ 0 A	Незащищенная зона за пределами здания. Прямое воздействие молнии, отсутствие экранирования от электромагнитных мешающих импульсов LEMP (Lightning Electromagnetic Pulse / электромагнитные импульсы молнии)
LPZ 0 B	Защищенная наружным молниеотводом зона. Отсутствие экранирования от LEMP
LPZ 1	Зона внутри здания. Возможны незначительные частичные поступления энергии молнии
LPZ 2	Зона внутри здания. Низкие перенапряжения
LPZ 3	Зона внутри здания (также может быть металлический корпус потребителя). Отсутствие мешающих импульсов от LEMP, а также перенапряжения

Рис. 3.10: Разделение здания на зоны молниезащиты (LPZ)



### 3.2.3.1.1 Типовые классы УЗИП

УЗИП (SPD = surge protective device), производимые компанией OBO, подразделяются в соответствии с VDE 0675-6-11 (IEC 61643-11) на три типовых класса: тип 1, тип 2 и тип 3 (class I, class II und class III). В этих стандартах установлены директивы, а также требования и испытания для устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), применяемых в сетях переменного тока с номинальным напряжением до 1000 В перем. тока и номинальной частотой от 50 до 60 Гц.

**T1**



#### Молниезащитный разрядник, тип 1

Молниезащитные разрядники типа 1 / class I устанавливаются на входе в здание. Подключение осуществляется параллельно внешним линиям энергосети. Прямой удар молнии имитируется контрольными импульсами до 100 кА формы импульса 10/350 мкс. Уровень защиты в данном случае должен быть ниже 4000 В. После согласования с местной энергоснабжающей организацией и при условии соответствия директиве VDN (Ассоциации немецких операторов сети) возможно также применение главного счетчика.

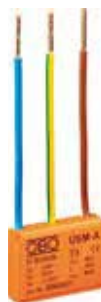
**T2**



#### Разрядник импульсных перенапряжений, тип 2

Разрядник импульсных перенапряжений типа 2 / class II применяется в главных и вторичных распределительных пунктах. Защитные приборы должны устанавливаться перед устройством защитного отключения УЗО (RCD), иначе оно будет расценивать отводимый импульсный ток как аварийный ток и прервет электрическую цепь. Перенапряжения имитируются контрольными импульсами, как правило, 20 кА формы импульса 8/20 мкс. Для защиты чувствительных систем управления уровень защиты должен быть ниже 1500В.

**T3**



#### Разрядник импульсных перенапряжений, тип 3

Разрядники импульсных перенапряжений типа 3 / class III применяются для защиты от индуктивных вводов и коммутационных перенапряжений в электрических цепях оконечных приборов. Данные перенапряжения возникают в основном между фазой (L) и нейтральным проводником (N). Посредством Y-включения проводники L и N предохранены варистором, и происходит установление соединения с защитным проводником PE через искровой промежуток. За счет данного защитного включения происходит отвод поперечных перенапряжений без восприятия их как аварийного тока устройством защитного отключения (УЗО) и без отключения. Перенапряжения имитируются гибридным контрольным импульсом до 20 кВ и 10 кА формы импульса 1,2/50 мкс и 8/20 мкс. Для защиты чувствительных систем управления уровень защиты должен быть ниже 1500 В. Концепция защиты от импульсных перенапряжений учитывает все токопроводящие соединения и имеет уровневую структуру. Каждый последующий уровень защиты основывается на предыдущем, и каждый уровень сокращает запас энергии перенапряжения.

### 3.2.3.1.2 Правильный выбор УЗИП

Данная классификация по типам позволяет выбрать устройства защиты с точки зрения различных требований к месту применения, уровню защиты и способности вынести нагрузку по току. Обзор межзонных переходов представлен в **Таблице 3.3**. Она поясняет одновременно, какие УЗИП производства OBO и с какой функцией могут применяться в энергоснабжающей сети.



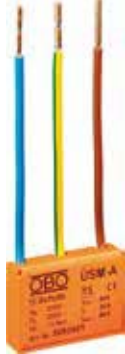
Межзонный переход	Устройство защиты и тип прибора	Пример изделия	Изображение изделия
Из LPZ 0 В в LPZ 1	Средство защиты для уравнивания потенциалов молниезащиты в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305) при прямых или близких ударах молнии. Приборы: тип 1 (class I), например, MCD50-B Макс. уровень защиты в соответствии с нормой: 4 кВ Уровень защиты OBO: < 1,3 кВ Установка, например, в главном распределительном пункте /на входе в здание	MCD Арт. №: 5096 87 9	<b>T1</b> 
Из LPZ 1 в LPZ 2	Средство защиты для уравнивания потенциалов молниезащиты в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305) при прямых или близких ударах молнии. Приборы: тип 2 (class II), например, V20 Макс. уровень защиты в соответствии с нормой: 1,5 кВ Уровень защиты OBO: < 1,3 кВ Установка, например, в главном распределительном пункте /на входе в здание	V20 Арт. №: 5095 25 3	<b>T2</b> 
Из LPZ 2 в LPZ 3	Устройство защиты от импульсных перенапряжений нестационарных потребителей электроэнергии на розетках и источниках электропитания. Приборы: тип 3 (class III), например, ÜSM-A Макс. уровень защиты в соответствии с нормой: 1,5 кВ Уровень защиты OBO: < 1,3 кВ Установка, например, на устройстве конечного потребителя	ÜSM-A Арт. №: 5092 45 1	<b>T3</b> 

Таблица 3.3: Межзонные переходы

**3.2.3.2 Устройства защиты в различных сетевых системах**

**4-проводниковые сети, сетевая система TN-C**

В сетевой системе TN-C снабжение электрической установки осуществляется посредством трех внешних проводников (L1, L2, L3) и комбинированного проводника PEN. Применение описывается в стандарте VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53). (Рис. 3.11)

**Молниезащитный разрядник, тип 1**

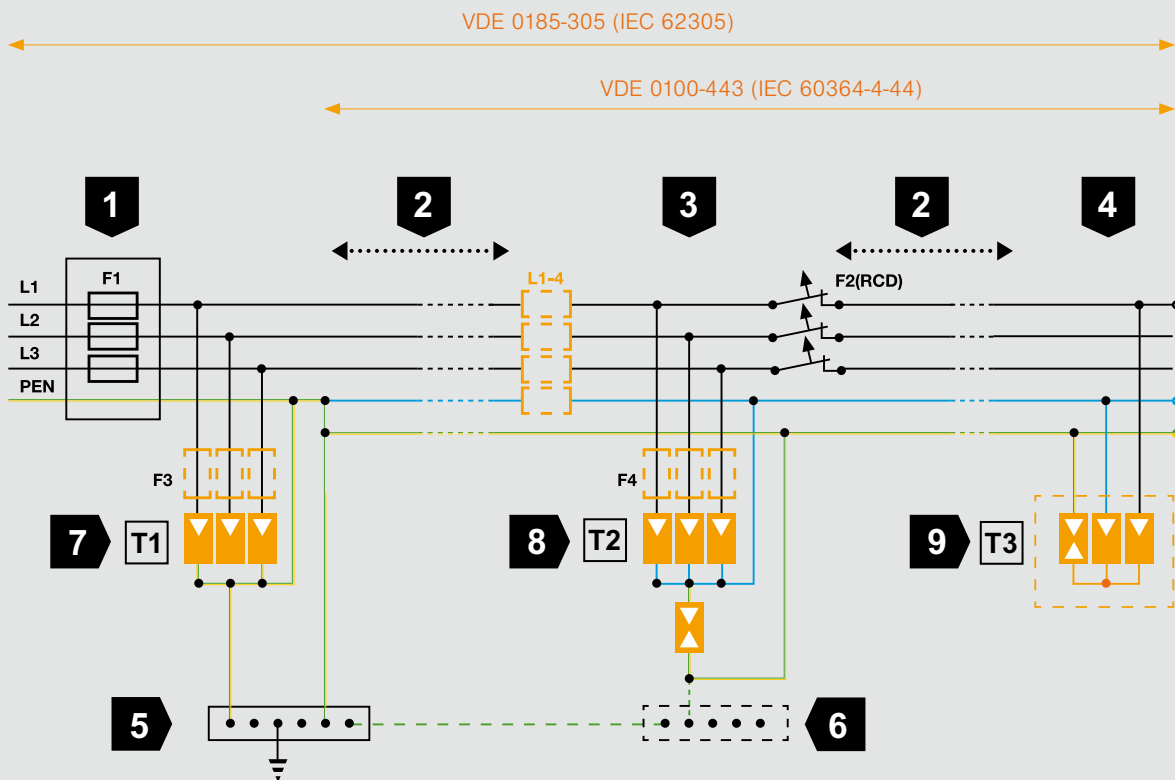
Молниезащитные разрядники типа 1 и комбинированный проводник применяются 3-полюсно (например, три раза по MCD 50-B).

**Разрядник импульсных перенапряжений, тип 2**

Разрядники импульсных перенапряжений типа 2 применяются при включении «3+1» (например, V20 3+NPE). При включении «3+1» внешние проводники (L1, L2, L3) через разрядник подключаются к нейтральному проводнику (N). Нейтральный проводник (N) соединяется через суммарный искровой промежуток с защитным проводником (PE).

**Разрядник импульсных перенапряжений, тип 3**

Разрядники импульсных перенапряжений типа 3 применяются в электрических цепях оконечных приборов. Посредством Y-включения проводники L и N предохранены варистором, и происходит установление соединения с защитным проводником PE через суммарный искровой промежуток (например, BSM-A).



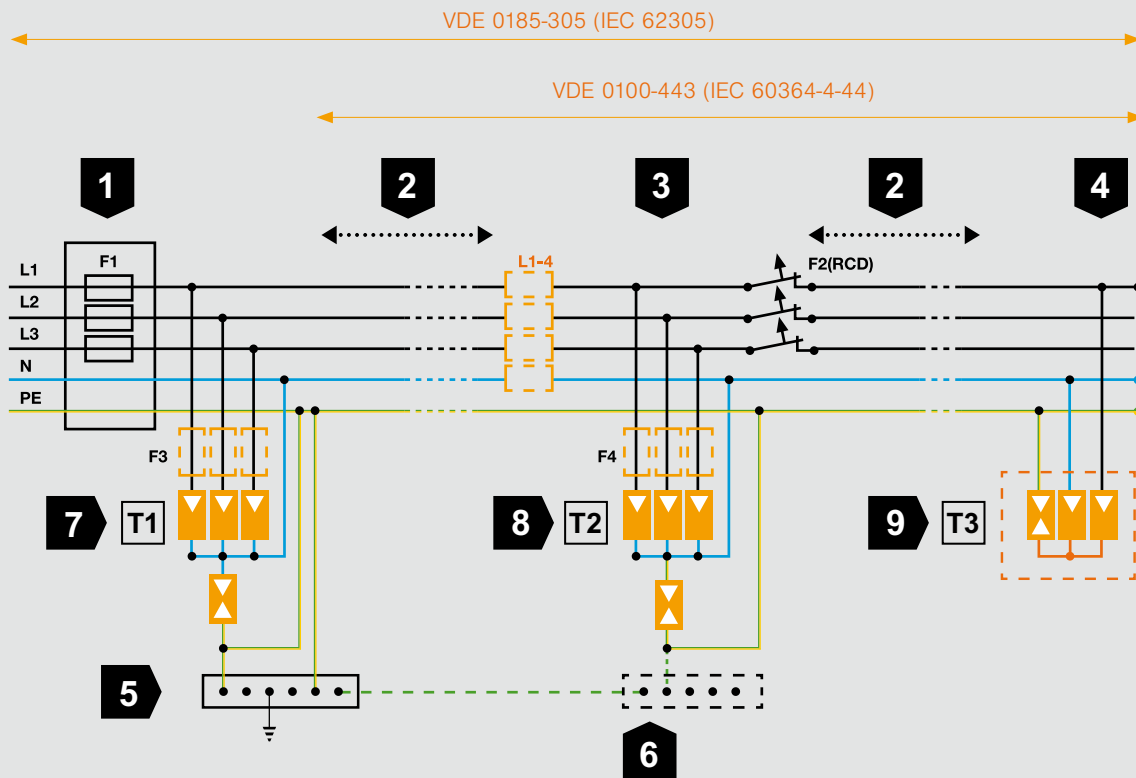
1	Предохранитель установки F1
2	Длина провода между разрядниками
3	Распределитель контура тока, например, вторичный распределительный пункт
4	Конечная электрическая цепь
5	Главная шина заземления (ГШЗ)

6	Локальная шина уравнивания потенциалов (ШУП)
7	Тип 1 (class I) Разрядник импульсных перенапряжений
8	Тип 2 (class II) Разрядник импульсных перенапряжений
9	Тип 3 (class III) Разрядник импульсных перенапряжений

Рис. 3.11: 4-проводниковые сети, сетевая система TN-C и область применения стандартов

**5-проводниковые сети, сетевые системы TN-S и TT**

В сетевой системе TN-S снабжение электрической установки осуществляется посредством трех внешних проводников (L1, L2, L3), нейтрального проводника (N) и заземляющего проводника (PE). В сети TT, наоборот, электрическая установка снабжается тремя внешними проводниками (L1, L2, L3), нейтральным проводником (N) и локальным заземляющим проводником (PE). Применение описывается в стандарте VDE 0100-534 (IEC 61643-11).



1	Предохранитель установки F1
2	Длина провода между разрядниками
3	Распределитель контура тока, например, вторичный распределительный пункт
4	Конечная электрическая цепь
5	Главная шина заземления (ГШЗ)

6	Локальная шина уравнивания потенциалов (ШУП)
7	Тип 1 (class I) Молниезащитный разрядник импульсных перенапряжений
8	Тип 2 (class II) Разрядник импульсных перенапряжений
9	Тип 3 (class III) Разрядник импульсных перенапряжений

Рис. 3.12: 5-проводниковые сети, сетевые системы TN-S и TT

**Преимущества включения «3+1»:**

- универсально подходит для сетей TN и TT
- изолирующий искровой промежуток между нейтральным проводником (N) и заземляющим проводником (PE)
- Низкий уровень защиты между фазой (L) и нейтральным проводником (N)

**Молниезащитный разрядник, тип 1**

Молниезащитные разрядники типа 1 применяются во включении «3+1» (например, три раза по МС 50-В и 1 раз МС 125-В NPE). При 3+1-включении внешние проводники (L1, L2, L3) через разрядник подключаются к нейтральному проводнику (N). Нейтральный проводник (N) соединяется через суммарный искровой промежуток с защитным проводником (PE). После согласования с местной энергоснабжающей организацией и при условии соответствия директиве VDN (Ассоциации немецких операторов сети) возможно также применение главного счетчика.

**Разрядник импульсных перенапряжений, тип 2**

Разрядники импульсных перенапряжений типа 2 применяются во включении «3+1» (например, V20 - 3+NPE). При включении «3+1» внешние проводники (L1, L2, L3) через разрядник подключаются к нейтральному проводнику (N). Нейтральный проводник (N) соединяется через суммарный искровой промежуток с защитным проводником (PE).

Разрядники должны устанавливаться перед устройством защитного отключения УЗО (RCD), иначе оно будет расценивать отводимый импульсный ток как аварийный ток и прервет электрическую цепь.

**Разрядник импульсных перенапряжений, тип 3**

Разрядники импульсных перенапряжений типа 3 применяются для защиты от коммутационных перенапряжений в электрических цепях оконечных приборов. Данные поперечные перенапряжения возникают в основном между фазой (L) и нейтральным проводником (N). Посредством Y-включения проводники L и N предохранены варистором, и происходит установление соединения с защитным проводником PE через суммарный искровой промежуток. За счет данного защитного включения между L и N при поперечных перенапряжениях импульсный ток не проводится к PE, поэтому устройство защитного отключения (УЗО) не расценивает это как аварийный ток. Соответствующие технические характеристики можно найти на страницах с информацией о продукции.

**3.2.3.3 Критерии выбора (пробивная прочность оконечных приборов – уровень защиты). Помощь в выборе**

Для участков электропроводки в соответствии с нормой по электромонтажу VDE 0110 (IEC 60664) установлена расчетная устойчивость к импульсным переходным перенапряжениям. Пробивная прочность оконечных приборов согласуется с уровнями защиты устройств молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений. Согласование изоляции должно проводиться в соответствии с VDE 0110 (EN 60664).

Номинальное напряжение системы электроснабжения <sup>1</sup> (сеть) в соответствии с IEC 60038 <sup>3</sup>		Напряжение провода отводится к нейтральному проводнику с номинальным переменным или номинальным постоянным напряжением до (включительно) В	Расчетное импульсное напряжение <sup>2</sup> , В			
			Категория перенапряжения <sup>4</sup>			
трехфазная	однофазная		I	II	III	IV
	120/240	50	330	500	800	1500
		100	500	800	1500	2500
		150	800	1500	2500	4000
230/400 277/480		300	1500	2500	4000	6000
400/690		600	2500	4000	6000	8000
1000		1000	4000	6000	8000	12 000

<sup>1</sup> Применение на имеющихся отличающихся низковольтных сетях и их номинальное напряжение – см. Приложение

<sup>2</sup> Электрооборудование с данным расчетным импульсным напряжением должно применяться в установках в соответствии с IEC 60364-4-443.

<sup>3</sup> Слэш / означает трехфазную 4-проводниковую систему. Более низкое значение - это напряжение от проводника к нейтральному проводнику, в то время как более высокое значение означает напряжение от проводника к проводнику. Там, где указано только одно значение, оно относится к трехфазным 3-проводниковым системам и обозначает напряжение от проводника к проводнику.

<sup>4</sup> Для пояснения категорий перенапряжения см. 2.2.2.1.1.

Таблица 3.4: Расчетное импульсное напряжение для электрооборудования в соответствии с нормой по электромонтажу VDE 0110 (IEC 60664)



Расчетное импульсное напряжение зависит от категории перенапряжений и составляет, например, в случае категории перенапряжения I для однофазного подключения к сети переменного тока 230 В мин. 1,5 кВ. Разрядник импульсных перенапряжений должен ограничивать напряжение до данного или более низкого значения.

Уровень защиты разрядника импульсных перенапряжений представляет максимально возникающее напряжение при нагрузке по номинальному импульсному току. Если возникший импульс импульсного напряжения меньше номинального импульсного тока, то напряжение при срабатывании, а вместе с ним и уровень защиты, понижается.

**Требуемый уровень защиты для электрооборудования 230/400 В в соответствии с VDE 0100-443 (IEC 60364-4-443)**

1	Электрооборудование на точке питания установки
2	Электрооборудование как часть стационарной проводки
3	Электрооборудование для подключения к проводке
4	Электрооборудование, требующее специальной защиты
5	Место проводки, например, главный распределительный пункт
6	Место проводки, например, вторичный распределительный пункт
7	Место проводки, например, оконечные приборы
8	Требование (зеленая линия)
9	Устройства защиты ОВО (оранжевая линия)

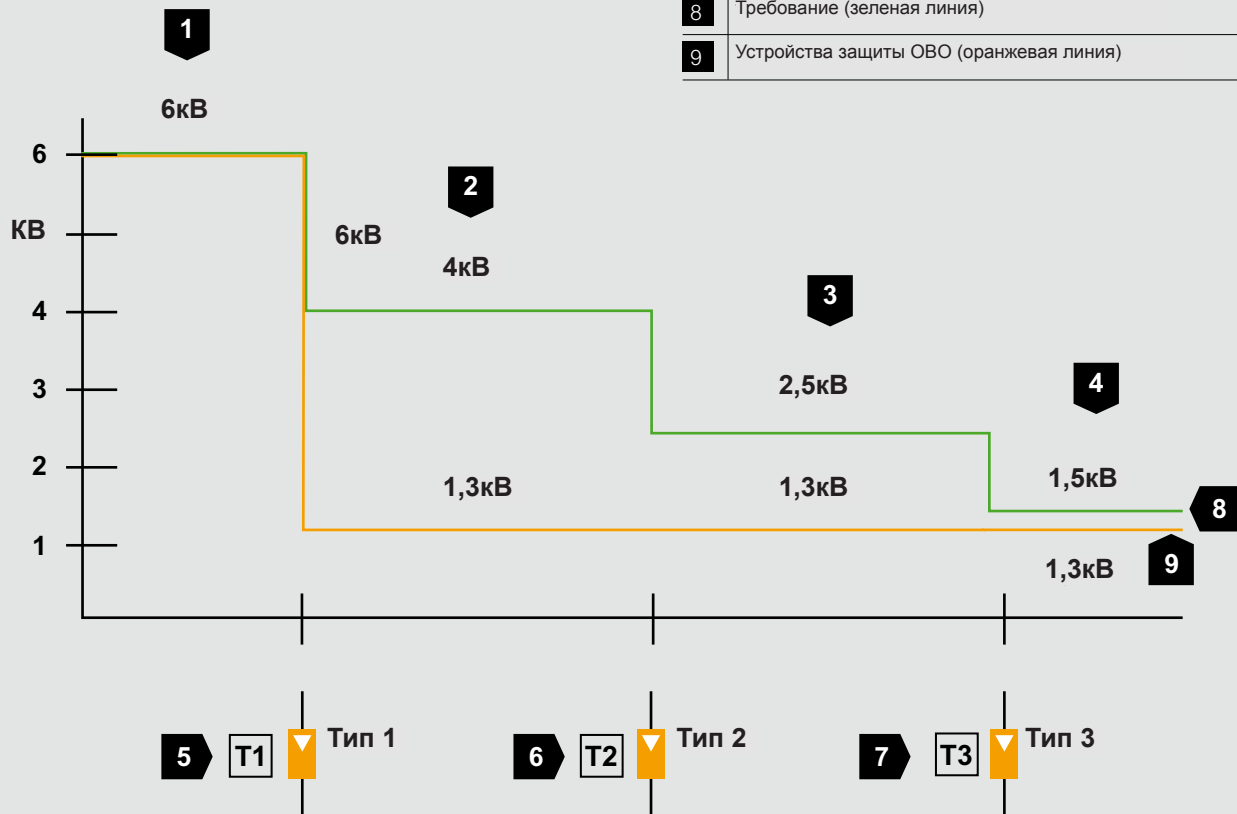


Рис. 3.13: Согласование изоляции в соответствии с VDE 0110-1 (EN 60664-1)

### 3.2.3.4 Предписания по электромонтажу

В стандарте по электромонтажу устройств защиты от импульсных перенапряжений VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) рассматривается защита от перенапряжений, обусловленных непрямыми и удаленными ударами молний, а также коммутационными операциями. В соответствии с нормой применяются термины «устройство для защиты от импульсных напряжений» (УЗИП) и «прибор для защиты от импульсных напряжений» (ПЗИП), а также в международном варианте «surge protective device» (SPD). Для повышения эксплуатационной готовности низковольтных установок даются указания по их выбору и сооружению. В зданиях с системой внешней молниезащиты в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305) вводимые извне питающие линии должны включаться в уравнивание потенциалов молниезащиты на межзонных переходах из зоны молниезащиты 0 в зону 1 при помощи УЗИП типа 1.

В зданиях без системы молниезащиты стандарт VDE 0100-443 (IEC 60364-4-43) описывает применение и необходимость УЗИП.

#### 3.2.3.4.1 Минимальные поперечные сечения для уравнивания потенциалов молниезащиты

Длина соединительного провода у УЗИП является неотъемлемой частью стандарта по электромонтажу VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53). Для защиты оборудования и приборов максимальное перенапряжение должно соответствовать значениям, которые меньше или равны устойчивости защищаемых приборов к импульсным напряжениям. Уровень защиты УЗИП и падение напряжения на подводах в сумме должны оставаться ниже пробивной прочности. Для минимизации падения напряжения на подводе длина провода и вместе с тем его индуктивность должны быть как можно меньше. Стандарт VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) рекомендует общую длину соединения на УЗИП менее 0,5 м (но не более 1 м).

Для уравнивания потенциалов молниезащиты следует принять во внимание следующие минимальные поперечные сечения: для меди действует поперечное сечение провода 16 мм<sup>2</sup>, для алюминия 25 мм<sup>2</sup>, а для железа 50 мм<sup>2</sup>. На переходе зон молниезащиты из LPZ 0B в LPZ 1 все металлические проводки должны быть включены в уравнивание потенциалов. Активные провода должны быть заземлены посредством соответствующих разрядников импульсного перенапряжения.

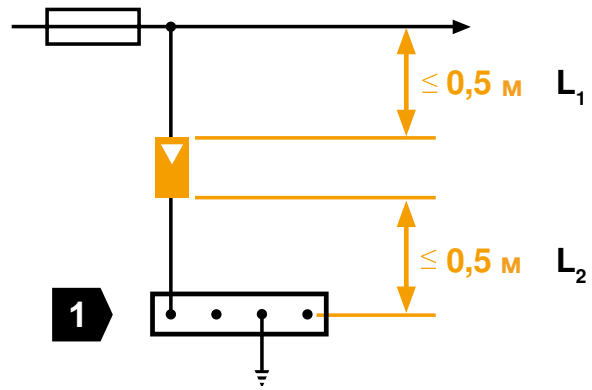


Рис 3.14: Максимальная длина подвода в соответствии с VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53)

1	Главная шина заземления или шина защитного проводника
L <sub>1</sub>	Подвод к устройству защиты
L <sub>2</sub>	Соединение устройства защиты с системой уравнивания потенциалов

#### 3.2.3.4.2 Длина соединения, альтернативная V-образная разводка и поперечные сечения

При включении УЗИП, обусловленном перенапряжением, во всех проводах, предохранителях и устройствах защиты протекает импульсный ток. На полном электрическом сопротивлении проводов создается падение напряжения. При этом омические компоненты незначительны по сравнению с индуктивными компонентами.

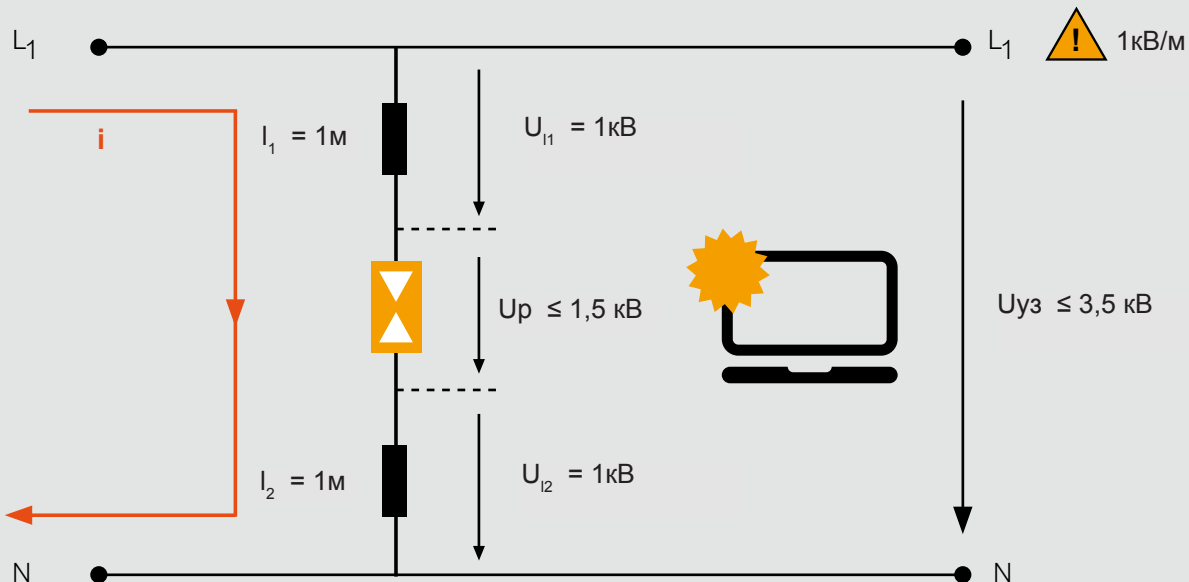


Рис. 3.15: Падение напряжения на подводе при нагрузке по импульсному току (*i* — ток молнии, *U<sub>уз</sub>* — перенапряжение на устройстве защиты)

Длина соединительных проводов должна учитываться. Из-за высокой индуктивности *L* при мгновенно увеличивающемся токе (100-200 кА/ мкс) создается значительный рост напряжения. Условие: 1 кВ на 1 м

Для динамического падения напряжения *U<sub>дин</sub>* при этом действует следующее уравнение:

$$U_{дин} = I \times R + (di/dt) L$$

$$U_{дин} = 10 \text{ кА} \times 0,01 \text{ Ом} + (10 \text{ кА} / 8 \text{ мкс}) \times 1 \text{ мкГн}$$

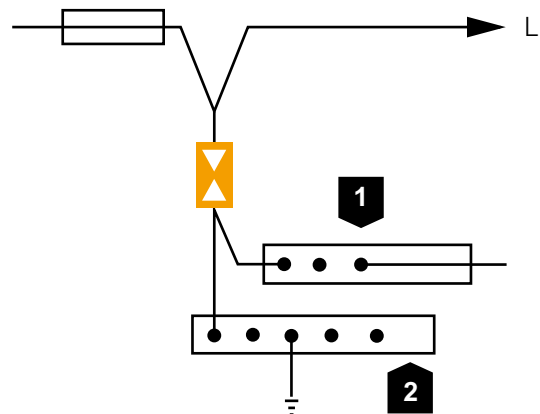
$$U_{дин} = 100 \text{ В} + 1.250 \text{ В} = 1.350 \text{ В}$$

<i>U<sub>дин</sub></i>	Падение напряжения на проводе
<i>i</i>	Импульсный ударный ток
<i>R</i>	Омическое сопротивление провода
<i>di/dt</i>	Д изменение тока / Д время
<i>L</i>	Индуктивность провода (условие: 1 мкГн / м)

Падение динамического напряжения *U<sub>дин</sub>* определяется из произведения индуктивных компонентов и изменения тока по отношению к времени (*di/dt*). Эти переходные перенапряжения составляют несколько десятков кА.

### V-образная разводка

В качестве альтернативы для присоединения УЗИП следует назвать V-образную технологию соединения. При этом для подключения УЗИП не используются отдельные отводы проводов.



1	Шина защитного проводника
2	Главная шина уравнивания потенциалов

Рис. 3.16: V-образная разводка

Соединительный провод к УЗИП имеет решающее значение для оптимального уровня защиты. Согласно международной директиве по электромонтажу IEC длина тупикового фидера к разряднику и длина провода к устройству защиты для уравнивания потенциалов в каждом отдельном случае должна составлять менее 0,5 м. Если провода имеют длину, превышающую 0,5 м, то необходимо выбрать V-образную разводку.

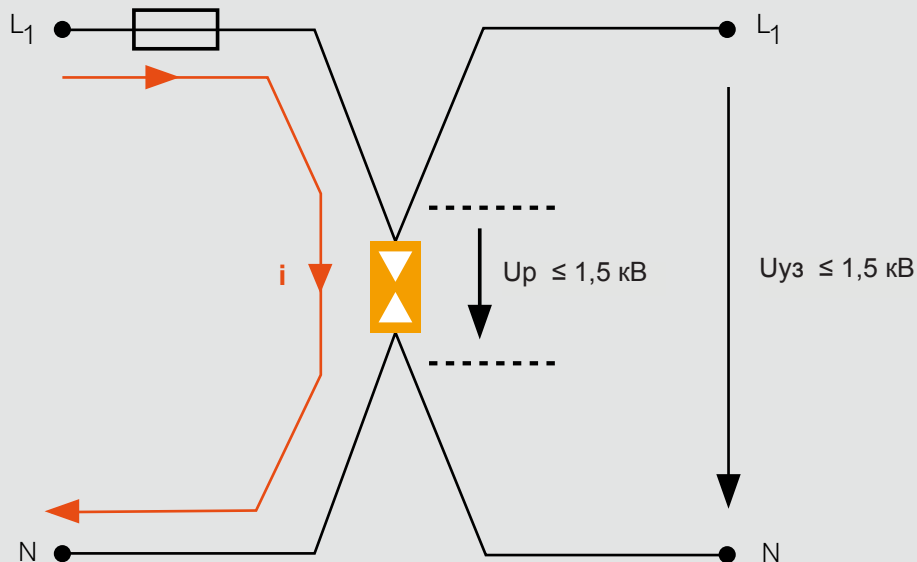
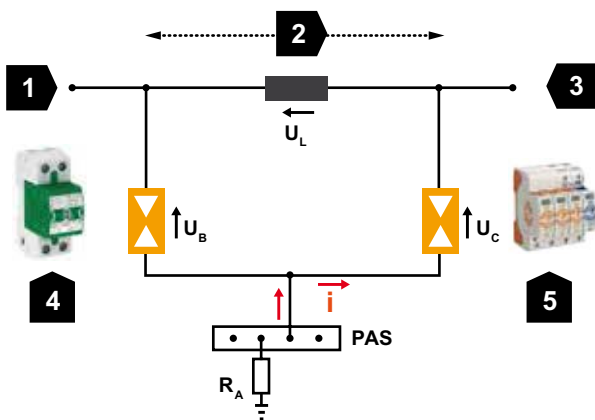


Рис. 3.17: V-образная разводка на разряднике импульсных перенапряжений в соответствии с VDE 0100-534 (IEC 60634-5-53) ( $i$ =ток молнии |  $U_{уз}$ =перенапряжение на устройстве защиты)



1	Сетевое электропитание
2	Длина провода
3	Потребитель
4	Молниезащитный разрядник MC 50-B с напряжением при срабатывании 2 кВ
5	Разрядник импульсных напряжений V20 с напряжением при срабатывании 1,3 кВ

Рис. 3.18: Согласованное применение устройств защиты

Молниезащитные разрядники и разрядники импульсных напряжений выполняют различные задачи. В то время как разрядники импульсных напряжений T2 на базе варистора срабатывают очень быстро и ограничивают опасное перенапряжение, молниезащитные разрядники T1 принимают также максимальные токи молнии и могут отводить их вплоть до прямого удара без повреждений. Эти разрядники должны применяться согласованно. Данное согласование обеспечивается за счет имеющейся длины проводов или специальных молниезащитных разрядников (серия MCD). Так, например, в защитном наборе применяются разрядники типа 1 и типа 2 (классы B и C) непосредственно рядом друг с другом.

#### Пример

1. Длина провода > 5 м  
Дополнительный ввод не требуется

2. Длина провода < 5 м  
Применить ввод: MC 50-B VDE + LC 63 + V20-C

#### Альтернатива

MCD 50-B + V20-C

Дополнительный ввод не требуется  
(например, защитный набор)

Материал	Поперечное сечение проводников, соединяющих различные шины уравнивания потенциалов друг с другом или с системой заземления	Поперечное сечение проводников, соединяющих внутренние металлические проводки с шиной выравнивания потенциалов
Медь	16 мм <sup>2</sup>	6 мм <sup>2</sup>
Алюминий	25 мм <sup>2</sup>	10 мм <sup>2</sup>
Сталь	50 мм <sup>2</sup>	16 мм <sup>2</sup>

Таблица 3.5: Минимальные размеры проводников уравнивания потенциалов, класс защиты I - IV

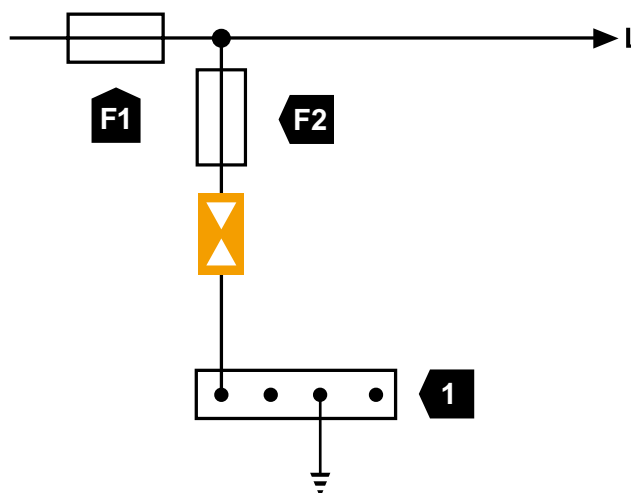
### Поперечные сечения

В соответствии с VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) молниезащитные разрядники типа 1 или типов 1+2 должны быть подсоединены к медному проводнику, способному выдержать нагрузку по току молнии, поперечным сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>. УЗИП типа 2 должны быть подсоединены к медному проводнику с минимальным сечением не менее 4 мм<sup>2</sup> или к имеющимся на рынке проводникам с минимальным соединительным поперечным сечением 6 мм<sup>2</sup>. Дополнительно должны учитываться максимальные возникающие токи короткого замыкания на месте установки.

### 3.2.3.4 Входной предохранитель

Для защиты от коротких замыканий в УЗИП устанавливается входной предохранитель (F 2). Для всех приборов ОВО предусмотрены предохранители с максимальными значениями. Однако, если в установке предлежащий предохранитель (F 1) имеет меньшее или равное максимальному предохранительному току значение, то отдельный предохранитель /резервный предохранитель (F 2) перед УЗИП не требуется. Если значение предохранителя установки (F 1) больше, то необходимо использовать предохранитель перед устройством защиты в соответствии с указанным максимальным значением предохранителя. Предохранитель (F 2) перед устройством защиты должен быть по возможности рассчитан на максимальное значение. Способность предохранителей к выдерживанию импульсной нагрузки возрастает по мере увеличения номинальных значений предохранителя.

*Небольшие предохранители могут быть разрушены импульсными токами с большим запасом энергии.*



1	Главная шина заземления
F1	Предохранитель установки
F2	Резервный предохранитель

Рис. 3.19: Входной предохранитель на УЗИП



### 3.2.3.5 Цепь защиты

Только эффективная цепь защиты в качестве полной меры защиты от импульсных напряжений способна предотвратить опасные разности потенциалов на защищаемых устройствах и установках. Для реализации концепции защиты от импульсных перенапряжений защищаемые устройства и установки должны быть зарегистрированы и по возможности распределены по установленным зонам защиты от импульсных перенапряжений (LPZ = зона молниезащиты).

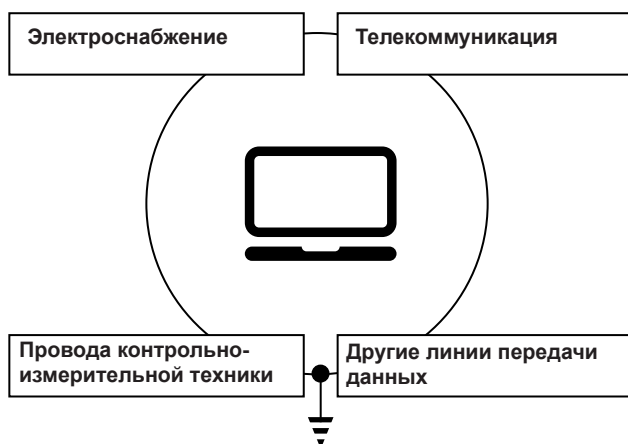


Рис. 3.20: Цепь защиты вокруг электрического прибора

Электрические цепи, которые должны быть включены в систему уравнивания потенциалов:

- Линии электропередачи
- Сетевые линии и линии передачи данных
- Телекоммуникационные линии
- Антенные провода
- Управляющие линии
- Металлические трубопроводы

(например, водопроводные и канализационные трубы)

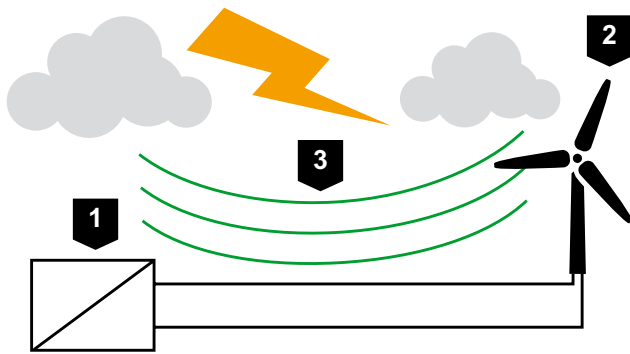
Провода должны быть включены в локальное уравнивание потенциалов напрямую или с помощью соответствующих разрядников. Самая лучшая концепция молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений может не дать никакого эффекта, если не все электрические и металлические провода, ведущие в здание или цепь защиты, включены в концепцию защиты.

### 3.2.4 Конструктивное исполнение

Уже на этапе проектирования строительных сооружений и электрооборудования должны учитываться и согласовываться меры по молниезащите и защите от импульсных перенапряжений, а также другие меры, например, строительная противопожарная защита. Должны соблюдаться требования законов, например, Земельных строительных правил и действующих стандартов. Концепция защиты должна быть согласована между проектировщиком, специалистами по молниезащите и электротехнике, а также эксплуатирующим предприятием/застройщиком. Дополнительно должны быть учтены требования страховых компаний и сетевых организаций.

#### 3.2.4.1 Установка имеющегося устройства защитного отключения (УЗО/RCD)

За долю секунды УЗИП создают многополюсное уравнивание потенциалов. Разрядники импульсных перенапряжений для достижения максимальной эксплуатационной готовности должны устанавливаться перед УЗО. Таким образом, импульсный ток будет отводиться сначала к земле, а ложное срабатывание будет сведено к минимуму. В сети ТТ установка перед УЗО согласно VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) допускается только при так называемом включении «3+1». В этом случае три внешних проводника подключаются к нейтральному проводнику через разрядник импульсных перенапряжений, а для заземления используется изолированный искровой промежуток N-PE. Если установка разрядника импульсного напряжения возможна только после УЗО, то необходимо использовать УЗО, устойчивое к импульсному току.



1	Трансформаторная станция/сетевое подключение
2	Ветрогенератор
3	Вводы от токов молнии

Рис. 3.21: Меры молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений ветрогенераторов

### Глава 3.2.2.1 Ветрогенераторы

Согласно IEC 62305 при грозовом разряде возможны токи молнии до нескольких сот кА. Высокие импульсные токи с быстротечным подъемом приводят к возникновению изменяемого во времени магнитного поля, которое концентрированно распространяется вокруг разрядного канала молнии. Данное изменяемое во времени магнитное поле проходит в петли проводников силовых и телекоммуникационных систем внутри ветрогенератора. Образовавшиеся взаимные индуктивности *M* могут индуцировать высокие импульсные перенапряжения, которые нарушают работу установленной электроники и даже способны ее разрушить. Физическая зависимость основывается на законе индукции и может быть представлена следующим образом.

*M* соответствует взаимной индуктивности петель проводников. Чем выше площадь *M* или чем выше и быстрее время подъема тока молнии, тем выше ожидаемое вводимое перенапряжение.

$$u = M \times \frac{di}{dt}$$

<i>M</i>	Взаимная индуктивность
<i>di/dt</i>	Изменение тока/время

### Меры защиты в энергетических системах

Для защиты чувствительной электроники внутри ветрогенератора обязательным является разрядник импульсного перенапряжения типа 2. Для установки данных разрядников необходимо, однако, соблюдать техническое требование в соответствии с VDE 0100-534, которое далее рассматривается более подробно. Основополагающим требованием предприятий, эксплуатирующих ветрогенераторы, является условие, чтобы электронная система снабжения была выполнена с учетом ЭМС (электромагнитная совместимость) для предотвращения паразитных токов на экранах проводов и на защитном проводнике. В ветрогенераторах встречаются различные варианты исполнения сетей, а также разные значения напряжения. Это могут быть как сети 230/400В, так и 400/690В. Специально для сетей 400/690В должны соблюдаться специальные требования по защите от импульсных перенапряжений.

### Рассмотрение датчиков ветрогенераторов

Современные ветрогенераторы применяют так называемое «питч-регулирование». Электронные системы управления и система контроля числа оборотов защищены от выхода из строя посредством молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений.

### Рекомендуемые места установки в ветрогенераторах

Поскольку вводимое перенапряжение постоянно подается на обеих сторонах провода, каждое устройство в пределах структуры должно быть защищено. Так как именно в ветрогенераторах имеются протяженные пути проводов с большой площадью, чувствительные приборы в пределах шины должны всегда подсоединяться перед оконечным прибором при помощи защиты от импульсных перенапряжений (SPD). Особо отметим, что в зонах с повышенной влажностью воздуха и низкими температурами на датчике могут появляться оледенения, отрицательно воздействующие на измерительный сигнал. Для применения в таких областях большинство датчиков оснащено системой обогрева. Такие датчики требуют УЗИП (SPD), которое помимо собственного измерительного сигнала рассчитано также на высокий ток по номинальной нагрузке. Компания OBO Bettermann предлагает компактное решение, а именно MDP. Данный высокопроизводительный разрядник импульсных напряжений, разработанный для применения в ветрогенераторах, пригоден к использованию благодаря своей малой монтажной ширине и высоким требованиям к токам по номинальной нагрузке до 10 А. За счет этого датчики даже с высокой полосой пропускания могут быть защищены простым, но эффективным способом.

### 3.2.4.2 Применения в жилых домах и промышленности

Переходные перенапряжения, обусловленные ударами молнии и коммутационными операциями, являются причиной выхода из строя и разрушения электронных приборов. Повреждения на оконечных приборах в жилой сфере, а также выход из строя автоматизированного оборудования в промышленности, начиная от предпринимательской деятельности и заканчивая сельским хозяйством, приводят к периодам простоя, дорогостоящему ремонту или даже к потере важных данных, таких как документы и фотографии в компьютере, или запросов и заказов клиентов. Для следующих приборов и оборудования необходимо принять меры по защите от импульсных перенапряжений (Рис. 3.22):

#### Антенные устройства

- Кабельное подключение
- Антенны
- ТВ, видео и DVD-проигрыватели вплоть до акустических систем класса Hi-Fi

#### Телефонные системы

- Аналоговые устройства
- ISDN NTBA
- IP-TK-системы

#### Инженерные системы зданий и сооружений

- Система управления отоплением
- Солнечные и фотогальванические системы
- Автоматизация зданий

#### Оконечные приборы

- Компьютер
- Бытовая техника, охранная сигнализация и т.д.

Применение УЗИП повышает эксплуатационную готовность.



Рис. 3.22: Дом с молниевотводом и системой внутренней молниезащиты

### 3.2.4.3 Фотогальванические установки (Рис. 3.23)

В результате перенапряжений фотогальванические установки могут выйти из строя, и прогнозируемые цели не будут достигнуты. Для защиты инвестиций необходимо прояснить некоторые важные вопросы, связанные со страхованием. Только защищенная установка может выдерживать нагрузки и в течение длительного периода надежно вырабатывать энергию. Таким образом, страховщики имущества требуют в директиве VdS 2010 применения молниевотвода и внутренней защиты от перенапряжений для фотогальванических установок мощностью от 10 кВт/пик.

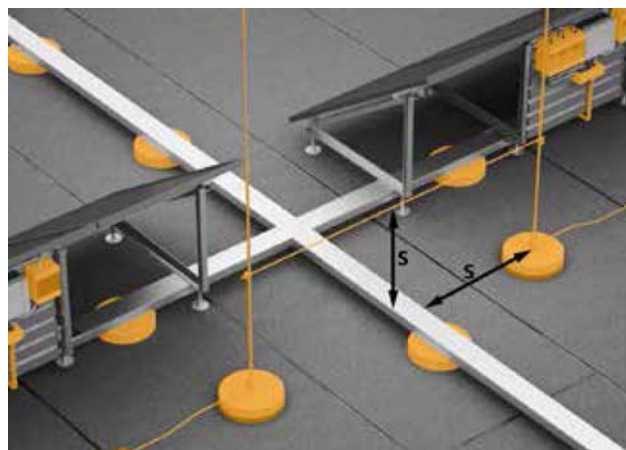


Рис. 3.23: Фотогальваническая установка в зоне защиты молниеприемника в разделительном интервале (s)

## Предотвращение затенения молниезащитой

**Затенение (Рис. 3.22)**

Расположение молниеприемных мачт и стержней необходимо выбирать таким образом, чтобы не допустить затенения фотогальванических модулей. Тень может привести к потере мощности всей цепочки. Молниеприемный стержень должен быть удален от фотогальванического модуля на расстоянии, превышающем диаметр не менее чем в 108 раз (DIN EN 62305-3, вклад. 5)

Диаметр молниеприемника (м)	Расстояние от молниеприемного стержня до фотогальванического модуля (м)
0,008	0,86
0,010	1,08
0,016	1,73

Таблица 3.6: Минимальное расстояние домолниеприемников, необходимое для предотвращения затенения

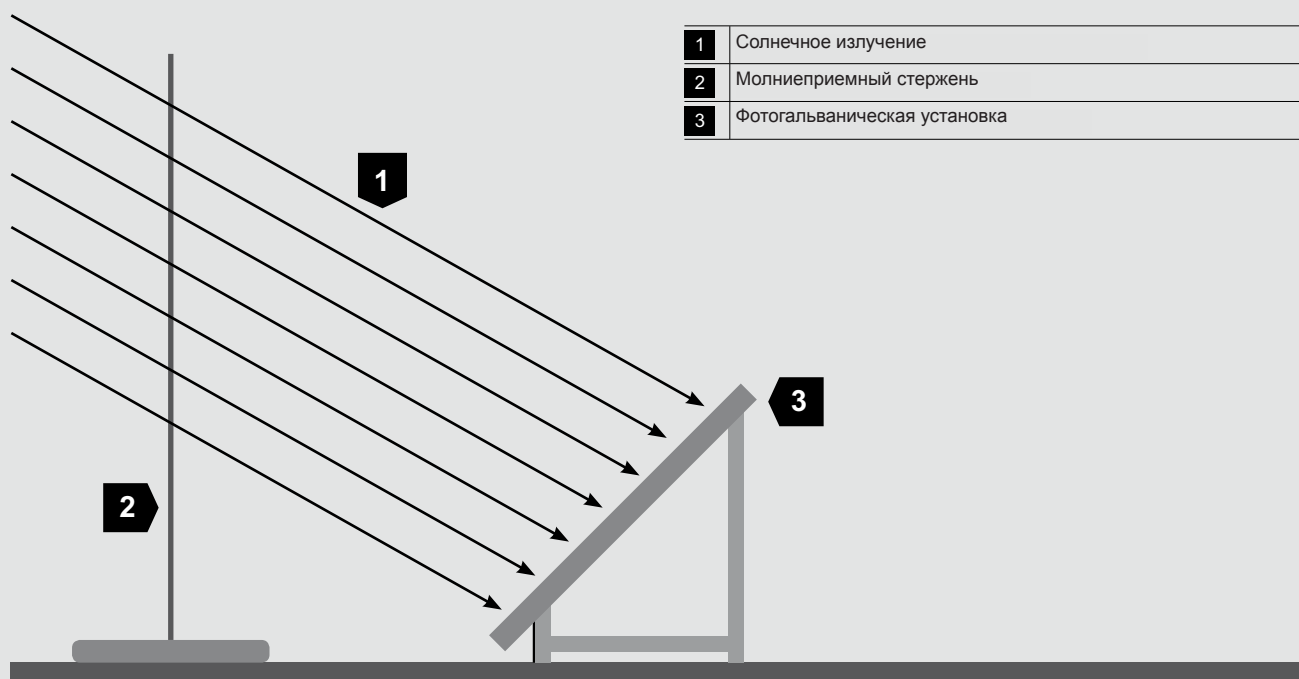


Рис. 3.22: Затенение фотогальванического модуля молниеприемным стержнем

## 4 шага к комплексной защите

### Шаг 1:

#### Проверка разделительного интервала

Если требуемый разделительный интервал не может быть соблюден, то металлические части должны соединяться между собой с учетом возможности выдерживания нагрузки по току молнии.

### Шаг 2:

#### Проверка защитных мер

Пример: меры по уравниванию потенциалов молниезащиты применяются на стороне постоянного (DC) и переменного (AC) тока, например, молниезащитный разрядник (тип 1).

### Шаг 3:

#### Задействование линий передачи данных









Линии передачи данных должны быть включены в концепцию защиты.

### Шаг 4:

#### Проведение уравнивания потенциалов

На инверторе должно быть проведено локальное уравнивание потенциалов.









Обзор защитных мер					
Исходная ситуация	Мера	Разделительный интервал по DIN EN 62305 соблюден?	Уравнивание потенциалов	Защита от импульсных перенапряжений	Примерное изображение продукта
<ul style="list-style-type: none"> <li>Система внешней молниезащиты (согласно DIN EN 0185-305)</li> </ul> 	Приведение системы молниезащиты в соответствие с DIN EN 62305	да	Мин. 6 мм <sup>2</sup>	DC: Тип 2	
				AC: Тип 1	
		нет	Мин. 16 мм <sup>2</sup>	DC: Тип 1	
				AC: Тип 1	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Система внешней молниезащиты отсутствует</li> <li>Подключение заземляющего провода</li> </ul> 	Проверка требований: Земельных строительных правил (LBO), VdS 2010 (Молниезащита и защита от перенапряжения с повышенным фактором риска), анализ рисков		Мин. 6 мм <sup>2</sup>	DC: Тип 2	
				AC: Тип 2	














## Выбор устройств защиты от перенапряжений для силовых сетей Комбинированные разрядники переменного тока и устройства защиты от импульсных перенапряжений типов 1+2, 2 и 3

		Место установки 1 Установка в главном распределительном устройстве/комбинированном распределительном устройстве Базовая защита/разрядники типа 1 и типа 2				
Исходная ситуация	Тип здания	Описание	Тип	Арт.-№	Знак контроля	Изображение продукта
<ul style="list-style-type: none"> <li>Система внешней молниезащиты отсутствует</li> <li>Подключение заземляющего провода</li> </ul> 	Частный дом	Сеть: TN/TT Разрядник: тип 2 + 3 2,5 ТЕ После счетчиков	V10 Compact	5093 38 0 Страница: 44		
		Сеть: TN/TT Разрядник: тип 2 + 3 4 ТЕ После счетчиков	V10-C 3+NPE	5093 39 1		
	Мульти-Дом / Промышленность, торговля	Сеть: TN/TT Разрядник: тип 2 4 ТЕ После счетчиков	V20-3+NPE-280	5095 25 3 Страница: 42	VDE	
		V20-3+NPE+FS-280 с дистанционной сигнализацией	5095 33 3 Страница: 42	VDE		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Система внешней молниезащиты (согласно DIN EN 0185-305)</li> </ul> 	Здание класса защиты III и IV (например, жилое, офисное, промышленное здание)	Сеть: TN/TT Разрядник: тип 1 + 2 4 ТЕ После счетчиков	V50-3+NPE-280	5093 52 6 Страница: 41		
			V50-3+NPE+FS-280 с дистанционной сигнализацией	5093 53 3 Страница: 41		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Наружное подключение</li> </ul> 	Здание класса защиты I-IV (например, промышленное производство)	Сеть: TN-C Разрядник: тип 1 6 ТЕ Перед счетчиками после счетчиков	MCD 50-B 3	5096 87 7 Страница: 40		
		Сеть: TN-S Разрядник: тип 1 8 ТЕ Перед счетчиками После счетчиков	MCD 50-B 3+1	5096 87 9 Страница: 40		













Место установки 2 Установка во вторичном распределителе Средний уровень защиты/разрядники типа 2 требуется, только если расстояние $\geq 10$ м			
Описание	Тип	Арт. №	Изображение продукта
Сеть: TN/TT Разрядник: тип 2 + 3 2,5 TE	V10 Compact	5093 38 0 Страница: 44	
	V10 Compact-AS, с акустической дистанционной сигнализацией	5093 39 1	
Сеть: TN/TT Разрядник: тип 24 TE	V20-3+NPE-280	5095 25 3 Страница: 42	
	V20-3+NPE+FS-280 с дистанционной сигнализацией	5095 33 3 Страница: 42	
Сеть: TN/TT Разрядник: тип 24 TE	V20-3+NPE-280	5095 25 3 Страница: 42	
	V20-3+NPE+FS-280 с дистанционной сигнализацией	5095 33 3 Страница: 42	
Сеть: TN/TT Разрядник: тип 24 TE	VC20-3+NPE-280	5095 25 3 Страница: 42	
	V20-3+NPE+FS-280 с дистанционной сигнализацией	5095 33 3 Страница: 42	





Место установки 2 Установка перед оконечным устройством Высокочувствительная защита/разрядники типа 3					
Описание	Тип	Арт.-№	Знак контроля	Изображение продукта	
Штекерное устройство	FC-D	5092 80 0	VDE		
	FC-TV-D	5092 80 8	VDE		
	FS-SAT-D	5092 81 6	VDE		
	FC-TAE-D	5092 82 4	VDE		
	FC-ISDN-D	5092 81 2	VDE		
	FC-RJ-D	5092 82 8	VDE		
	CNS-3-D-D	CNS-3-D-D 5092 70 1			
	Устройство для стационарной установки	BSM-A	5092 45 1		
		BSM-A-2	5092 46 0		
BSS 45-o-RW		6117 47 3			
Для рядной установки в распределителе	V10 Compact L1/L2/L3/N	5093 38 0 Страница: 44			
	VF230-AC/DC	5097 65 0 Страница: 43			
	VF 230-ACFS с дистанционной сигнализацией	5097 85 8 Страница: 43			

## Таблица выбора Решения для защиты фотогальванических установок

Разрядники для защиты силовых устройств типа 2, защита стороны постоянного тока								
Исходная ситуация	Макс. напряжение постоянного тока	Макс. количество MPP на WR	Макс. количество строк на зажимную колодку MPP	Подключение (сторона постоянного тока)	Исполнение	Тип	Арт. №	Изображение продукта
<ul style="list-style-type: none"> <li>Отсутствует система внешней молниезащиты</li> <li>Подключение заземляющего провода</li> </ul> <p>Требуется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>устройство защиты от перенапряжений типа 2;</li> <li>класс уравнивания потенциалов 6,5 mml</li> </ul> 	600 В	1	1 вход / 1 выход	MC4 штекер		VG-C DCPH-Y1000	5088 67 0 страница: 55	
	1000 В	1	1 вход / 1 выход	MC4 штекер		VG-C DCPH-Y1000	5088 67 2 страница: 55	
	1	2	Зажимы	Разъединитель		VG-C DC-TS1000	5088 66 0 страница: 53	
	1	4	Зажимы	4 патрона предохранителя, не смонтированные		VG-C PV1000KS4	5088 65 4 страница: 52	
	1	6	Зажимы	6 предохранителей 8 А		VG-C DCPH1000-6S	5088 65 2 страница: 52	
	1	8	Зажимы			VG-C DCPH1000-4K	5088 65 0 страница: 54	
	1	10	Зажимы			VG-C DCPH-MS1000	5088 69 1	
	2	2 вх./1 вых.	MC4 штекер			VG-C DCPH1000-21	5088 64 6 страница: 50	
	2	4	Зажимы			VG-CPV1000K 22	5088 56 8	
	2	6	Зажимы			VG-CPV 1000K 330	5088 58 2 страница: 51	
	3	2 вх./1 вых.	MC4 штекер			VG-C DCPH1000-31	5088 64 8 страница: 50	
	3	6	Зажимы			VG-CPV 1000K 333	5088 58 5 страница: 51	

Таблицу выбора комбинированных разрядников пост. тока и данные о защите от импульсных перенапряжений можно найти в главе, где говорится о защите от импульсных напряжений в энерготехнике.

Разрядники для защиты силовых устройств типа 1+2, защита стороны постоянного тока								
Исходная ситуация	Макс. напряжение постоянно-го тока	Макс. количество MPP на WR	Макс. количество строк на зажимную колодку MPP	Подключение (сторона постоянного тока)	Исполнение	Тип	Арт. №	Изображение продукта
<ul style="list-style-type: none"> <li>Система внешней молниезащиты согласно DIN EN 0185-305</li> </ul> <p>Требуется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Молниезащита и защита от импульсных перенапряжений типа 1+2</li> <li>Уравнивание потенциалов молниезащиты 16 мм</li> <li>Разделительный интервал не может быть соблюден</li> </ul> 	600В	1	10	Зажим		VG-BC DCPH-MS600	5088 69 3	
		1	1 вход / 1 выход	MC4 штекер		VG-BC DCPH-Y600	5088 67 6 страница: 55	
	900 В	1	1 вход / 1 выход	MC4 штекер		VG-BC DCPH-Y900	5088 67 8 страница: 55	
		1	2	Зажимы	Разъединитель	VG-BC DC-TS900	5088 63 5 страница: 53	
		1	8	Зажимы		VG-BC DCPH900-4K	5088 63 2 страница: 54	
		1	10	Зажимы		VG-BC DCPH-MS900	5088 69 2	
		2	2 вх./1 вых.	MC4 штекер		VG-BC DCPH900-21	5088 62 5 страница: 50	
		2	4	Зажимы		VG-BCPV900K 22	5088 56 6	
		2	6	Зажимы		VG-BCPV 900K 330	5088 57 6 страница: 51	
		3	2 вх./1 вых.	MC4 штекер		VG-BC DCPH900-31	5088 62 9 страница: 50	
	3	8	Зажимы		VG-BCPV 900K 333	5088 57 9 страница: 51		

Информационная техника						
Исходная ситуация		RJ 45	Зажим	Тип	Арт. №	Изображение продукта
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Система внешней молниезащиты отсутствует</li> <li>Подключение заземляющего провода</li> </ul>	•		ND-CAT6A/EA	5081 80 0 страница: 46	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Система внешней молниезащиты (согласно DIN EN 62305)</li> </ul>		•	FRD 24 HF	5098 57 5 страница: 47	

## 3.2.4.4 Светодиодные (LED) системы уличного освещения



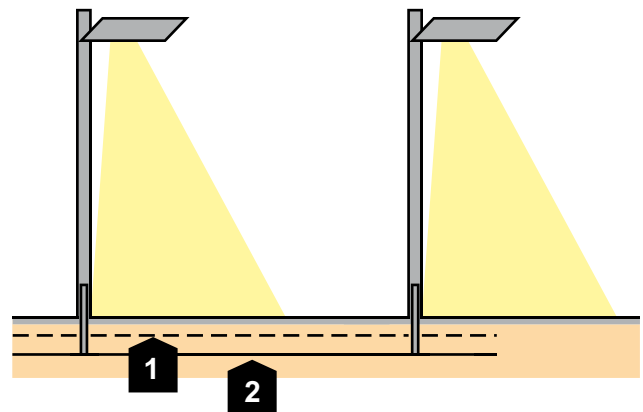
Рис. 3.25

**Повреждения и ремонтные расходы**

В сфере уличного освещения замена дефектных деталей влечет за собой, помимо расходов на техническое обеспечение, также большие расходы на задействование пожарных коленчатых автоподъемников и персонала. Предвключенные УЗИП сокращают импульсы и защищают фонари. Трассы снабжаются через центральные распределительные коробки, в которые встроены блоки управления и защитные компоненты. Питающее напряжение подается в соединительную коробку мачты через подземный кабель. От соединительной коробки производится подача питания к фонарям.

**Конструктивное исполнение системы заземления**

У создаваемой новой проводки питающий кабель может быть защищен от разрушений под воздействием токов молнии в земле посредством расположенных поверх опциональных заземляющих проводников. Согласно действующей норме по молниезащите VDE 0185-305-3, Немецкий вкладыш 2 (IEC 62305-3) данный заземляющий проводник должен располагаться на высоте 0,5 м над питающим кабелем. За счет заземляющего проводника происходит уравнивание потенциалов, а также минимизируются перекрытия. На показан проведенный над питающим кабелем заземляющий проводник.



1	Неизолированный заземляющий проводник
2	Питающий кабель

Рис. 3.26 Проводка кабеля



### Место установки молниезащиты и защиты от импульсных напряжений

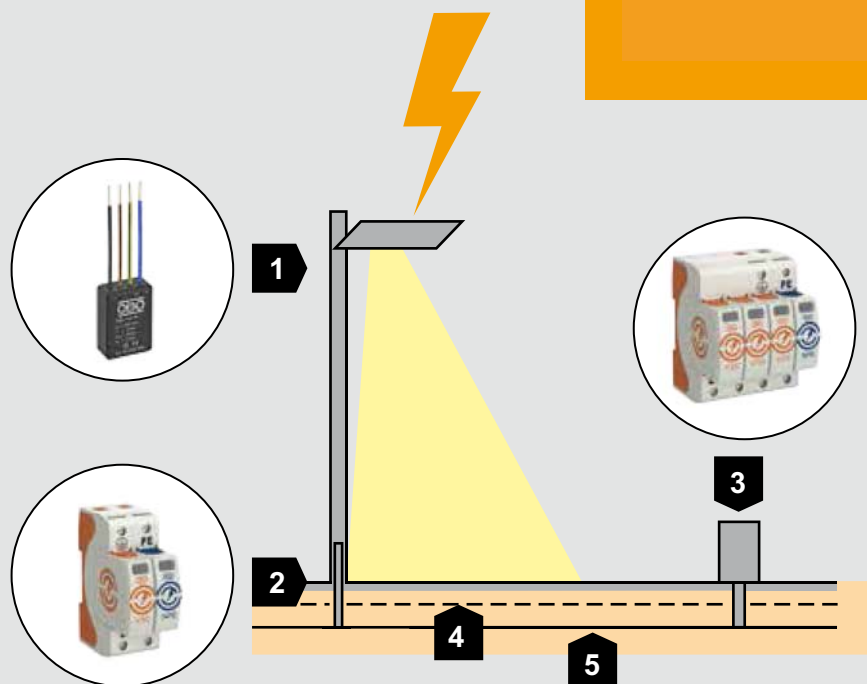
Для безопасной эксплуатации применение защиты от импульсных перенапряжений необходимо. В соответствии с американским стандартом ANSI и стандартом IEEE для наружного освещения при нагрузке по импульсному току 10 кА устойчивость к импульсному напряжению составляет 20 кВ. Тем не менее, решающим аспектом для защитного эффекта является условие, при котором уровень защиты от импульсных напряжений УЗИП должен быть ниже устойчивости к импульсным напряжениям осветительных приборов и светодиодного предоконечного каскада. УЗИП должны соответствовать стандарту на проведение испытаний VDE 0675 (IEC 61643-11) и быть в состоянии многократно и без разрушения отводить токи молнии, достигающие нескольких тысяч ампер. Согласно стандарту на проведение испытаний каждое устройство защиты должно термически контролироваться и в случае дефекта надежно отсоединяться. В стандарте по осветительным приборам „Fpr EN 60598-1: 2012-11 Осветитель-

ные приборы - Часть 1: Общие требования и испытания» в пункте 4.32 определено следующее: «Устройства защиты от импульсных напряжений (УЗИП) должны соответствовать IEC 61643».

При прямом ударе молнии в мачтовый светильник (Рис. 3.25) большая часть тока молнии течет прямо в грунт и создает разницу потенциалов по отношению к питающему кабелю. Сверхмощные молниеразрядники / комбинированные разрядники могут отводить токи с большим запасом энергии.

**УЗИП должны соответствовать стандарту VDE 0675 (IEC 61643)**

(Источник: стандарт по осветительным приборам EN 60598-1)

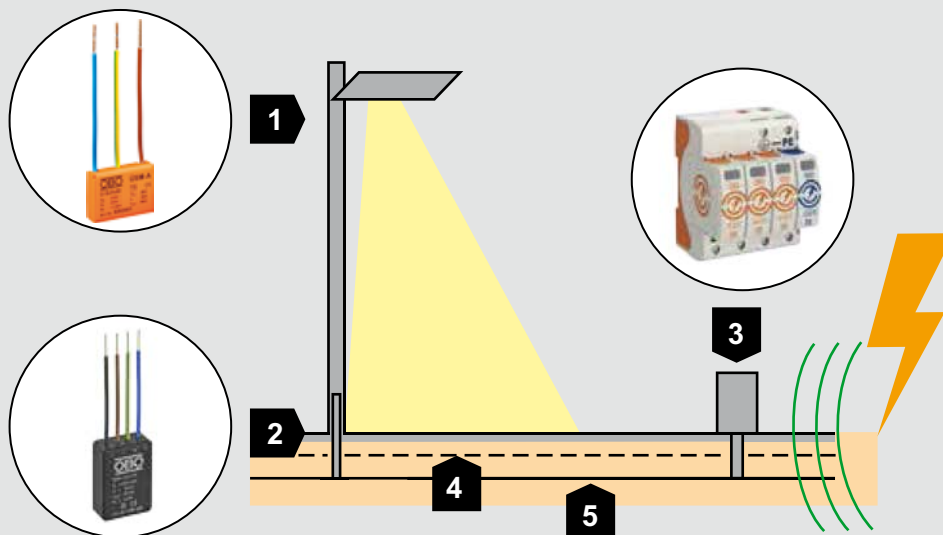


	Место установки	Описание	Устройство защиты	Арт. №
1	Рассеиватель со светодиодной системой, перед светодиодным предоконечным каскадом	Защита от импульсных напряжений, тип 2	ÜSM-LED 230	5092 48 0
2	Соединительная коробка мачтового светильника	Защита от импульсных напряжений, тип 1 + 2	Комбинированный разрядник V50	5093 52 2
3	Шкаф управления с электроникой, подачей питания	Защита от импульсных напряжений, тип 1 + 2	Комбинированный разрядник V50	5093 52 6
4	Заземляющий проводник, неизолированный	Плоский или круглый провод	5018 73 0	
5	Питающий кабель			

Рис. 3.27 Прямой удар молнии в мачтовый светильник

### Удаленный удар молнии и индуктивный вход

Удар молнии может генерировать в радиусе до 1,5 км импульсное перенапряжение, которое по проводам через питающий кабель может попасть в осветительное устройство. (Рис. 3.26). Данные импульсные перенапряжения имеют не такой большой запас энергии, как прямой удар молнии, однако они также способны разрушить электронные компоненты. Индуктивные подачи значительно сокращаются за счет металлической мачты и светильника в металлическом корпусе. Также здесь необходимо учитывать импульсы перенапряжений, поступающие по проводам через питающую сеть. Защита от импульсных перенапряжений в соединительной коробке мачты в данном случае легкодоступна и может без затруднений контролироваться.



	Место установки	Описание	Устройство защиты	Арт. №
1	Рассеиватель со светодиодной системой, перед светодиодным предоконечным каскадом	Защита от импульсных напряжений, тип 2	БSM-LED 230	5092 48 0
		Альтернатива: Защита от импульсных напряжений, тип 3	БSM-A 230	5092 45 1
2	Соединительная коробка мачтового светильника	Защита от импульсных напряжений, тип 2	БSM-LED 230	5092 48 0
3	Шкаф управления с электроникой, подачей питания	Защита от импульсных напряжений, тип 2	V20 3+NPE-280	5095 25 3
		Альтернатива: Шкаф управления с электроникой, подача питания 1-фазная	Защита от импульсных напряжений, тип 2	V20 1+NPE-280
4	Заземляющий проводник, неизолированный	Плоский или круглый провод	5018 73 0	
5	Питающий кабель			

Рис. 3.28: Удаленный удар молнии и индуктивная подача



Рис. 3.29: Светодиодная система освещения крытой автостоянки

#### 3.2.4.4.1 Внутреннее освещение в зданиях и цехах

Светодиодные системы освещения промышленных и административных зданий, как правило, разрушаются под воздействием высоких напряжений, обусловленных индуктивными вводами или коммутационными манипуляциями.

Степень необходимости установки системы внешней молниезащиты можно определить на основании анализа рисков в соответствии с VDE 0185-305 (IEC 62305). При системе молниезащиты питающие линии на входе в здание должны быть защищены соответствующими молниезащитными разрядниками. Независимо от этого должна устанавливаться защита от импульсных перенапряжений для всей системы освещения.

В промышленных цехах и спортивных залах лампы монтируются на большой высоте. После нанесенного ущерба ремонт средств освещения или светодиодных предоконечных каскадов сопровождается высокими расходами. Поскольку отсутствие требуемой освещенности на рабочих местах может привести к несчастным случаям или ошибкам, присутствует необходимость безотлагательного действия.

Как правило, очень длинные подводы имеют высокий потенциал к индуктивному вводу импульсных перенапряжений.

УЗИП должны устанавливаться в питающем вторичном распределителе. Однако, часто лампы располагаются от данного распределителя на расстоянии более 10 м. В таком случае для защиты светодиодных предоконечных каскадов и средств освещения требуется устройство защиты непосредственно перед электронными компонентами. При установке ламп, к примеру, прямо под кабеленесущими системами устройство защиты от импульсных напряжений может монтироваться также в кабельном ответвительном ящике перед лампами. Для использования экранирующей функции металлических кабеленесущих систем необходимо включить их с двух сторон в уравнивание потенциалов.

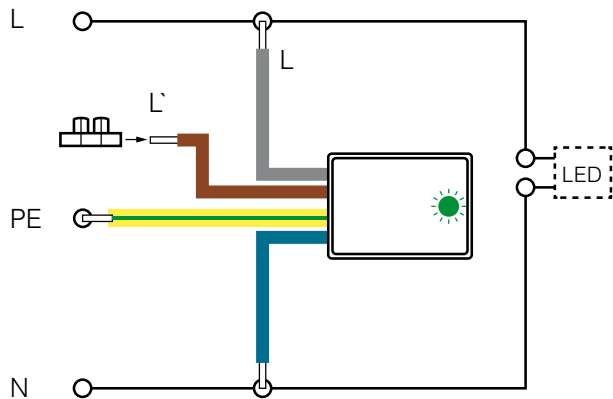
#### Подключение устройства защиты

Светодиодное устройство защиты BSM-LED 230 может подключаться к лампам последовательно или параллельно. За счет различных включений эксплуатационная готовность может быть максимизирована (параллельное подключение), или при дефекте на устройстве защиты лампы могут быть отключены (последовательное подключение).

**Параллельное подключение (Рис. 3.27)**

УЗИП включается перед светодиодной лампой.

**Характер изменения отказов:** индикация на светодиодном приборе 5SM-LED гаснет. УЗИП отсоединяется. Светодиодная лампа продолжает гореть без защиты.



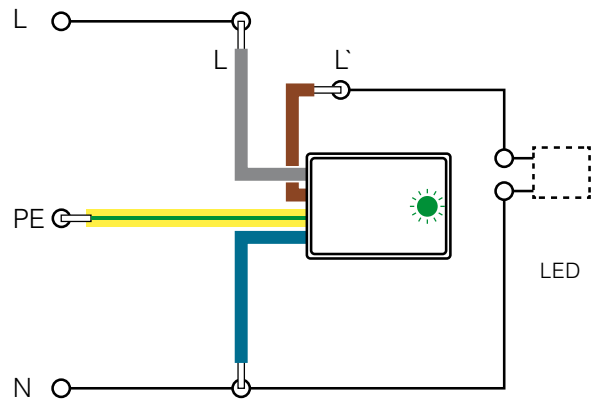
L	Фаза подвода
L'	Фаза из устройства защиты (отключение при отказе)
PE	Заземление
N	Нейтральный проводник
LED	Лампа

Рис. 3.30: Параллельное подключение (макс. эксплуатационная готовность)

**Последовательное подключение (Рис. 3.28)**

УЗИП последовательно подключается к светодиодной лампе.

**Характер изменения отказов:** Индикация на светодиодном приборе 5SM-LED гаснет. УЗИП и электрическая цепь (L') разъединяются. Лампа гаснет, сигнализируя об отказе. Соответствующее устройство защиты перед светодиодным предоконечным каскадом представляет собой надежный барьер от импульсных перенапряжений. Таким способом обеспечивается длительный срок службы светодиодных ламп, и надежно защищаются инвестиции.



L	Фаза подвода
L'	Фаза из устройства защиты (отключение при отказе)
PE	Заземление
N	Нейтральный проводник
LED	Лампа

Рис. 3.31: Последовательное подключение (отключение лампы)

В промышленной сфере и в области уличного освещения при длительной работе, несмотря на высокую закупочную цену, могут быть сэкономлены колоссальные средства, расходуемые на энергию. Однако, окупаемость инвестиций может отодвинуться по времени в результате преждевременного выхода из строя, обусловленного повреждениями от импульсных перенапряжений. За счет соответствующих мер инвестиции могут быть надежно защищены.

1	Линия электропередачи
2	Линия передачи данных
3	Уравнивание потенциалов

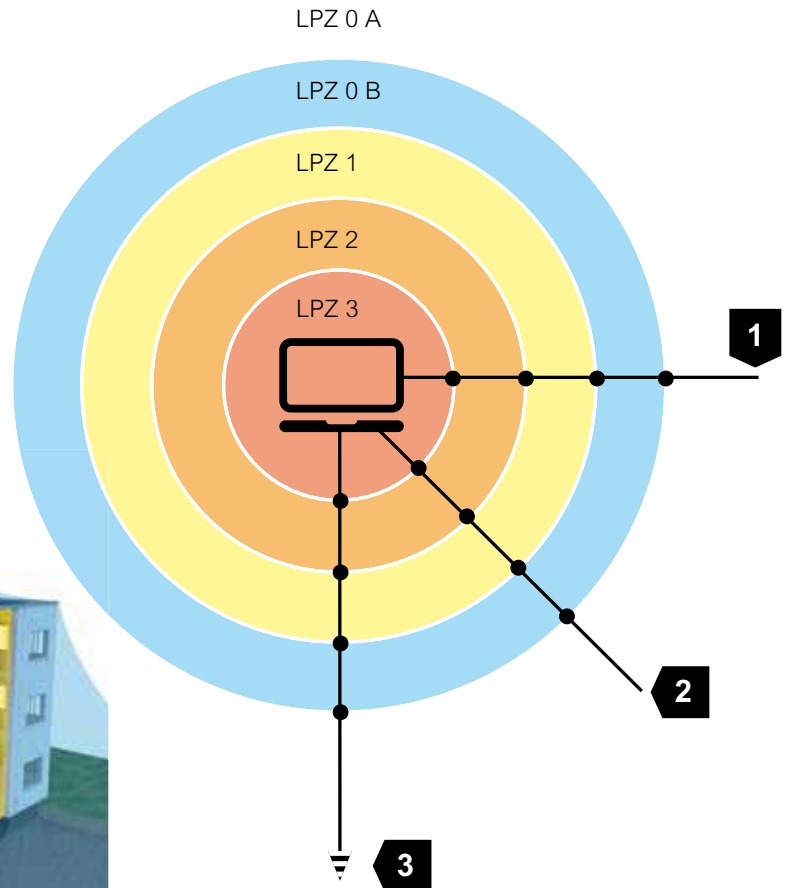
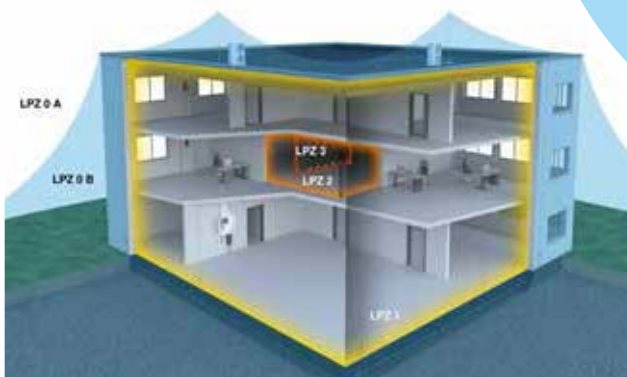


Рис. 3.32: Принцип защиты в соответствии с концепцией зон молниезащиты

### 3.3 Системы защиты от импульсных перенапряжений для телекоммуникационной техники

Системы телекоммуникационной техники охватывают широкий спектр задач. Почти каждая электронная система для обработки информации имеет очень большую значимость. Постоянно растут объемы данных, которые подлежат хранению и всегда должны предоставляться в распоряжение в минимальные сроки. Тем важнее становится защита данных систем от опасных импульсных перенапряжений. Для предотвращения отказа или даже разрушения оборудования необходимо включить его в концепцию молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений.

#### 3.3.1 Методы проектирования

##### Основы

Коммуникационное и информационно-вычислительное оборудование на сегодняшний день представляет собой жизненно важные артерии почти каждого предприятия. Перенапряжения, возникающие в линиях передачи данных в результате гальванических, емкостных или индуктивных связей, в худшем случае могут

разрушить устройства информационной и коммуникационной техники. Для предотвращения подобных отказов должны быть приняты соответствующие меры защиты.

Ввиду многообразия распространенных информационных, телекоммуникационных и измерительных систем выбор подходящего УЗИП на практике очень сложен. При этом должны учитываться следующие факторы:

- Штекерная система подключения УЗИП должна подходить к прибору, который должен быть защищен.
- Должны быть учтены такие параметры, как максимальный уровень сигнала, максимальная частота, максимальный уровень защиты от импульсных перенапряжений, а также монтажная среда.
- Устройство защиты должно оказывать на линию передачи данных лишь незначительные воздействия, такие как заглушение и отражение.

**Принцип защиты**

Устройство будет защищено от перенапряжений только в том случае, если все соединенные с ним силовые и телекоммуникационные провода подключены к системе уравнивания потенциалов в местах перехода зон молниезащиты (Рис. 3.29) (локальное уравнивание потенциалов). Компания OBO Bettermann предлагает безупречную программу проверенных, функциональных и надежных устройств защиты от перенапряжений для основных типов телекоммуникационных сетей.

**Стандарты для телекоммуникационных сетей**

В области телекоммуникаций важную роль играет соблюдение различных стандартов. Для структурированной с учетом здания укладки кабеля, монтажа системы уравнивания потенциалов и соблюдения электромагнитной совместимости действуют разные стандарты. Ниже приведены наиболее важные из них.

Стандарт	Содержание
VDE 0845-3-1 (IEC 61643-21)	Устройства защиты от импульсных перенапряжений для низковольтных установок – часть 21: Устройства защиты от импульсных перенапряжений для использования в телекоммуникационных и сигнальных сетях. Требования к мощности и методам проверки.
VDE 0845-3-2 (IEC 61643-22)	Устройства защиты от импульсных перенапряжений для низковольтных установок – часть 21: Устройства защиты от импульсных перенапряжений для использования в телекоммуникационных и сигнальных сетях. Принципы выбора и применения
DIN EN 50173-1	Техника передачи данных – коммуникационные кабельные системы нейтрального применения – часть 1: общие требования.
DIN VDE 0845-1	Защита телекоммуникационных станций от воздействия молнии, статических зарядов и перенапряжений силовых электроустановок - Меры защиты от импульсных перенапряжений.
DIN VDE 0845-2	Защита устройств обработки информации и телекоммуникационной техники от воздействия молнии, разрядов статического электричества и перенапряжений силовых электроустановок - Требования и проверка устройств защиты от импульсных перенапряжений
DIN EN 50310 (VDE 0800-2-310)	Применение мер по заземлению и уравниванию потенциалов в зданиях с информационными устройствами.
EN 61000-4-5 (VDE 08457-4-5)	Электромагнитная совместимость (ЭМС) – часть 4–5: Методы испытания и измерения – Испытание на устойчивость к помехам и импульсным напряжениям.
EN 60728-11 (VDE 855-1)	Кабельные сети для телевизионных сигналов, звуковых сигналов и интерактивные службы – часть 11: требования к безопасности (IEC 60728-11:2005).

Таблица 3.7 Стандарты по защите от импульсных перенапряжений в информационной технике

**Сопоставление**

Так же, как и для устройств защиты от импульсных напряжений энерготехники, в области телекоммуникаций существует классификация приборов. Кроме того, они могут подразделяться на различные зоны молниезащиты.

	Защита от импульсных перенапряжений энерготехника	Защита от импульсных перенапряжений -телекоммуникационные сети
Стандарт на проведение испытаний IEC	IEC 61643-11	IEC 61643-21
Принципы применения IEC	IEC 61643-12	IEC 61643-22
LPZ 0B/1 (10/350 мкс)	Класс I	Класс D1
LPZ 1/2 (8/20 мкс)	Класс II	Класс C2
LPZ 2/3 (8/20 мкс)	Класс III	Класс C2/C1

Таблица 3.8: Противопоставление стандартов для УЗИП



### 3.3.1.1 Топологии

В информационной технике для электрического взаимодействия приборов друг с другом применяются кабели, и различные виды их прокладки именуются «топологиями». В зависимости от топологии должна проектироваться соответствующая защита от импульсных перенапряжений. Далее представлены наиболее распространенные топологии, а также подходящие места применения УЗИП.

#### Магистральная топология (Рис. 3.30)

В магистральной топологии все устройства подключены параллельно. Конец магистрали должен быть закрыт без отражений. Типичные примеры: сети 10Base2, 10Base5, а также сети управления механизмами, например, PROFIBUS (профильная шина) и телекоммуникационные системы, такие как ISDN.

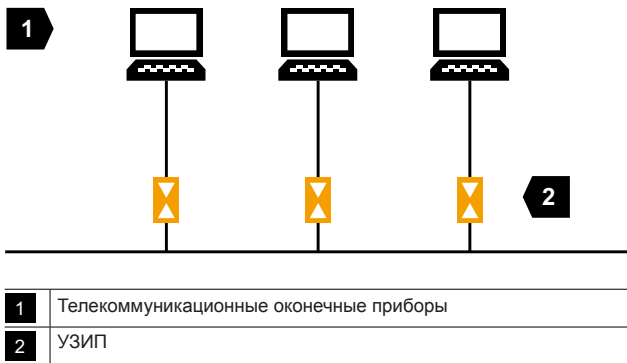


Рис. 3.33: Магистральная топология

#### Звездообразная топология (Рис. 3.31)

В звездообразной топологии каждая из рабочих станций соединена отдельным кабелем с центральной нулевой точкой (концентратором или коммутатором). Типичные примеры: сети 10BaseT и 100BaseT, а также сети 10 Gbit.

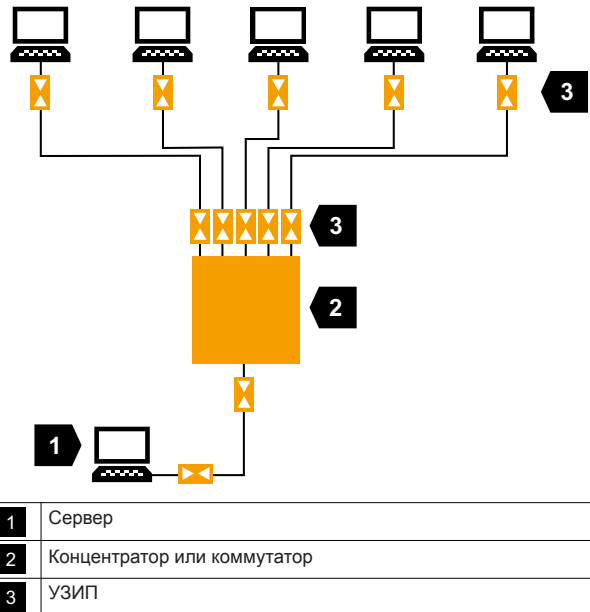


Рис. 3.34: Звездообразная топология

#### Кольцевая топология (Рис. 3.32)

В кольцевой топологии каждая рабочая станция соединена с предшествующей и последующей станцией в виде кольцеобразной сети. Выход из строя одной станции приводит к неисправности всей сети. Типичные примеры: сети Token-Ring.

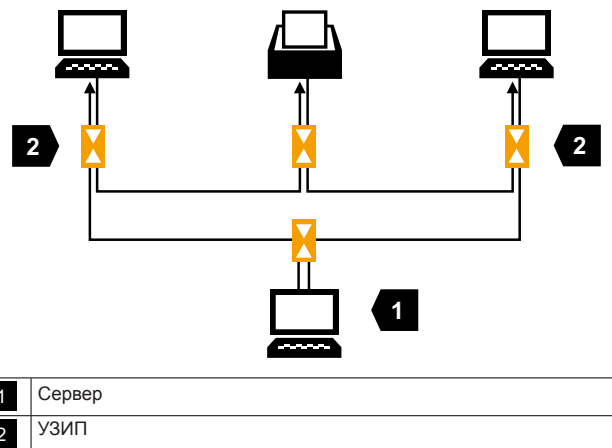


Рис. 3.35: Кольцевая топология

### 3.3.1.2 Влияние помех на информационно-вычислительные системы

Ввод токов молнии и импульсных перенапряжений в линии передачи данных может происходить разными способами. Существует возможность прямого переноса переходных напряжений или грозовых токов молнией или проводами, в которые уже были введены возмущающие факторы.

Поскольку импульсные перенапряжения могут возникнуть и без воздействия молнии, например, при коммутационных операциях в сети снабжения, оконечные устройства и кабели изначально должны обладать определенной пробивной прочностью, которая предполагает, что устройство или кабель, несмотря на кратковременное перенапряжение, может эксплуатироваться дальше. В следующей таблице приведены общепринятые показатели пробивной прочности распространенных оконечных устройств / кабелей.

*Электротехнические компоненты изначально обладают определенной пробивной прочностью*

Применение	Общепринятая пробивная прочность	Защитный уровень УЗИП производства ОВО
Телекоммуникационные оконечные устройства / абоненты	1,5 кВ	< 600 В
Оконечные устройства измерения, управления и регулирования	1 кВ	< 600 В
Телефонный абонентский кабель (четверка звездной скрутки) • жила-жила • жила-экран	0,5 кВ 2 кВ	< 300 В < 300 В
Инсталляционный кабель – телекоммуникационные станции (F-vYAY) • жила-жила • жила-экран	0,5 кВ 2 кВ	< 60 В < 800 В
Кабель связи – шланговый провод – домофон • жила-жила • жила-экран	1 кВ 1 кВ	< 60 В < 800 В
Кабель CAT7 • жила-жила • жила-экран	2,5 кВ 2,5 кВ	< 120 В < 700 В
Инсталляционный кабель передачи данных - J-Y(ST)Y • жила-жила • жила-экран	0,5 кВ 2 кВ	< 60 В < 800 В
Маневровый провод – телекоммуникационный распределитель	2,5 кВ	< 1 кВ
Кабель Profibus	1,5 кВ	< 800 В
Коаксиальный кабель 50 Ом	2 кВ - 10 кВ	< 800 В
Коаксиальный кабель для спутникового телевидения 75 Ом	2 кВ	< 800 В
Кабель пожарной сигнализации J YY ВМК (JB-YY) • жила-жила • жила-экран	0,8 кВ 0,8 кВ	< 60 В < 600 В

Таблица 3.9 Пробивная прочность компонентов информационной техники

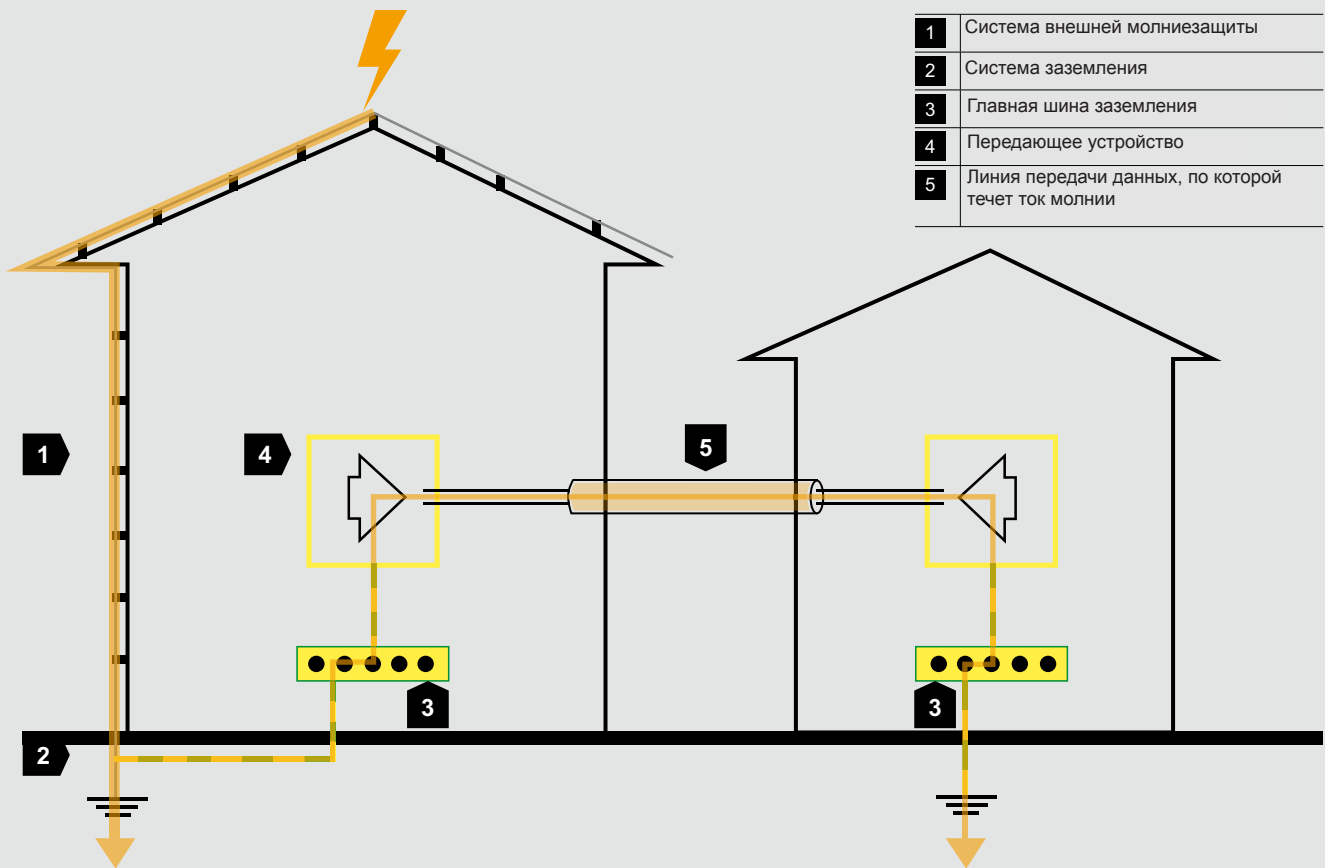


Рис. 3.36 Гальванический ввод в линию передачи данных через систему внешней молниезащиты

### Гальванический ввод

Если ток молнии попадает прямо в линию (к примеру, при ударе молнии), то говорят о гальваническом соединении. (Рис. 3.36)

Если при ударе молнии ток молнии через систему молниезащиты попадает в молниеприемный стержень и затем отводится к земле, то примерно 50 % тока молнии попадает через надомную систему уравнивания потенциалов в здание и тем самым вводится гальванически.

При этом причиной вводимых токов молнии не всегда является система внешней молниезащиты: принципиально любой заканчивающийся в доме внешний провод может вводить токи молнии. Например, это возможно при ударе в трансформаторную станцию или по воздушной линии, соединенной с домом. Но токи молнии могут попадать извне также и по телекоммуникационным линиям. Даже нечувствительные в отношении ЭМС оптоволоконные кабели вследствие установки металлической защиты от грызунов могут стать проводниками тока молнии.

В таком случае УЗИП отводят ток молнии подходящих кабелей через систему уравнивания потенциалов к земле. (Рис. 3.37)

Вводимый ток молнии имеет большой запас энергии при высокой частоте. За счет хода кривой с формой волны 10/350 мкс данный вид ввода является кратковременным.

Следует обращать внимание на то, чтобы такие возможные элементы защиты подходящих проводов, как экран, защита от грызунов и т.д., имели подключение к уравниванию потенциалов, способное вынести нагрузку по току молнии.

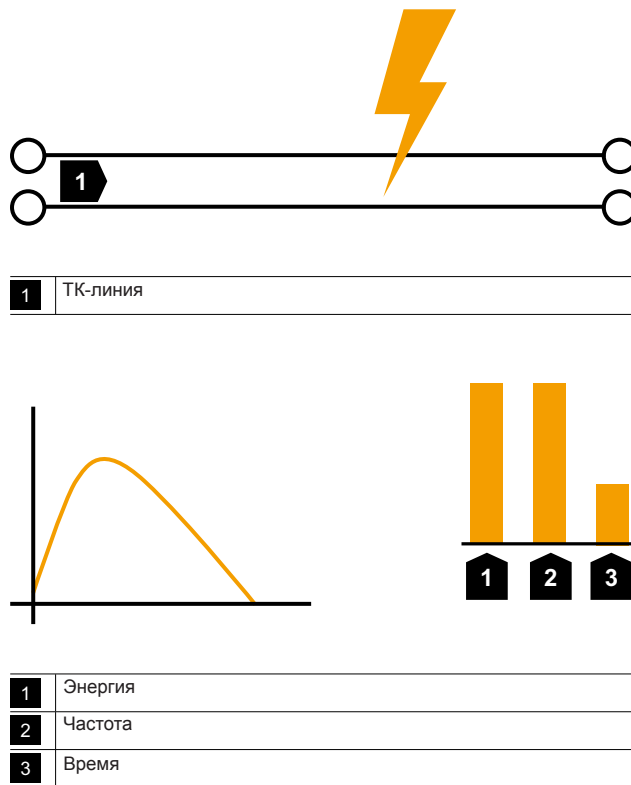


Рис. 3.37: Свойства гальванического ввода

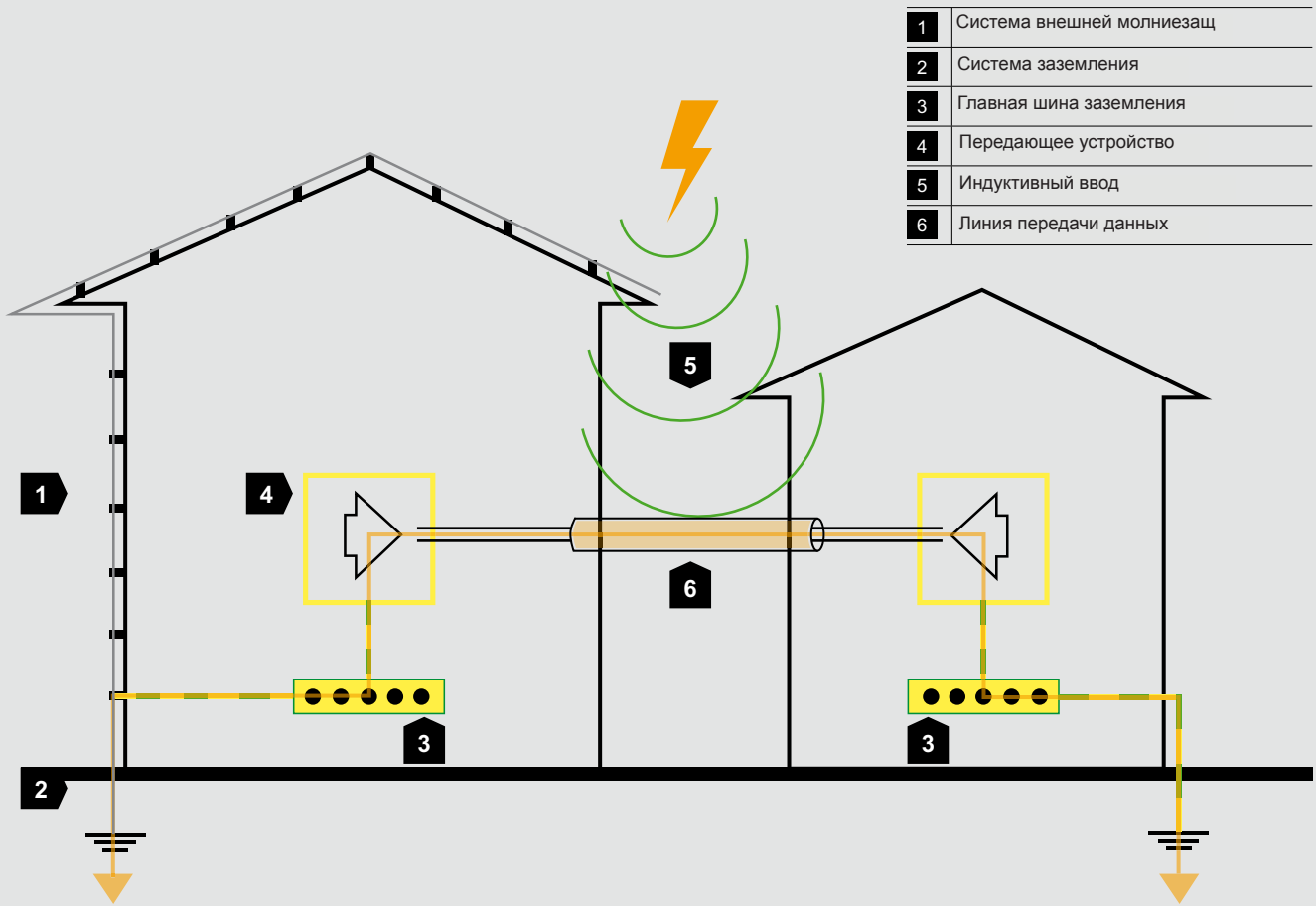


Рис. 3.38: Индуктивный ввод при прямом ударе

**Индуктивный ввод**

Обтекаемый током проводник генерирует вокруг себя магнитное поле. Если течет высокий ток молнии, то магнитное поле соответственно становится больше и тем самым вводится в расположенные в зоне досягаемости проводники или петли проводников. Также удаленные удары молнии излучают электромагнитные волны, которые вводятся в петли проводников. (Рис. 3.38)

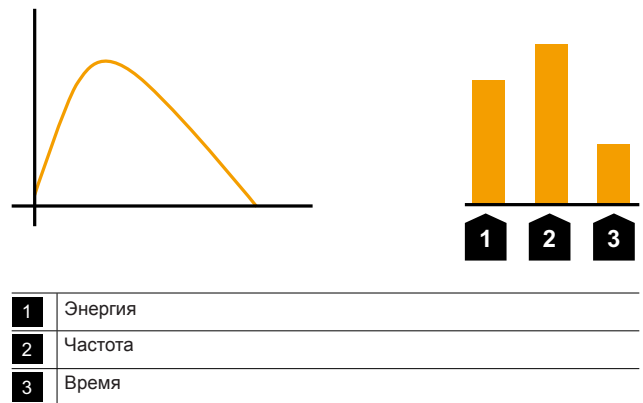
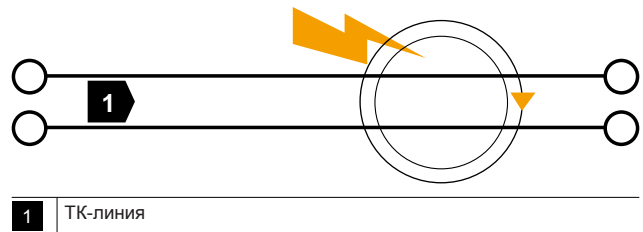


Рис. 3.39 Индуктивный ввод в результате удара молнии

Таким образом индуцируется импульсное перенапряжение, которое может нарушать работу электроприборов или их повреждать. Именно на линиях передачи данных оно часто приводит к разрушению чувствительной электроники, подключенной к ним. Так же, как и при токе молнии, следует исходить из высокой частоты, а также кратковременности импульса. Индуцированные импульсные перенапряжения имеют форму волны 8/20 мкс. По сравнению с импульсом с формой волны 10/350 мкс запас энергии ниже. (Рис. 3.40)

Однако, не только токи молнии, но также те электрические проводники, по которым проходят токи, индуцируют мешающие напряжения. В качестве примера можно назвать 230-вольтовые линии электропередачи:

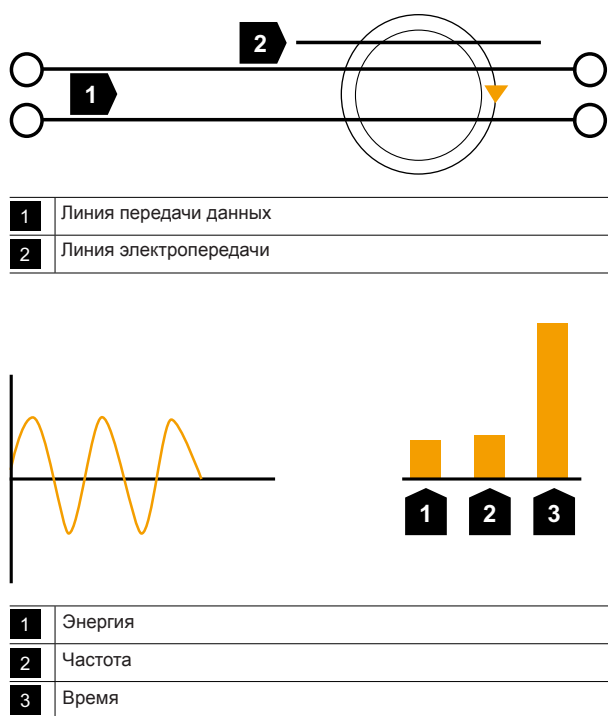


Рис. 3.40: Индуктивный ввод в результате параллельно проложенной линии электропередачи

Если линия связи расположена в пределах магнитного поля электрического проводника, то может индуцироваться мешающее напряжение. Величина индуцированного мешающего напряжения на линии связи зависит как от проводника магнитного поля, так и от устройства линии связи. Значительно снизить величины индуцированных помех позволит экранирование линии связи.

**Основной принцип действия индукции проводников следующий: (Рис. 3.41)**

Ток (I), протекающий через электрический проводник, создает магнитное поле, окружающее проводник. Если из электрического проводника сделать петлю и погрузить ее в изменяемое магнитное поле, то можно измерить напряжение (U) на концах проводника. В зависимости от величины магнитного поля или погруженной петли проводника индуцированное напряжение может быть либо больше, либо меньше.

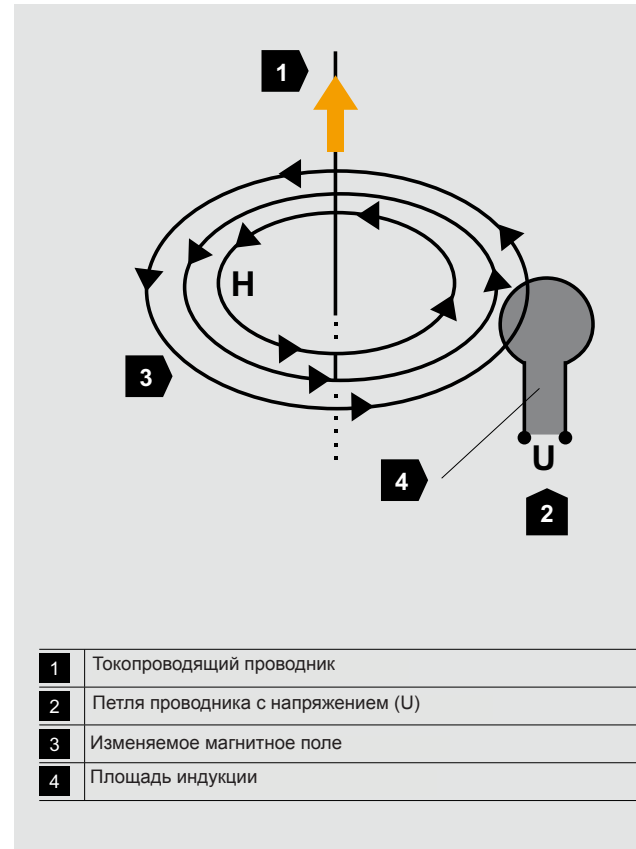


Рис. 3.41: Индукция в петле проводника



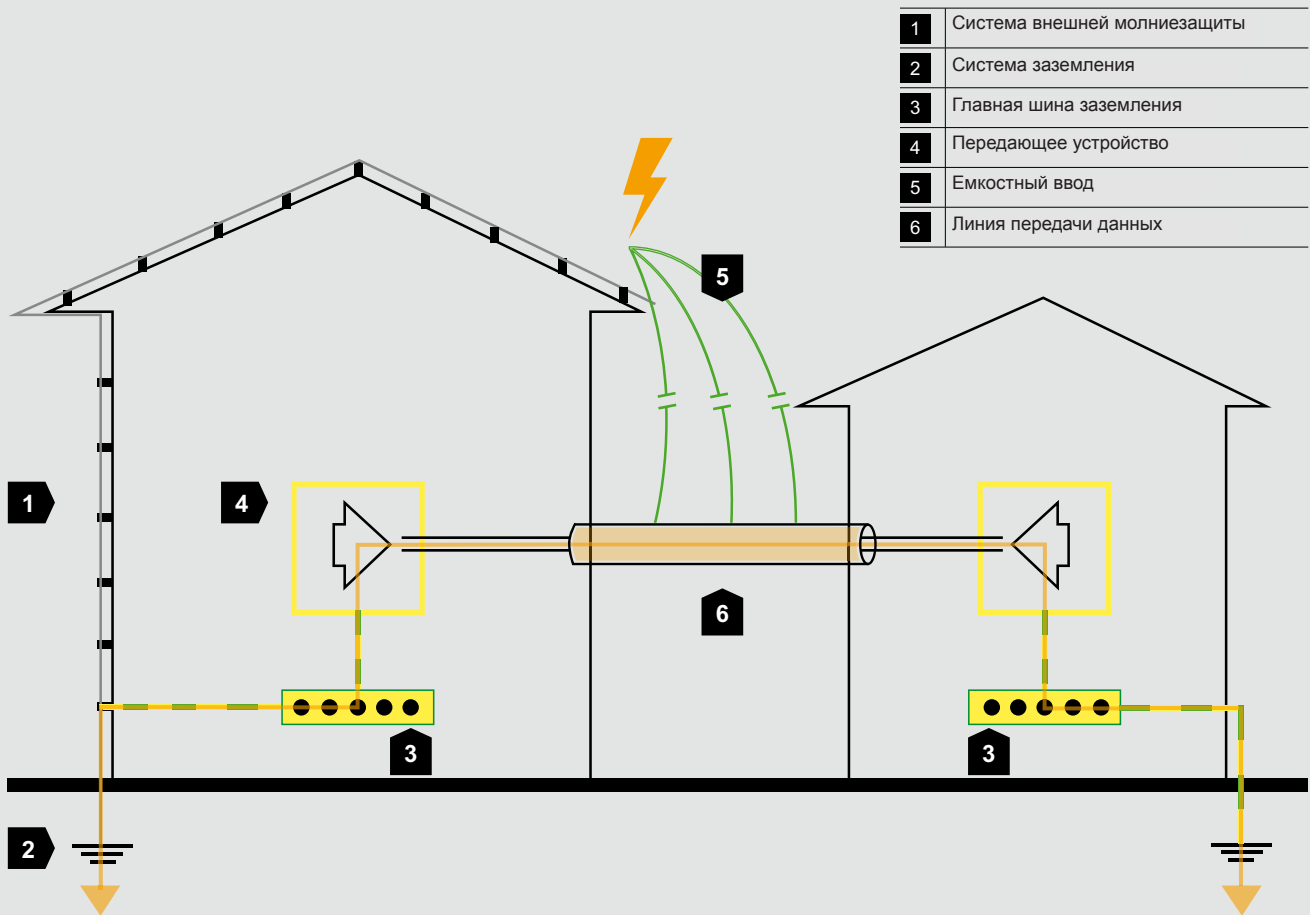


Рис. 3.42: Емкостный ввод при прямом ударе

**Емкостный ввод**

Емкостный ввод осуществляется, когда между двумя точками с высокой разницей потенциалов подается напряжение. Перемещение зарядов по линии, расположенной между двумя точками, пытается уравнивать потенциалы, в результате чего создается перенапряжение. (Рис. 3.42)

**3.3.1.3 Экранирование зданий и помещений**

Элементы инфраструктуры, имеющие особое значение, такие как центры обработки данных, электростанции, химическое оборудование, системы энерго- и водоснабжения, могут быть защищены от воздействий электромагнитных волн посредством экранированных помещений.

Для экранирования необходимо обить все стены, потолок и пол токопроводящими материалами (например, металлическим листом или медной фольгой). Двери и окна должны быть соединены с экраном стен посредством пружинных контактов. Дополнительно все кабельные проводки должны быть оснащены экранами.



Рис. 3.43: Мачта мобильной радиосвязи

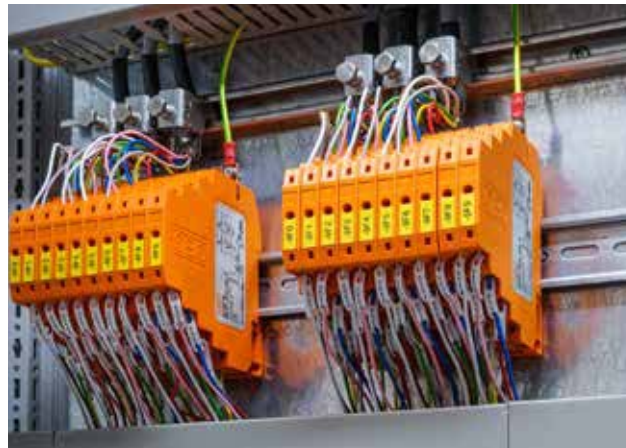


Рис. 3.44: Подключение кабельных экранов при помощи зажимной скобы SAS для подключения к экранирующей оплетке кабеля и УЗИП типа MDP

#### 3.3.1.4 Экранирование кабеля (Рис. 3.44)

Для экранирования кабеля применяются пленочные и плетеные экраны, а также комбинации из обоих видов. Пленочные экраны имеют преимущества при высоких частотах, а плетеные – при низких. Критериями качества являются затухание от влияния экрана и размер экрана. Имеющиеся кабели и провода могут быть экранированы также при помощи заземленных кабеленесущих или металлических трубных систем. За последние годы наблюдается постоянный рост применения электронных включений. Будь то в промышленных сооружениях, медицине, быту, на телекоммуникационных станциях, в транспортных средствах или электропроводке зданий – повсюду встречаются высокомоощные электрические аппараты и оборудование, которые включают все более сильные токи, достигают все большего радиуса действия и способны транспортировать все больше энергии на меньшей площади.

Если двухстороннее прямое подключение экрана кабеля не может быть выполнено по техническим причинам или необходимо предотвратить возникновение паразитных контуров с замыканием через землю с частотой 50 Гц, то одна сторона должна быть заземлена напрямую, а вторая – не напрямую. Посредством непрямого заземления через воспламеняющийся газовый разрядник может осуществляться уравнивание потенциалов. (Рис. 3.45)

Однако, с применением ультрасовременных технологий возрастает также сложность применений. Это приводит к возникновению все больших интерференций (электромагнитных помех) компонентов оборудования, кабелей и проводов, приводящих к повреждению и экономическим потерям.

### Здесь речь пойдет об электромагнитной совместимости (ЭМС):

Электромагнитная совместимость (ЭМС) – это способность электрического устройства функционировать с требуемым качеством в электромагнитной среде, к которой относятся также другие устройства, не оказывая недопустимого влияния на данную среду (VDE 0870 -1). В стандартах электромагнитная совместимость регламентируется Директивой ЕС об электромагнитной совместимости 2004/108/ЕС. Это значит, что электрооборудование в качестве источника помех излучает электромагнитные помехи (эмиссии), которые могут приниматься другими приборами или устройствами, выступающими в качестве приемных устройств (чувствительное оборудование). В результате этого возникает значительное нарушение функции чувствительного оборудования, что в самом худшем случае может привести к полному выходу из строя и экономическим потерям. Помехи могут распространяться как по проводам, так и через электромагнитные волны.

### Линия передачи данных без экрана

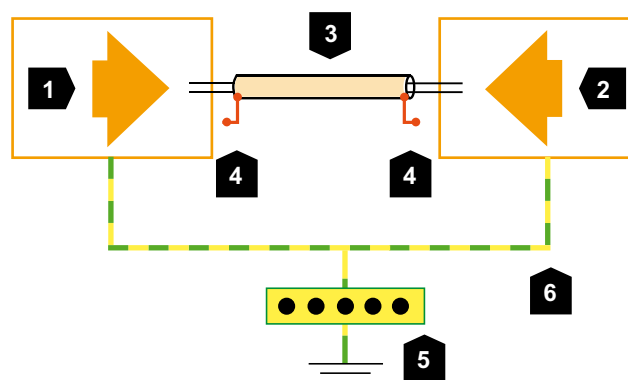
Для обеспечения ЭМС требуется системный подход к проектированию. Источники помех должны быть идентифицированы и определены количественно. Соединение описывает распространение помехи от источника помех к возмущенному прибору, чувствительному оборудованию. Задача проектирования ЭМС заключается в обеспечении совместимости путем принятия необходимых мер на источнике, на пути соединения или на чувствительном оборудовании. Проектировщики и электромонтажники в повседневной работе все чаще сталкиваются с данной тематикой. Таким образом, ЭМС уже на этапе проектирования электропроводки и прокладки кабельной сети представляет собой основополагающий фактор.

Ввиду повышенной сложности электромагнитной совместимости проблемы ЭМС должны анализироваться и решаться путем применения упрощенных гипотез и задействования моделей, а также экспериментально-измерительным путем.

### Кабеленесущие системы и их вклад в ЭМС

Кабеленесущие системы способны внести значительный вклад в оптимизацию ЭМС. Они пассивны и поэтому вносят долгосрочный и надежный вклад в ЭМС за счет того, что провода прокладываются в пределах кабеленесущих систем или экранируются кабеленесущими системами. При прокладке проводов в пределах кабеленесущих систем значительно сокращается гальванический ввод и ввод посредством электрических и магнитных полей в проводах. Тем самым кабеленесущие системы вносят вклад в сокращение соединения между источником и приемником. Экранирующий эффект кабеленесущих систем может быть определен количественно через сопротивление связи и затухание от влияния экрана. Таким образом проектировщик получает проектно-конструкторские параметры кабеленесущих систем, являющиеся важными при проектировании ЭМС.

При распределенных системах длина проводов может достигать нескольких сот метров. В зависимости от вида кабеля у телекоммуникационных кабелей для защиты сигнальных линий примеряются экраны. Они должны подключаться к уравниванию потенциалов для возможности отвода вводимых влияний помех. Далее представлены различные виды экранирования. (Рис. 3.42)



1	Устройство 1
2	Устройство 2
3	Линия передачи данных
4	Неподключенный экран
5	Шина уравнивания потенциалов
6	Заземляющее соединение

Рис. 3.45: Кабель без подключенного экрана

**Пример:**

Между различными компонентами установки имеется электрическое поле. При этом паразитные емкости порождают паразитные токи, влияющие на соседние провода:

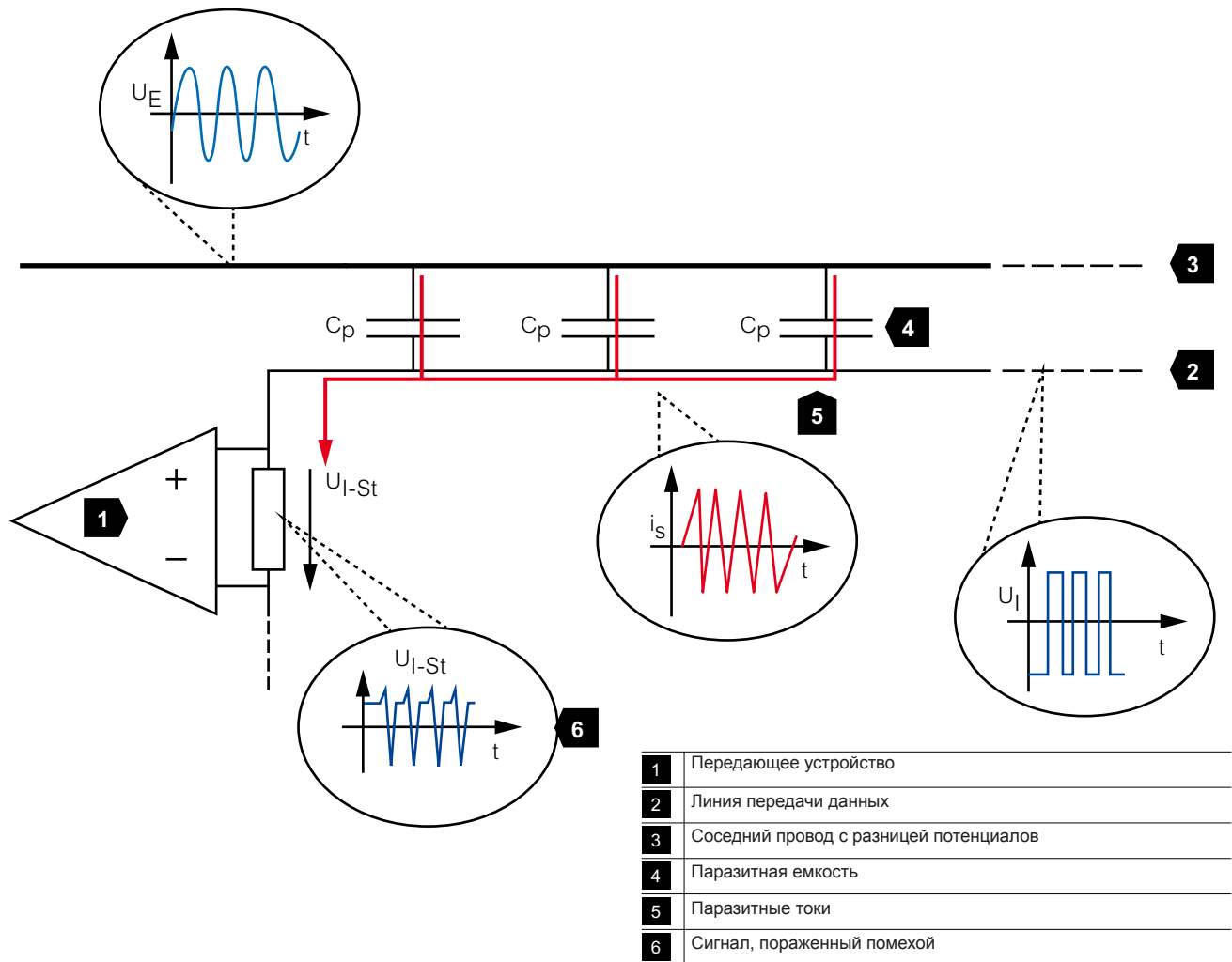


Рис. 3.46: Воздействие емкостного ввода на передающее устройство

*Неподключенный экран не защищает систему от влияния помех, таких как*

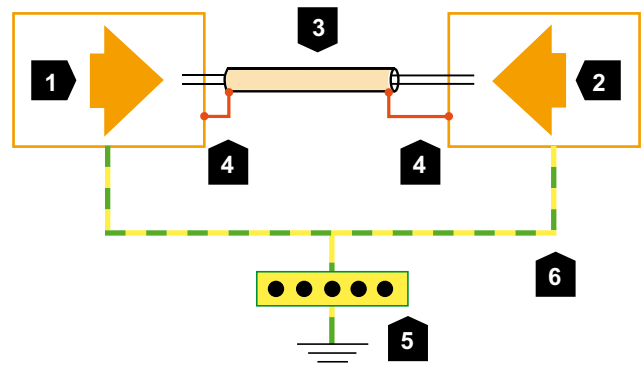
- *перекрестные помехи*
- *индуктивная связь*
- *емкостная связь*

Напряжения  $U_I$  и  $U_E$  относятся к абсолютному защитному заземлению. Через паразитные емкости  $C_p$  ток  $i_s$  течет по передающему устройству к земле. Возникающее в результате этого паразитное напряжение накладывается на входное напряжение и создает помехи для передачи. Паразитные емкости возникают, например, в пределах высокочастотной зоны.

### Линия передачи данных с экраном

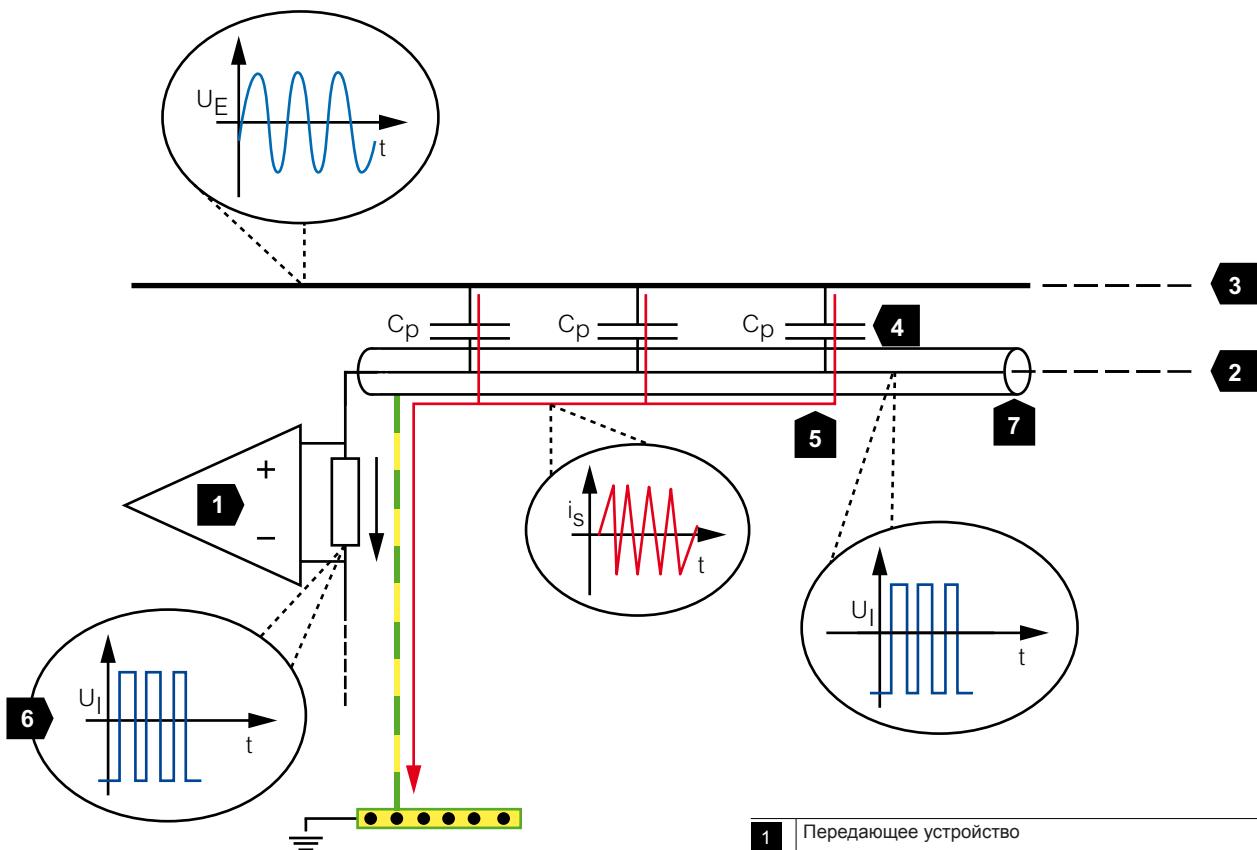
Во время прокладки провода необходимо следить за тем, чтобы соединение экрана было непрерывным и заземленным на обоих концах. Заземленный только с одной стороны экран провода может защищать только от емкостных вводов. Экраны с двухсторонним заземлением защищают также и от индуктивных соединений.

За счет привязки кабель экранирован от емкостных и индуктивных вводов. В зависимости от приведенного сопротивления кабеля и поперечного сечения экрана экран способен вынести нагрузку по току молнии.



1	Устройство 1
2	Устройство 2
3	Линия передачи данных
4	Подключенный с двух сторон экран
5	Шина уравнивания потенциалов
6	Заземляющее соединение

Рис. 3.47: Заземленный с двух сторон экран кабеля



1	Передающее устройство
2	Линия передачи данных
3	Соседний провод с разницей потенциалов
4	Паразитная емкость
5	Паразитные токи
6	Бесперебойный сигнал
7	Экран для отвода паразитных токов

Рис. 3.48: Емкостный ввод в передающее устройство предотвращен благодаря действию экрана

Благодаря применению экранирования кабеля паразитные токи могут быть сведены к минимуму путем отвода токов паразитных емкостей через экран. (Рис. 3.47)

Однако на экране могут протекать уравнивательные токи. Это происходит, если сопротивление заземления различных систем заземления неодинаково, и тем самым господствует разница потенциалов. За счет соединения обеих систем посредством экрана уравнивательные токи пытаются устранить разницу потенциалов. Если разность потенциалов больше, то текут более сильные уравнивательные токи. Если величина тока очень высокая, и экран не выдерживает нагрузки по току, то это может привести к возгоранию кабеля. В сетях TN-C помимо этого могут возникнуть сильные помехи на линии передачи данных.

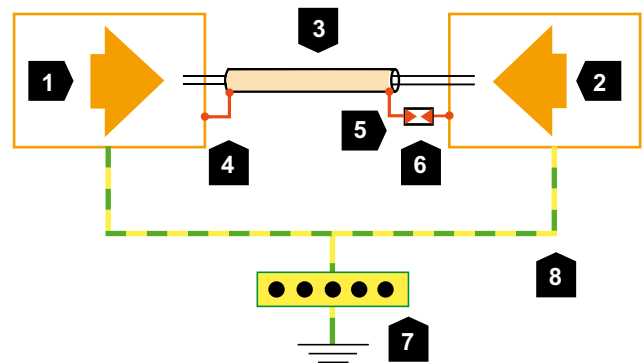
#### Линия передачи данных (телекоммуникационная линия) с односторонним непрямым заземлением

В качестве меры по предотвращению уравнивательных токов может служить не прямое заземление одного конца экрана. Экран подключается к уравниванию потенциалов посредством газового разрядника. Поскольку сопротивление газового разрядника составляет несколько гигаом, прямое соединение систем заземления отсутствует, и тем самым предотвращается протекание уравнивательных токов в силу высокого электрического сопротивления на одной стороне.

В случае воздействия молнии на экран газовый разрядник активизируется. Поскольку другой конец является низкоомным или напрямую подключен к уравниванию потенциалов, ток молнии и перенапряжение могут отводиться на обеих сторонах. Таким образом, экран не получит полную одностороннюю нагрузку.

#### 3.3.1.5 Свойства передачи

Ввиду чувствительного уровня сигнала телекоммуникационные линии особенно подвержены влиянию помех. Последние могут приводить к ошибкам в соединении или полному обрыву сигнала. При вмешательствах в провода, например, применении соединительных коробок, штекеров, адаптеров, а также при малом радиусе изгиба, следует всегда исходить из потерь сигналов. Большие потери могут привести к невозможности соблюдать определенные стандарты передачи. Однако установка УЗИП тоже считается вмешательством в провод.



1	Устройство 1
2	Устройство 2
3	Линия передачи данных (телекоммуникационная линия)
4	Напрямую подключенный экран
5	Не напрямую подключенный экран
6	Газовый разрядник
7	Шина уравнивания потенциалов
8	Заземляющий проводник

Рис. 3.49: Одностороннее не прямое заземление

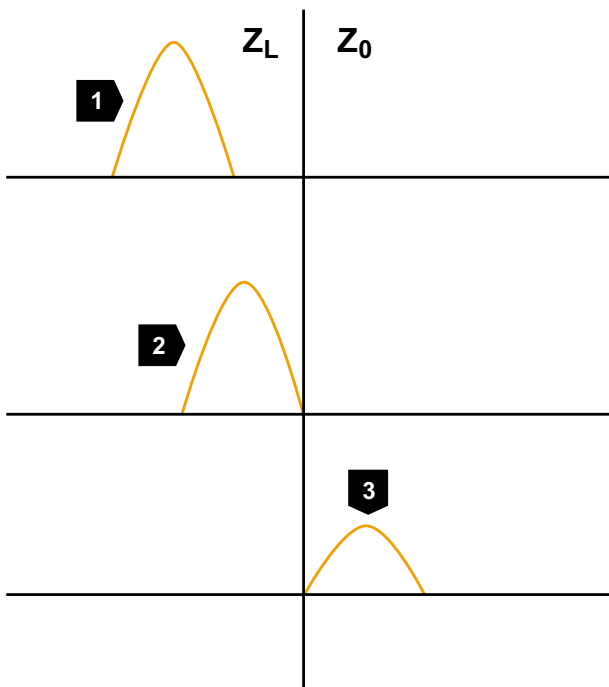


Для удерживания потерь на минимальном уровне следует проверять провода с точки зрения их свойств передачи.

Свойства передачи могут определяться при помощи соответствующих измерительных приборов. Важно при этом, чтобы измерительный прибор, соединительный кабель и УЗИП имели одинаковое волновое сопротивление для предотвращения сильных отражений и затуханий на местах стыков. Кроме того, необходима калибровка, чтобы измерительные приборы не отображали недостоверных результатов. Далее представлены наиболее важные свойства передачи:

**Вносимое затухание (insertion loss) (Рис. 3.50)**

Вносимое затухание описывает затухание системы от входа до выхода. Оно отображает передаточную функцию системы, в нем можно снова найти точку 3 дБ.

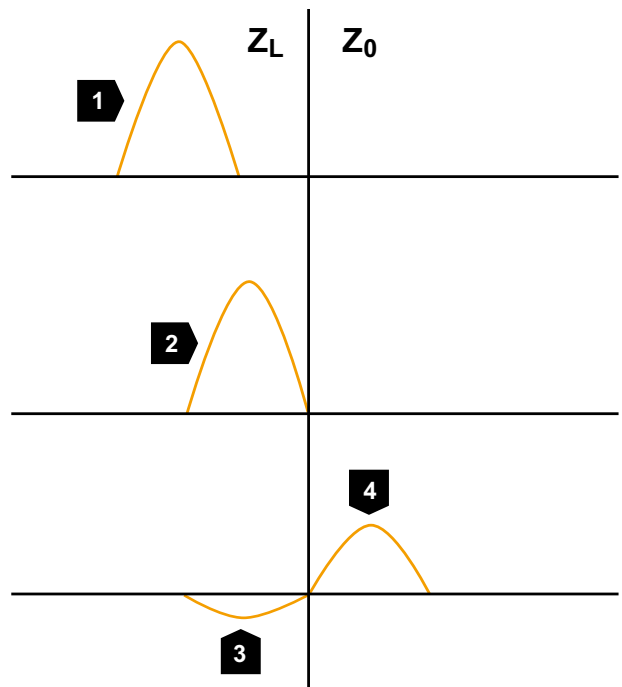


1	Прибывающая волна
2	Волна наталкивается на изменение волнового сопротивления
3	Затухание волны на месте стыка
$Z_L$	Сопротивление подходящего кабеля
$Z_0$	Сопротивление после места стыка

Рис. 3.50: Заглушенная волна

**Отражаемая мощность (return loss) (Рис. 3.51)**

Этот параметр указывает количество отражаемой входной мощности в дБ. В хорошо адаптированных системах данные значения составляют около -20 дБ для 50-омных систем. Эта величина имеет большое значение для антенных устройств. При отклонении волнового сопротивления от нормы на месте стыка возникают отражения. Потребитель больше не может потреблять полную мощность, поскольку отражаемая мощность на линии поступает обратно к питающему источнику.



1	Прибывающая волна
2	Волна наталкивается на изменение волнового сопротивления
3	Волна частично отражена и отступает обратно
4	Заглушенная волна
$Z_L$	Сопротивление подходящего кабеля
$Z_0$	Сопротивление после места стыка

Рис. 3.51: Отраженная волна (return loss)

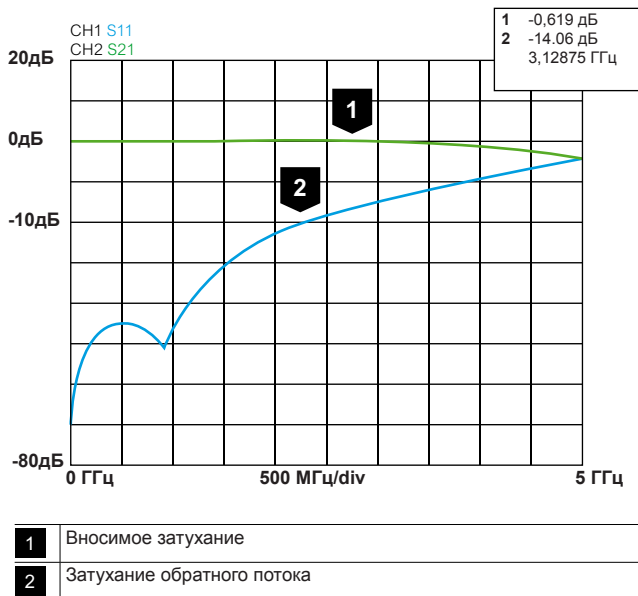


Рис. 3.52: Диаграмма: Вносимое затухание и затухание обратного потока, изображенные посредством сетевого анализатора.

На диаграмме (Рис. 3.52) показаны измеренные вносимое затухание и затухание обратного потока коаксиального разрядника, измеренные посредством высокочастотного сетевого анализатора.

**КСВН**

Коэффициент стоячей волны по напряжению (Voltage Standing Wave Ratio) – это отношение падающей волны к отраженной волне. Причиной стоячей волны может быть, например, ситуация, когда кабель не замкнут полным кабельным сопротивлением, или когда два кабеля с различным полным сопротивлением соединены между собой: например, коаксиальный кабель 50 Ом с коаксиальным кабелем 75 Ом.

При имеющемся рассогласовании, например, при открытом или короткозамкнутом конце кабеля, это может привести к удвоению или затуханию сигнальной волны.

**Полоса пропускания**

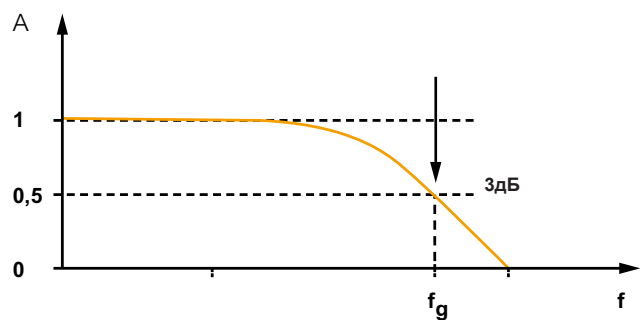
Полоса пропускания (ПП) обозначает разность двух частот, образующих полосу частот.

Полоса пропускания часто определяется как ширина полосы пропускания частот, где затухание мощности менее 3 дБ.

Часто в информационной технике полоса пропускания обозначается как объем данных. Последний, однако, обозначает интенсивность информационного потока. Полоса пропускания и интенсивность информационного потока зачастую различаются между собой.

**Предельная частота  $f_n$  (Рис. 3.50)**

Предельная частота  $f_n$  характеризует реакцию разрядника на определенные частоты. Емкостные или индуктивные свойства элементов обеспечивают затухание сигнала при повышении частоты. При этом критическая точка обозначается как предельная частота  $f_n$ . Начиная с этой точки, сигнал теряет 50% (3 дБ) своей входной мощности. Предельная частота определяется согласно установленным критериям измерения. Если указаний нет, предельная частота в основном определяется по 50-омным системам.



A	Амплитуда сигнала
f	Частота
$f_g$	Предельная частота при 3дб

Рис. 3.53: Предельная частота  $f_n$

**Перекрытанные помехи на ближнем конце (NEXT)**

Из-за емкостных или индуктивных соединений части сигнала одной витой пары вводятся в другую пару, вызывая тем самым помехи. Данный эффект обозначается как перекрытанные помехи на ближнем конце (NEXT: Near End Cross Talk). В стандартах передачи, например, для классов сети в соответствии с EIA/TIA 568A/B или EN 50173-1, регламентируются границы параметров перекрытанных помех на ближнем конце NEXT, которые путь передачи не должен превышать. Приведенные диаграммы показывают характеристику передачи кабелей высокого и низкого качества.

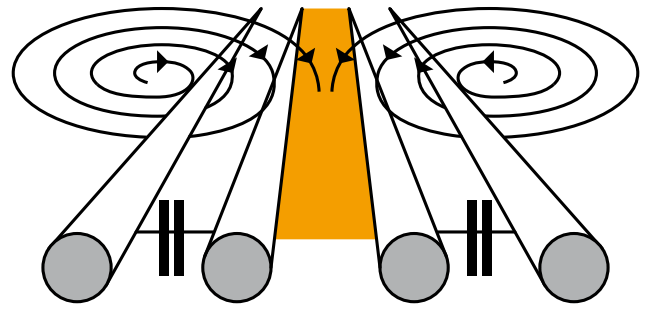
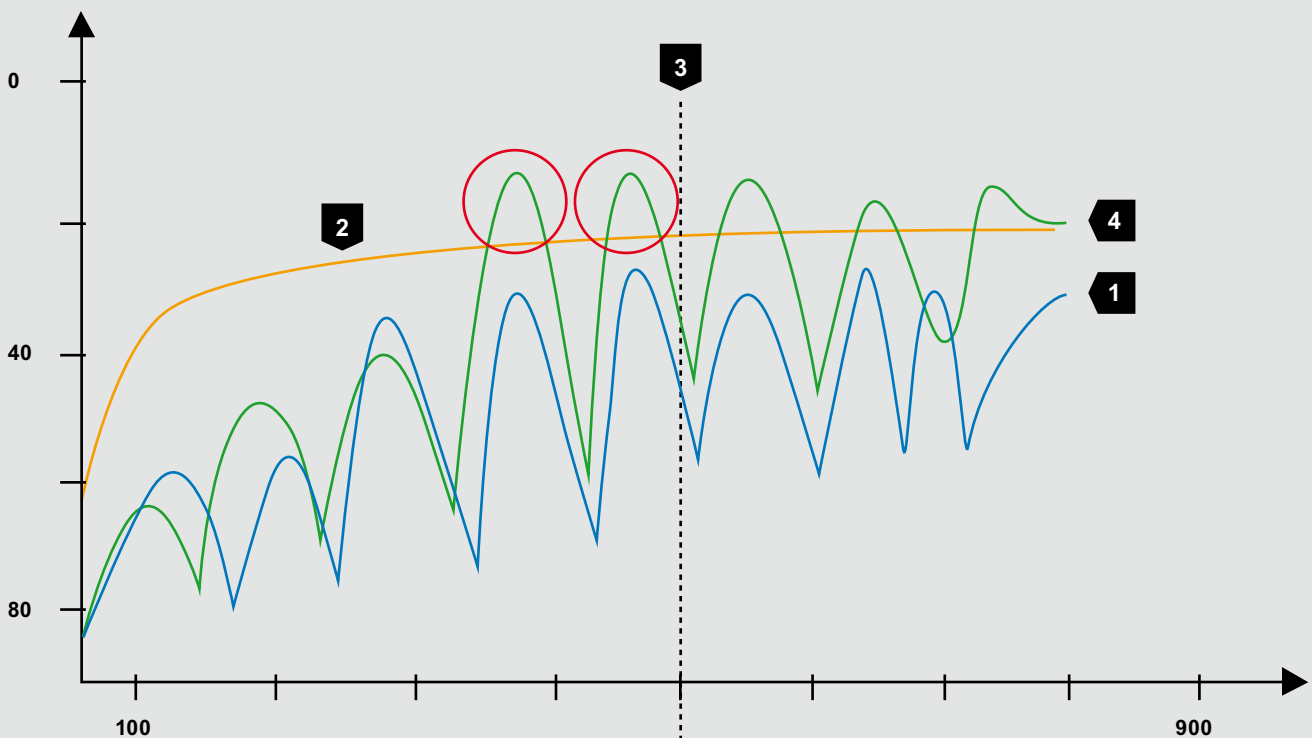


Рис. 3.54: Перекрытанные помехи витых пар



1	Оптимальные показатели NEXT
2	Границы
3	Релевантный спектр частот
4	Неудовлетворительные показатели NEXT

Рис. 3.55 Схема измерения NEXT: Противопоставление оптимальных и неудовлетворительных показателей NEXT

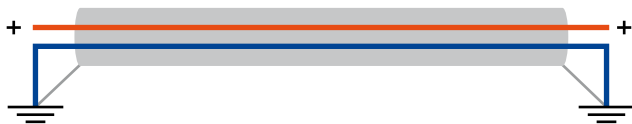


Рис. 3.53 Асимметричный провод



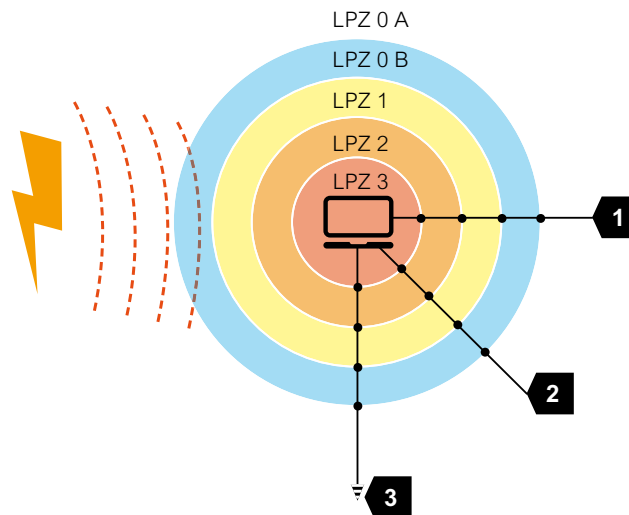
1	Оболочка кабеля
2	Изоляция жилы А
3	Изоляция жилы В
4	Проводник жилы А/В

Рис. 3.57: Симметричный провод

### 3.3.1.6 Симметричная и асимметричная передача данных

Асимметричные интерфейсы (Рис. 3.56) имеют линию передачи данных и электрическое соединение через корпус. Напряжение сигнала изменяется по отношению к опорному потенциалу или корпусу.

При симметричной передаче данных (Рис. 3.57) вместо одной линии передачи данных для одного сигнала используется две линии передачи данных, например, витые пары. Одна линия сдвинута по фазе относительно другой на 180°. Если на жилу сигнала вводится помеха, то она вводится также и на вторую жилу. За счет смещения фаз паразитный сигнал, обусловленный образованием разности двух сигнальных линий, почти устраняется. В отношении систем передачи данных, например, DSL, также говорят об (а)симметричной или (а)синхронной системе. В данном случае имеется в виду симметричность или синхронность интенсивности информационного потока (скорость передачи данных). Так, например, скорость передачи данных по нисходящей линии /при скачивании данных, как правило, значительно отличается от скорости передачи данных по восходящей линии/при загрузке данных. Например, данные в сети ADSL скачиваются быстрее, чем загружаются. В SDSL в обоих случаях скорости передачи данных одинаковые.



1	Линия электропередачи
2	Линия передачи данных
3	Уравнивание потенциалов

Рис. 3.58: Прохождение кабелей через все зоны молниезащиты

### 3.3.1.7 Классы защиты устройств

Объекты, подверженные опасности со стороны молнии и импульсных напряжений, подразделяются на так называемые зоны молниезащиты (Lightning Protection Zone). Назначение данных зон молниезащиты (LPZ) – снижение амплитуды тока молнии или импульсного напряжения от зоны к зоне в целях приведения как минимум к одинаковому показателю пробивной прочности соответствующих устройств. При этом различные подводы, такие как линии электропередачи и линии передачи данных, зачастую проходят через все зоны. (Рис. 3.58)

Для каждой из этих зон должно быть выбрано соответствующее устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). Класс защиты УЗИП, производимых ОВО, обозначен на всей продукции.



Рис. 3.59: LPZ 0 B - 2, Конечный идентификатор B (базовая защита) выделен красным цветом



Рис. 3.60: LPZ 0 B - 3, Конечный идентификатор C (комбинированная защита, комбизащита) выделен синим цветом

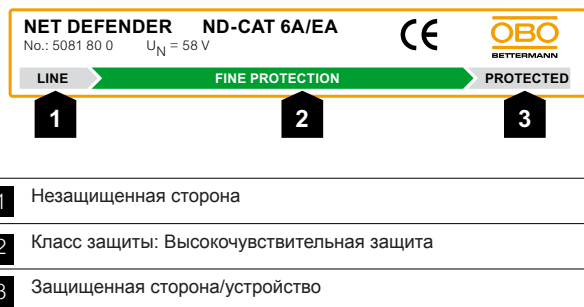


Рис. 3.61: LPZ 1 - 3, Конечный идентификатор F (высокочувствительная защита) выделен зеленым цветом

**Базовая защита (Рис. 3.59)**

Устройства с базовой защитой – молниезащитные разрядники класса 1, способные отводить токи молнии и импульсные перенапряжения. Одноступенчатая схема защиты содержит газовые разрядники. Эти устройства устанавливаются на местах ввода проводов в здание. Они служат для отвода токов молнии с формой волны 10/350мкс, которые вводятся снаружи здания по линиям передачи данных.

**Высокочувствительная защита (Рис. 3.60)**

В устройствах с высокочувствительной защитой под воздействием импульсных перенапряжений ограничиваются диоды переходного поглощения. Заземление устройств осуществляется через высокопроизводительный газовый разрядник. Развязка с базовой и высокочувствительной защитой имеет место в том случае, если путь провода между базовой и высокочувствительной защитой имеет длину не менее 5 м. Устройства с высокочувствительной защитой всегда должны устанавливаться непосредственно на защищаемом устройстве.

**Комбизащита (Рис. 3.61)**

В устройствах с комбизащитой происходит ограничение переходных напряжений посредством газового разрядника или диодов переходного поглощения, вводимых через сопротивления. Они соответствуют классам 1, 2 и 3 или категориям D1 и C2 стандарта DIN EN 61643-21. Устройства могут устанавливаться в качестве базовой защиты в области ввода проводов в здание или в качестве высокочувствительной защиты прямо перед оконечным устройством. В последнем случае следует следить за тем, чтобы расстояние до защищаемого устройства не превышало 10 м, в противном случае необходимо установить перед прибором еще одну высокочувствительную защиту.

**Исполнение**

Для обеспечения надлежащей функции устройств защиты телекоммуникационных линий при установке должны учитываться различные аспекты. Они будут рассмотрены в последующих главах.

**Выбор УЗИП**

Чтобы правильно подобрать УЗИП для определенного применения, компания OBO Bettermann предлагает в Приложении всеохватывающую таблицу выбора устройств защиты, которая значительно облегчит Вам выбор УЗИП. Если нужный интерфейс не приведен в таблице, то должны быть проверены следующие технические свойства сигнального интерфейса и сопоставлены с критериями УЗИП:

1. Вид системы (телекоммуникационная программа, контрольно-измерительная система, ...)
2. Полярность или количество требуемых подключений жил
3. Макс. допустимое напряжение при длительной нагрузке УЗИП
4. Макс. допустимый ток нагрузки УЗИП
5. Поддерживаемый диапазон частот
6. Место установки и возможные способы монтажа (U-образная шина, соединитель, ...)
7. Необходимый класс защиты (базовая защита, высокочувствительная защита, комбизащита)

Несоответствующее УЗИП может значительно нарушить работу самого приложения, например, при слишком высоком затухании сигнального контура. Если напряжение или ток нагрузки системы превышают критерии УЗИП, то оно может быть разрушено из-за перегрузки.

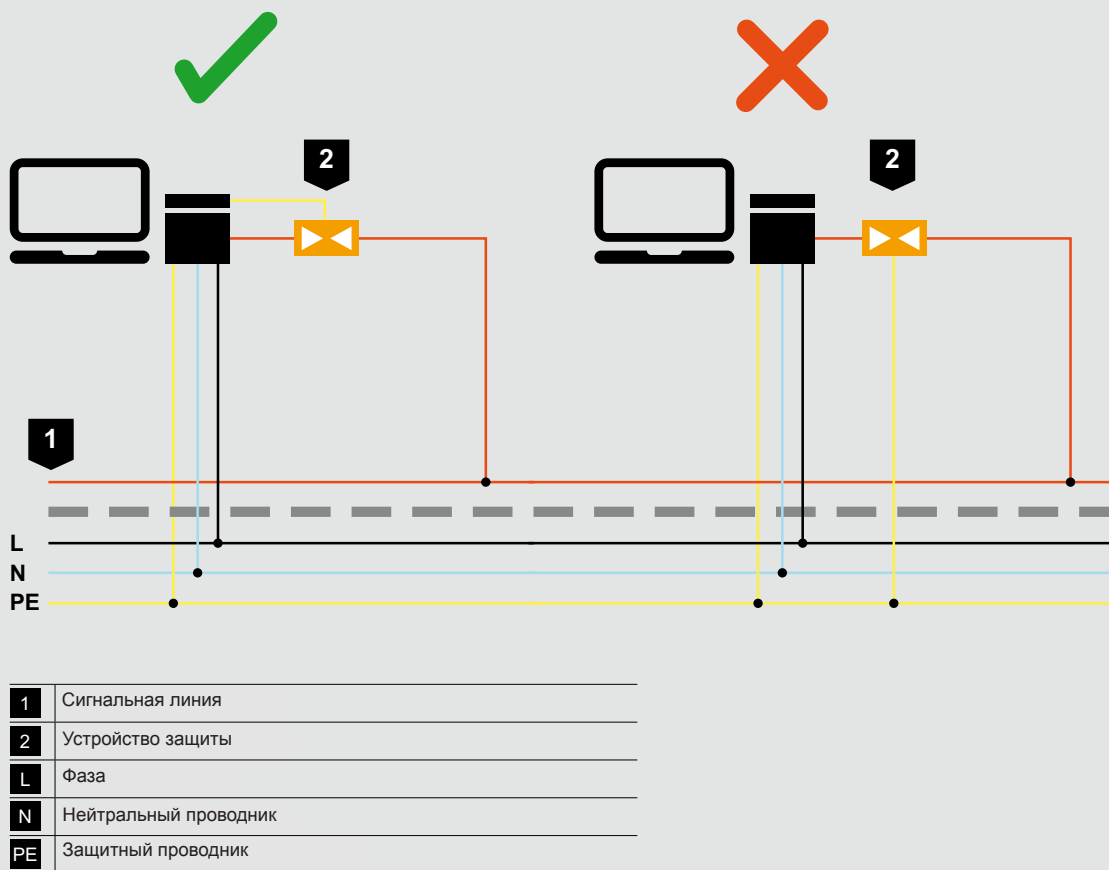


Рис 3.62: Пример установки с правильным и неправильным подключением потенциала к устройству защиты



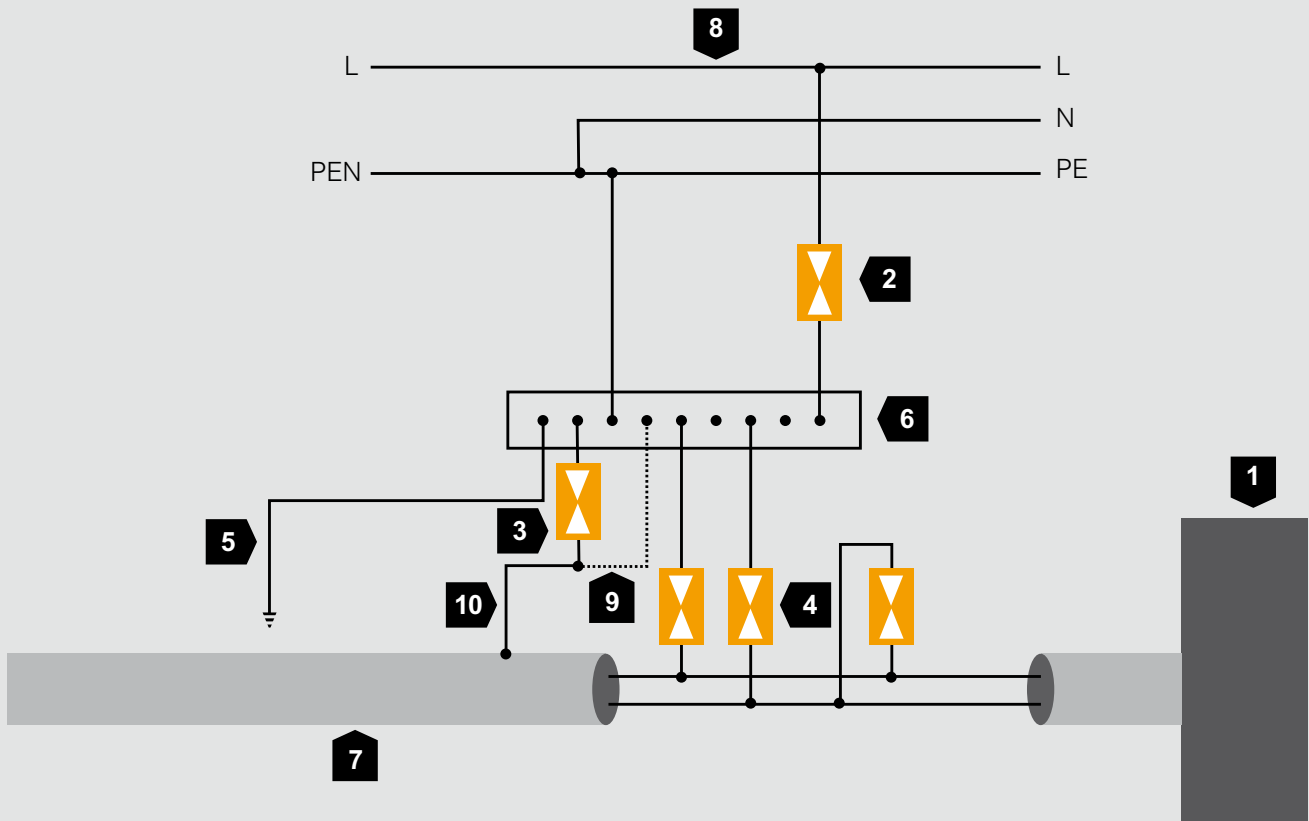
### 3.3.2 Установка устройств защиты телекоммуникационных линий

Если провода слишком длинные, в результате индуктивности проводов происходит падение напряжения, отрицательно влияющее на уровень защиты от импульсных напряжений. Он может настолько сильно повыситься, что показатель пробивной прочности будет превышен, и на приборе, несмотря на защиту от импульсных напряжений, возникнут повреждения.

#### 3.3.2.1 Уравнивание потенциалов для телекоммуникационных сетей

Телекоммуникационные системы отличаются от электротехники тем, что в них возникают продольные и поперечные напряжения, которые можно минимизировать, если установить соответствующие разрядники с элементами, ограничивающими напряжение. Для достижения необходимого уровня защиты эти устройства следует кратчайшим путем соединить с системой уравнивания потенциалов. Не следует использовать для этого длинные провода. Лучшим решением является установка локального уравнивания потенциалов.

(Рис. 3.63) Соединение экранов тоже имеет большое значение. Полная экранирующая защита от емкостных и индуктивных вводов обеспечивается лишь в том случае, если система уравнивания потенциалов соединения с экраном при низком сопротивлении с обеих сторон.



1	Защищаемое устройство / ТК-линия
2	УЗИП (для электротехники)
3	Газовый разрядник (непрямое экранирование)
4	Газовые разрядники
5	Соединение с уравниванием потенциалов
6	Шина уравнивания потенциалов

7	Телекоммуникационная линия
8	Линия электропередачи
9	Прямое соединение с уравниванием потенциалов (предпочтительно)
10	Проводящий экран телекоммуникационной линии
L	Фаза
N	Нейтральный проводник
PE	Защитный проводник

Рис. 3.63 Уравнивание потенциалов телекоммуникационных линий

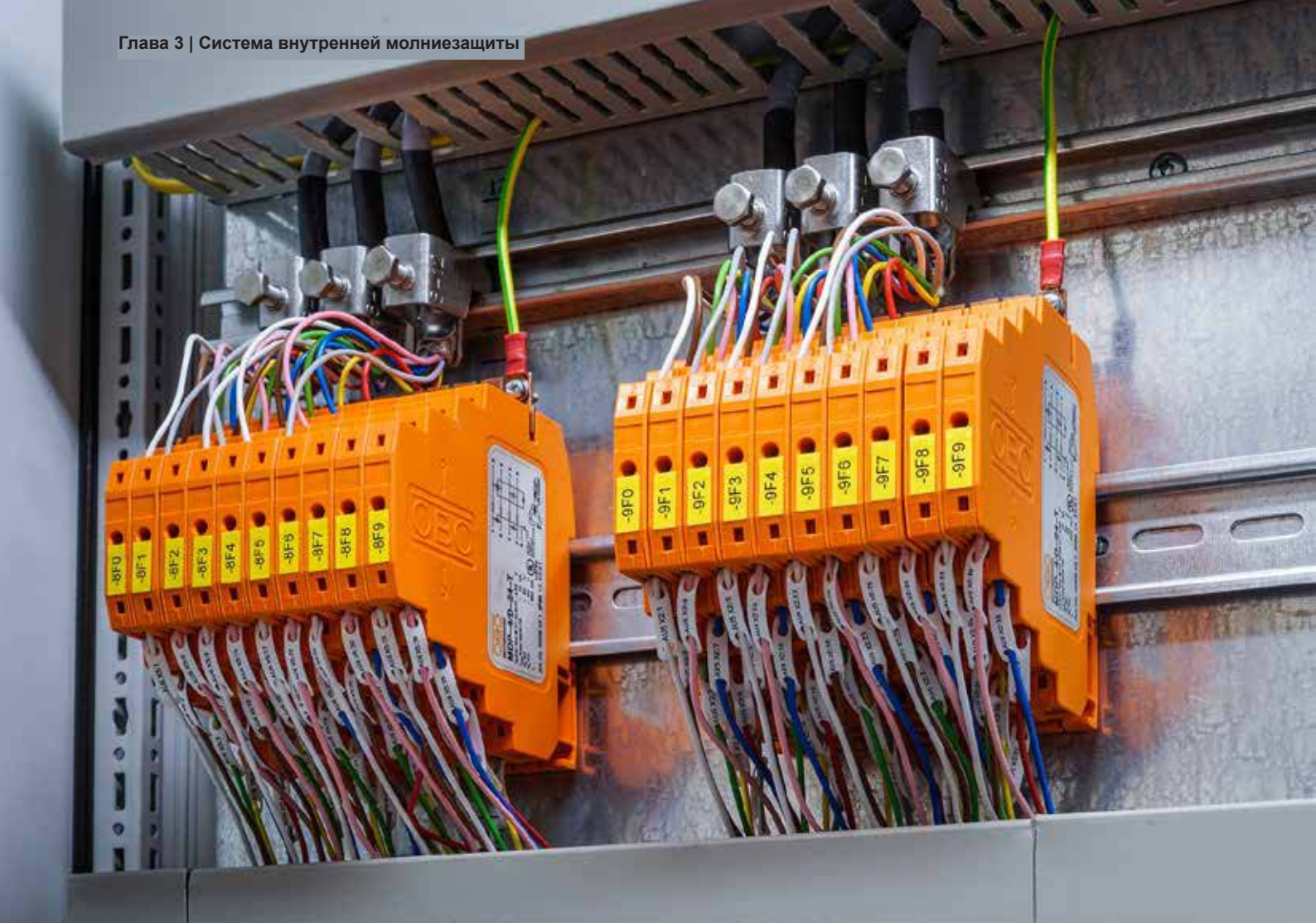


Рис. 3.64 Монтаж молниезащитных барьеров типа MDP в шкафу управления

### 3.3.2.2 Контрольно-измерительная техника

Контрольно-измерительная техника и промышленные сети позволяют осуществлять автоматическое управление производственными линиями или удаленный контроль различных датчиков и исполнительных механизмов. На сегодняшний день данная техника является сердцем любого современного промышленного предприятия. Ее выход из строя привел бы к большим финансовым затратам. Для предотвращения этого системы должны быть защищены от импульсных перенапряжений, обусловленных индуктивными и емкостными вводами.

Молниезащитные барьеры TKS-B, FRD, FLD, FRD2 и FLD2 защищают электронное контрольно-измерительное оборудование от импульсных перенапряжений. В областях, где требуется особенно малая монтажная ширина одновременно с большим количеством полюсов, применяются молниезащитные барьеры типа MDP.

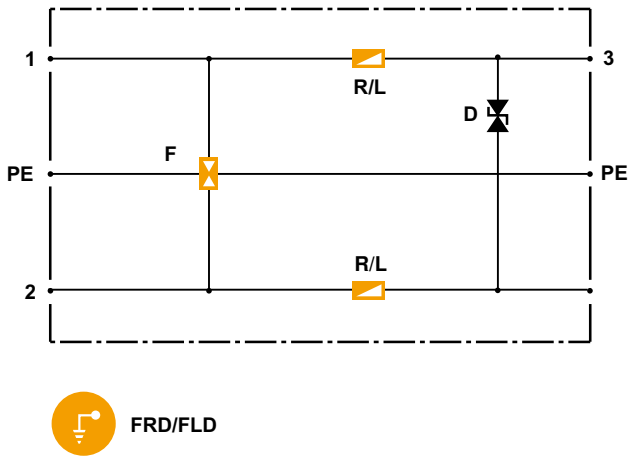


Рис. 3.65: Схема молниезащитного барьера FRD/FLD

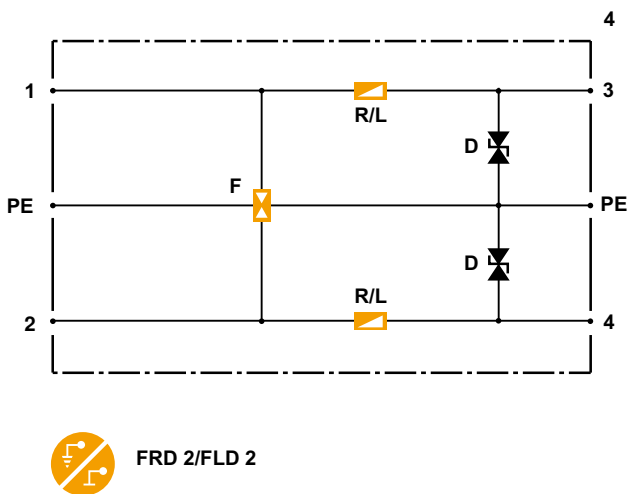


Рис. 3.66: Схема молниезащитного барьера FRD2/FLD2

**Тип FRD/FLD (Рис. 3.65)**

Молниезащитные барьеры серии FRD и FLD, а также MDP специально разработаны для так называемых не соединенных с корпусом (асимметричных, с нулевым потенциалом) систем с парными жилами. К ним относятся системы, сигнальные цепи которых не имеют общего опорного потенциала с другими сигнальными цепями, например, петли тока 20 мА. Эти устройства подходят для универсального применения.

**Тип FRD2/FLD2 (Рис. 3.66)**

Молниезащитные барьеры серии RD2 и FLD2 относятся к устройствам защиты для применения в соединенных с корпусом (симметричных, с определенным потенциалом) одножильных системах.

Соединенные с корпусом системы представляют собой сигнальные цепи, имеющие общий опорный потенциал с другими сигнальными цепями. В таких системах, помимо защиты основного устройства, могут быть защищены еще два других телекоммуникационных провода. Выбор барьера FRD (с омической развязкой) или барьера FLD (с индуктивной развязкой) зависит от защищаемой системы.

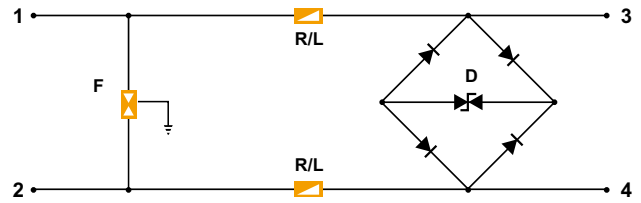


Рис. 3.67: Схема базовой защиты в измерительной цепи

**Применение молниезащитных барьеров в измерительных цепях (Рис. 3.67)**

При использовании молниезащитных барьеров в измерительных цепях необходимо проверить, является ли допустимым повышение сопротивления. При использовании барьеров серии FRD и FRD2 в измерительных цепях может возникнуть повышенное сопротивление, обусловленное развязкой. Это может стать причиной ошибок в измерениях с применением петель тока измерений. Поэтому в таких цепях следует использовать молниезащитные барьеры FLD/FLD2 или MDP. Кроме того, необходимо проверить максимальный рабочий ток, чтобы элементы развязки не подвергались термическому разрушению, обусловленному потерей мощности.

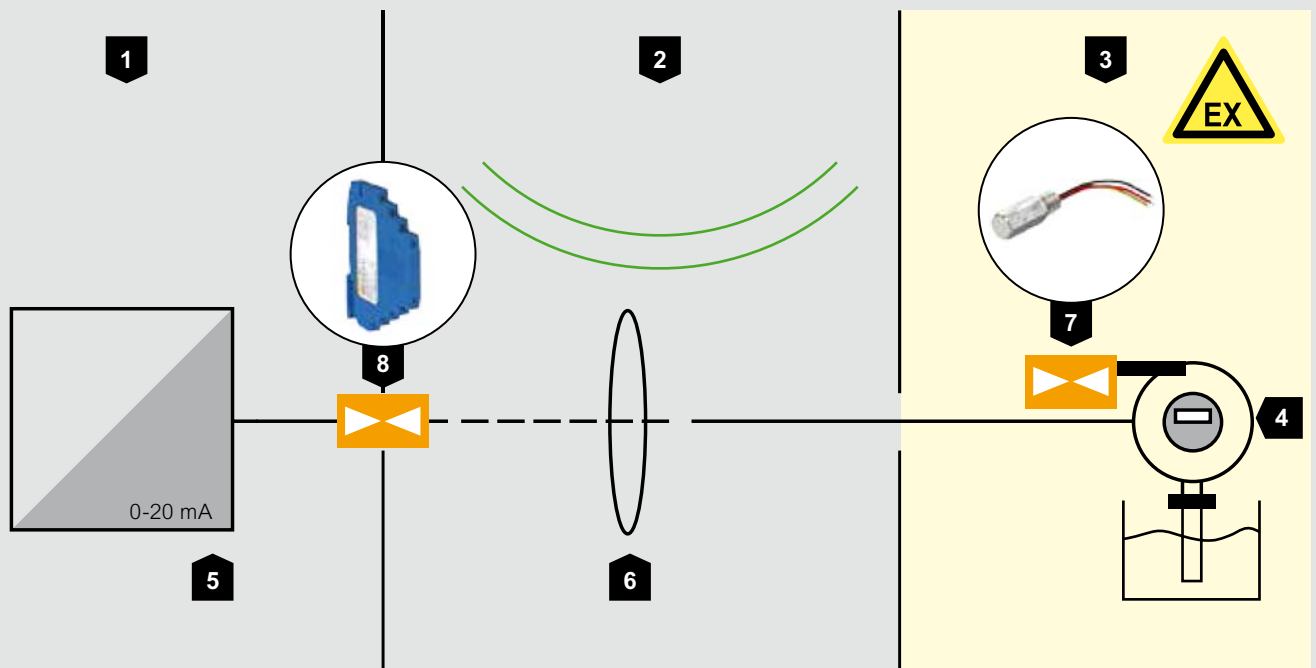
При применении разрядников с интегрированной функцией индуктивности для развязки при высоких передаваемых частотах происходит затухание сигнала. Поэтому при использовании в измерительных цепях с высокими передаваемыми частотами предпочтение отдается молниезащитным барьерам с омическими элементами развязки.

**Защита от импульсных перенапряжений для взрывоопасных зон (Рис. 3.68)**

Во взрывоопасных зонах защита от импульсных перенапряжений является важной темой. Здесь действует положение о том, что дорогостоящая контрольно-измерительная техника должна быть защищена от воздействия импульсных перенапряжений, обусловленных атмосферными разрядами. Именно чувствительная контрольно-измерительная техника, провода которой часто проходят через поля, наиболее подвержена влиянию импульсного перенапряжения или ударам молнии. На следующем рисунке, изображающем применение интерфейса мощностью 20 мА, представлено типичное устройство контрольно-измерительной техники.



Рис. 3.66: Сенсор с Petrol Field Protector (см. пункт 7 на рис. 3.68)



1	Защищенная сторона
2	Поле
3	Взрывоопасная зона Ex 1,2
4	Защищенный датчик
5	Источник сигнала
6	Ввод
7	УЗИП на датчике (например, FDB)
8	УЗИП перед источником сигнала (например, MDP)

Рис. 3.68: Пример применения – Защита сигнальной линии контрольно-измерительной техники в зоне EX





Рис. 3.69: Защита подключения ISDN + DSL при помощи TeleDefender

### 3.3.2.3 Телекоммуникация

Области применения телекоммуникации сегодня разнообразны. Многие ассоциируют данный термин исключительно с классическим телефоном. Однако его спектр значительно шире. Более того, термин обозначает передачу любой информации при помощи технических инфраструктур на определенное расстояние. Так, например, сфера высокоскоростных передач по оптоволокну точно так же относится к теме телекоммуникаций, как и отправка факса.

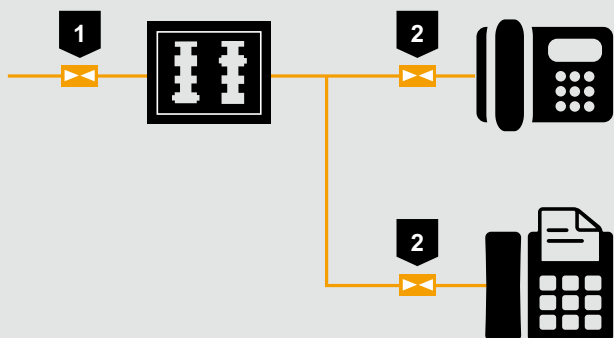
#### Телефонные системы

Помимо своих прямых функций, современные телефонные системы часто выполняют функцию интерфейса для подключения других услуг, например, для интернета. Многочисленные устройства, обеспечивающие такие подключения, соединены с линией напрямую и поэтому должны быть включены в систему защиты от перенапряжений. В связи с большим разнообразием подключаемых устройств к выбору средств защиты необходимо подойти очень тщательно.

#### Стандартное аналоговое подключение

Стандартное аналоговое подключение не предоставляет дополнительных услуг подобно другим системам. Один или несколько телефонов соединяются по схеме «звезда» и при поступающем вызове звонят одновременно. Доступ к Интернету осуществляется через отдельный модем. Поскольку аналоговое подключение без технических аксессуаров предоставляет только один канал, во время телефонного разговора доступ к сети Интернет отсутствует, и наоборот – во время работы в Интернете невозможен телефонный разговор.

**Подключение ISDN** (Integrated Services Digital Network System = цифровая сеть с интеграцией услуг) В отличие от стандартного аналогового подключения сеть ISDN с помощью специальной системы шин (S0) предоставляет 2 канала, обеспечивая возможность ведения двух разговоров одновременно. Пользователь может работать в сети Интернет во время телефонного разговора, при этом скорость передачи данных здесь выше, чем при аналоговом подключении (64 кбит/сек на одном канале). Кроме того, в сетях ISDN возможны дополнительные услуги, например, переключение между вызовами, обратный вызов и т.д.



	Устройство	Арт. №
1	TKS-B или	5097 97 6
	TD-4/I	5081 69 0
2	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7

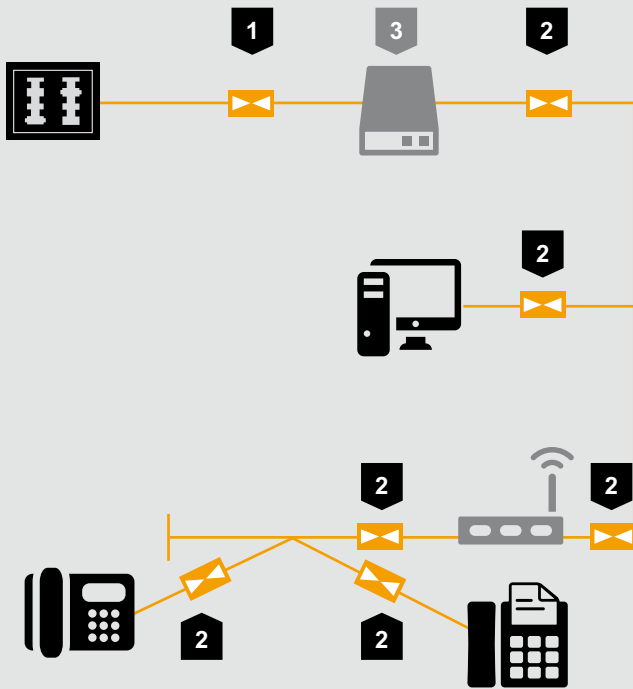
Рис. 3.70: Защита аналогового телефонного подключения

### Аналоговое подключение (Рис. 3.70)

Аналоговая телефонная система

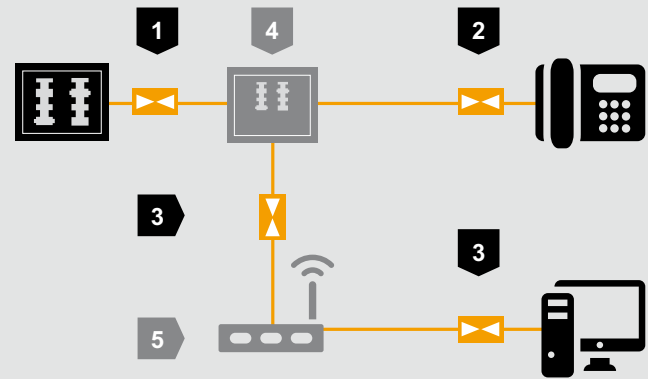
- Одна линия (без системного подключения)
- Низкая скорость передачи данных (56 кбит/сек)





	Устройство	Арт. №
1	TKS-B или TD-4/I	5097 97 6 5081 69 0
2	ND-CAT6A/EA	5081 80 0
3	NTBA	-

Рис. 3.71: Защита подключения ISDN



	Устройство	Арт. №
1	TKS-B или TD-2D-V	5097 97 6 5081 69 8
2	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7
3	ND-CAT6A/EA	5081 80 0
4	Сплиттер	-
5	DSL-модем	-

Рис. 3.72: Защита DSL+ аналогового телефонного подключения

### Подключение DSL (Digital Subscriber Line = цифровая абонентская линия)

В настоящее время чаще всего применяется подключение DSL. Телефонный и телекоммуникационный каналы разъединены с помощью сплиттера, и к телекоммуникационному каналу подключен специальный модем (NTBBA), который через специальную сетевую карту соединен с ПК. Скорость передачи данных в сетях DSL превышает скорость аналогового подключения и сетей ISDN; она позволяет, таким образом, быструю загрузку музыки и фильмов из сети Интернет.

Так как существуют различные варианты сети DSL, например, ADSL и SDSL, то общую сеть DSL также называют XDSL. Сеть XDSL позволяет использовать аналоговые телефоны без дополнительного оборудования, а также создать комбинацию с ISDN. В следующей схеме представлены возможные способы защиты типичного подключения ISDN / аналоговое + DSL. (Рис. 3.70-3.74) Более обширный обзор можно найти в таблицах выбора, начиная со страницы 196.

### Подключение DSL в комбинации с подключением ISDN

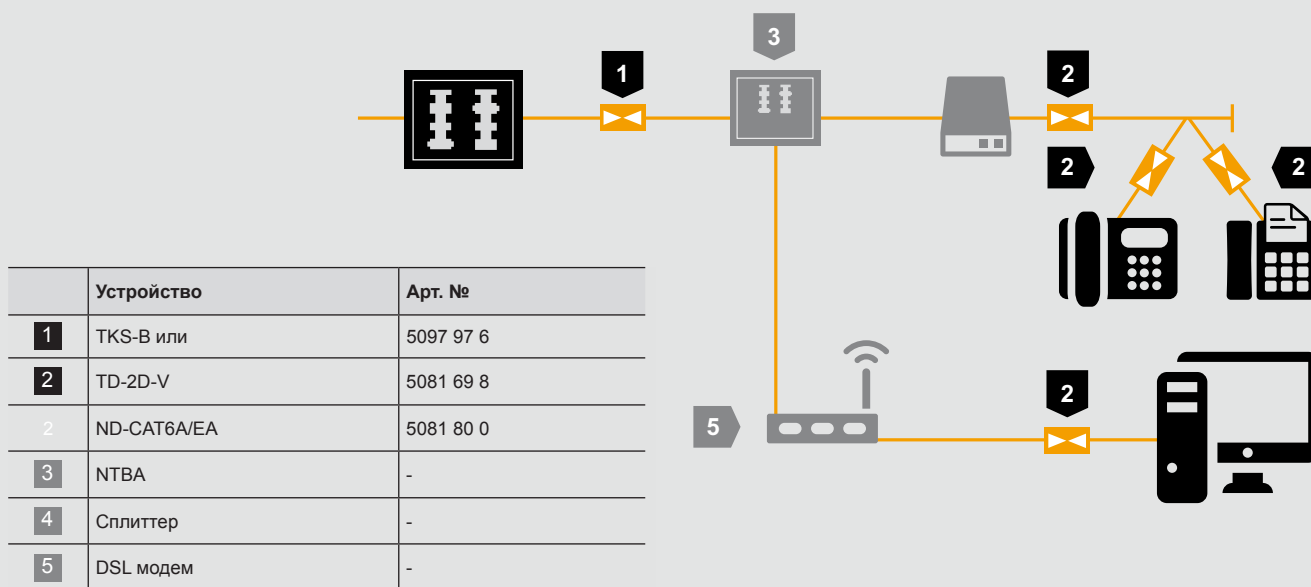


Рис. 3.73: Защита подключения ISDN + DSL посредством TeleDefender

### Подключение IP

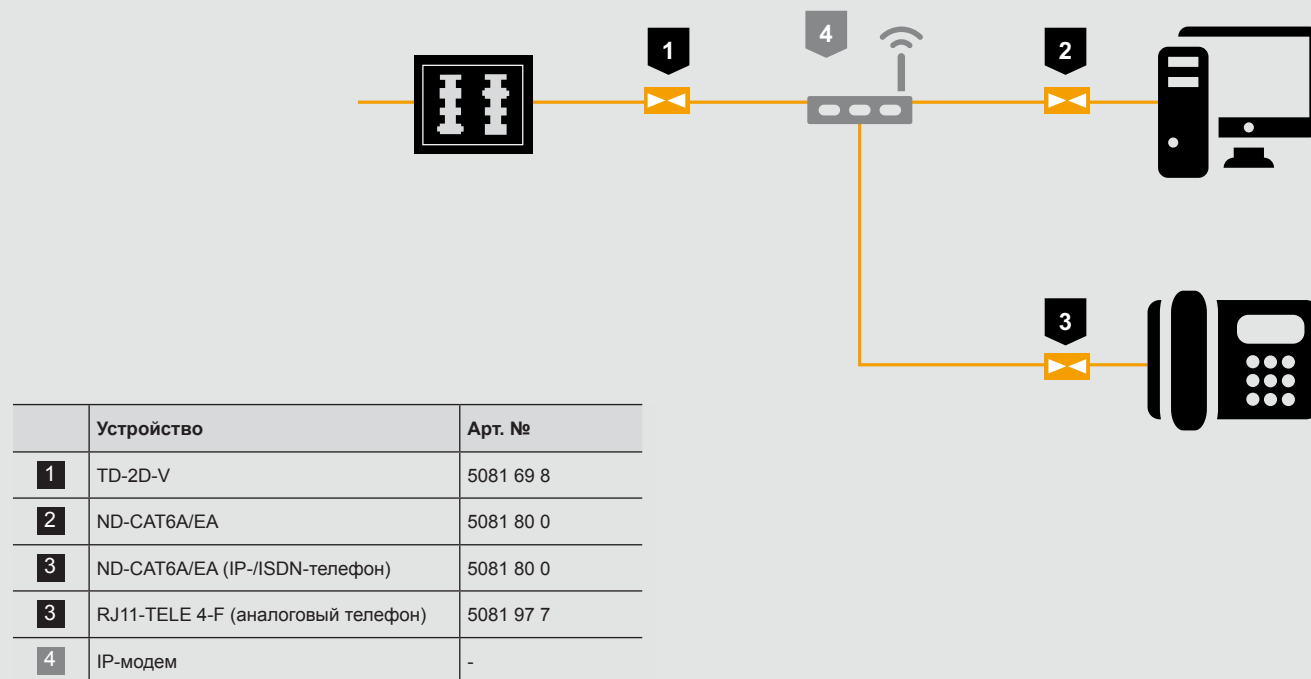


Рис. 3.74: Защита подключения IP

### 3.3.2.4 Высокочастотные технологии

Высокочастотная техника часто находит применение в системах беспроводной передачи информации, такой как речь, данные и видеоизображения. В данном разделе приведены наиболее известные технологии:

#### GSM

GSM (Global System for Mobile Communications) - глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи. Область его применения в основном сосредоточена на радиотелефонной связи между абонентами мобильной сотовой связи. Данный стандарт предлагает также возможность передачи данных с функцией коммутации каналов и пакетов. Стандарт GSM был введен в Германии в 1992 г.

#### UMTS / LTE

Универсальная Мобильная Телекоммуникационная Система (UMTS) в отличие от GSM позволяет обеспечивать более высокую интенсивность информационного потока. Стандарт третьего поколения позволяет поддерживать скорость передачи информации до 42 Мбит/с при использовании HSDPA+ и до 300 Мбит в комбинации со стандартом четвертого поколения LTE (Long Term Evolution = долговременное развитие). LTE используется также для предоставления услуг широкополосной передачи данных в сельских регионах и устранения так называемых «белых пятен» (регионы с подключением к каналу передачи данных со скоростью менее 1 Мбит/с).

#### TETRA / BOS

TETRA – стандарт цифровой транкинговой радиосвязи. В переводе с английского “terrestrial trunked radio” означает «наземная транкинговая радиосвязь». С данным стандартом возможна не только классическая передача речи, но и услуги по обработке данных, сигнализации и размещению. Поэтому он подходит для многостороннего применения. Учреждения и организации с функциями в сфере безопасности (по-немецки сокращенно называемые BOS) используют также данный стандарт.

#### GPS

Система глобального позиционирования (Global Positioning System) – спутниковая система определения местоположения и скорости объектов. Самой известной областью применения данной технологии являются навигационные системы.

#### Спутниковое ТВ

Спутниковое ТВ, также как и GPS, использует в качестве технологии передачи данных спутниковую систему и служит для вещания аналоговых и цифровых телевизионных программ. Для приема сигнала требуются спутниковая антенна и спутниковый конвертер LNB (Low Noise Block), преобразующий частоты спутниковой связи в частоты, которые могут использоваться коаксиальными кабелями.



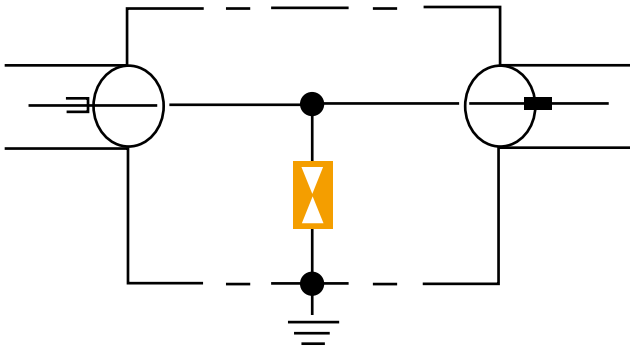


Рис. 3.75: Коаксиальное УЗИП с газовым разрядником

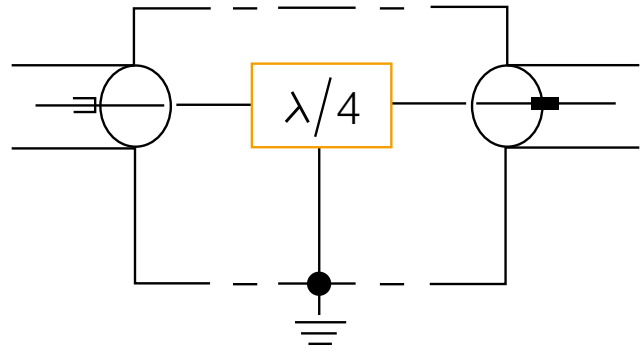


Рис. 3.76: Коаксиальное УЗИП с технологией «лямбда/4»

Эти чувствительные высокочастотные системы должны быть защищены от токов молнии и импульсных перенапряжений. В данном случае могут применяться коаксиальные разрядники импульсных перенапряжений DS от OBO Bettermann. Они характеризуются оптимальными параметрами передачи данных с низкими показателями затухания и последовательно подсоединяются к пути передачи данных. Они применимы для всех ходовых подключений. Говоря о коаксиальных разрядниках, различают между разрядниками импульсных перенапряжений с газовым разрядником и с технологией «лямбда/4».

#### Коаксиальные разрядники импульсных перенапряжений с газовым разрядником

Первый вариант - коаксиальные разрядники импульсных перенапряжений с газовым разрядником. (Рис. 3.75) По ним возможна передача данных с частотой от 0 Гц при пост. токе. Они совместимы почти со всеми штепсельными системами. Поэтому области их применения разнообразны. Кроме того, в случае дефекта газовый разрядник можно заменить. Из-за своей емкости газовые разрядники все же имеют ограничения в своей полосе пропускания: так, предельная частота в настоящий момент составляет ок. 3 ГГц. Таким образом, невозможна передача WLAN-сигналов по стандарту 802.11n с частотой до 5,9 ГГц.

#### Разрядник импульсных перенапряжений с технологией «лямбда/4»

Другой вариант - разрядники импульсных перенапряжений с технологией «лямбда/4». (Рис. 3.76) Данные разрядники являются полосовыми фильтрами и пропускают только определенный диапазон частот. Для сигналов за пределами поддерживаемого диапазона частот данный тип разрядников представляет собой гальваническое короткое замыкание. Преимуществом данной технологии является поддержка частот до 6 ГГц и очень низкий уровень защиты от импульсных перенапряжений, составляющий всего ок. 30 В. Кроме того, они почти не требуют затрат на техническое обслуживание, т.к. применение газового разрядника не требуется.

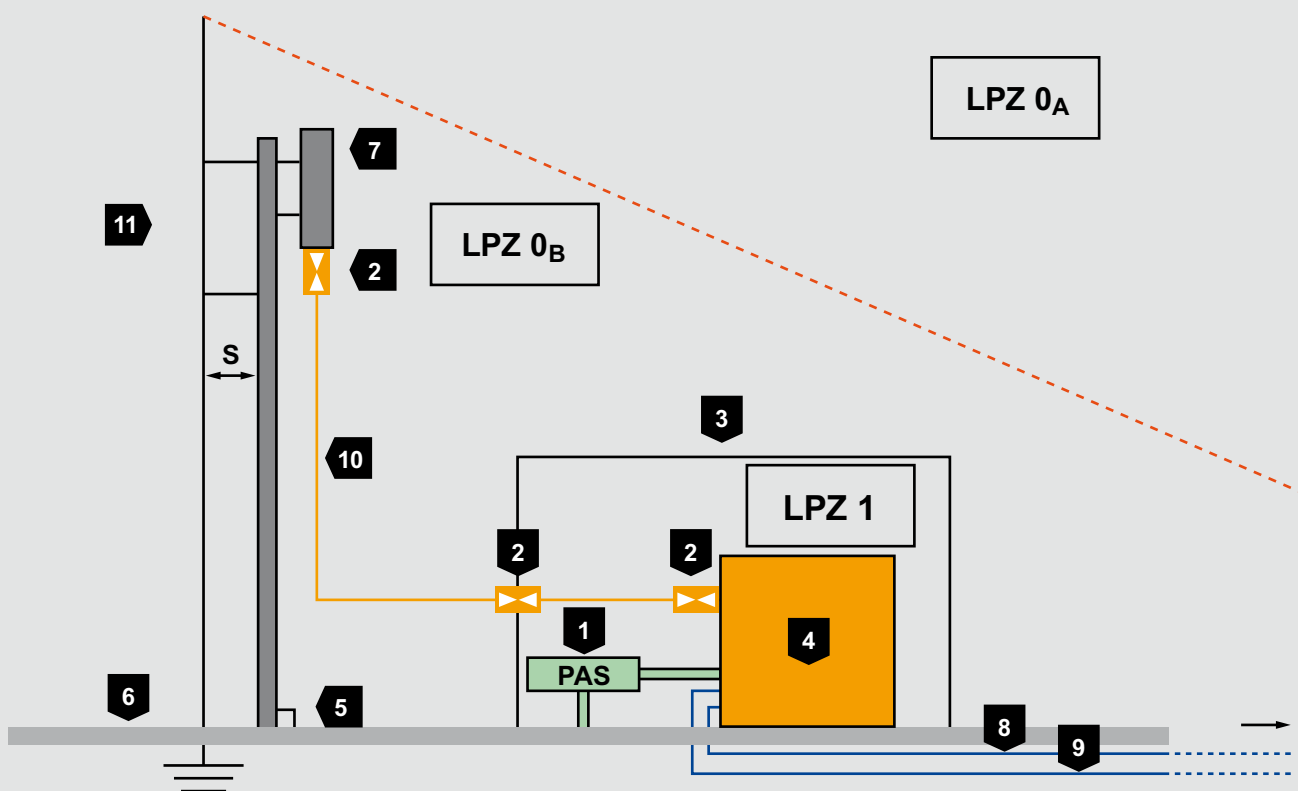
Их недостатком является невозможность передачи питающего напряжения на сигнальную линию, а также ограничение области использования в основном только одним применением, в зависимости от того, находятся ли необходимые частоты в пределах поддерживаемого диапазона частот.

**Стандарты по молниезащите антенных установок**  
 Директивы для подключения антенны (Рис. 3.77) к системе молниезащиты описываются в различных стандартах:

- DIN EN 60728-11 VDE 0855-1:2011  
 В соответствии с DIN EN 60728-11 VDE 0855-1:2011-06, Предписание по разделу 11, антенная установка не заменяет систему молниезащиты. Известно, что в результате прямого удара и индуктивного ввода возникают парциальные токи молнии. В случае неразделенной молниезащиты данный стандарт прописывает минимальные требования.

- IEC 62305-3 DIN VDE 0185-305-3  
 Мачта антенны на крыше строительного сооружения должна быть соединена с молниеприемником только в том случае, если антенная установка не находится в зоне защиты молниеприемника. Для ограничения импульсных перенапряжений должны быть установлены УЗИП.

На следующем рисунке изображена схема реализации антенной установки:



1	Шина уравнивания потенциалов (силовая и телекоммуникационная техника)
2	Коаксиальные устройства защиты (вариативные)
3	Экранированное здание
4	Передающее устройство/приемник
5	Внешний вывод
6	Фундаментный заземлитель
7	Антенна
8	Линия электропередачи
9	Телекоммуникационная линия
10	Коаксиальный провод
11	Молниеприемник с разделительным интервалом (s)

Рис. 3.77 Защита антенной установки

Благодаря изолированному исполнению по антенному проводу не проходит парциальный ток молнии. (Рис. 3.78) Условием является соблюдение разделительного интервала (s). У входа здания линия электропередачи и телекоммуникационная линия должны быть включены в уравнивание потенциалов молниезащиты. При прямом ударе в изолированный молниеприемник в результате увеличения потенциала на заземлителе, а также различных систем заземления могут возникнуть парциальные токи молнии на кабеле. В данном случае необходимо целенаправленно устанавливать молниезащитные разрядники. Для предотвращения перекрытий с экрана кабеля на сигнальную линию молниезащитный разрядник уравнивает потенциалы экрана и сигнальной линии.

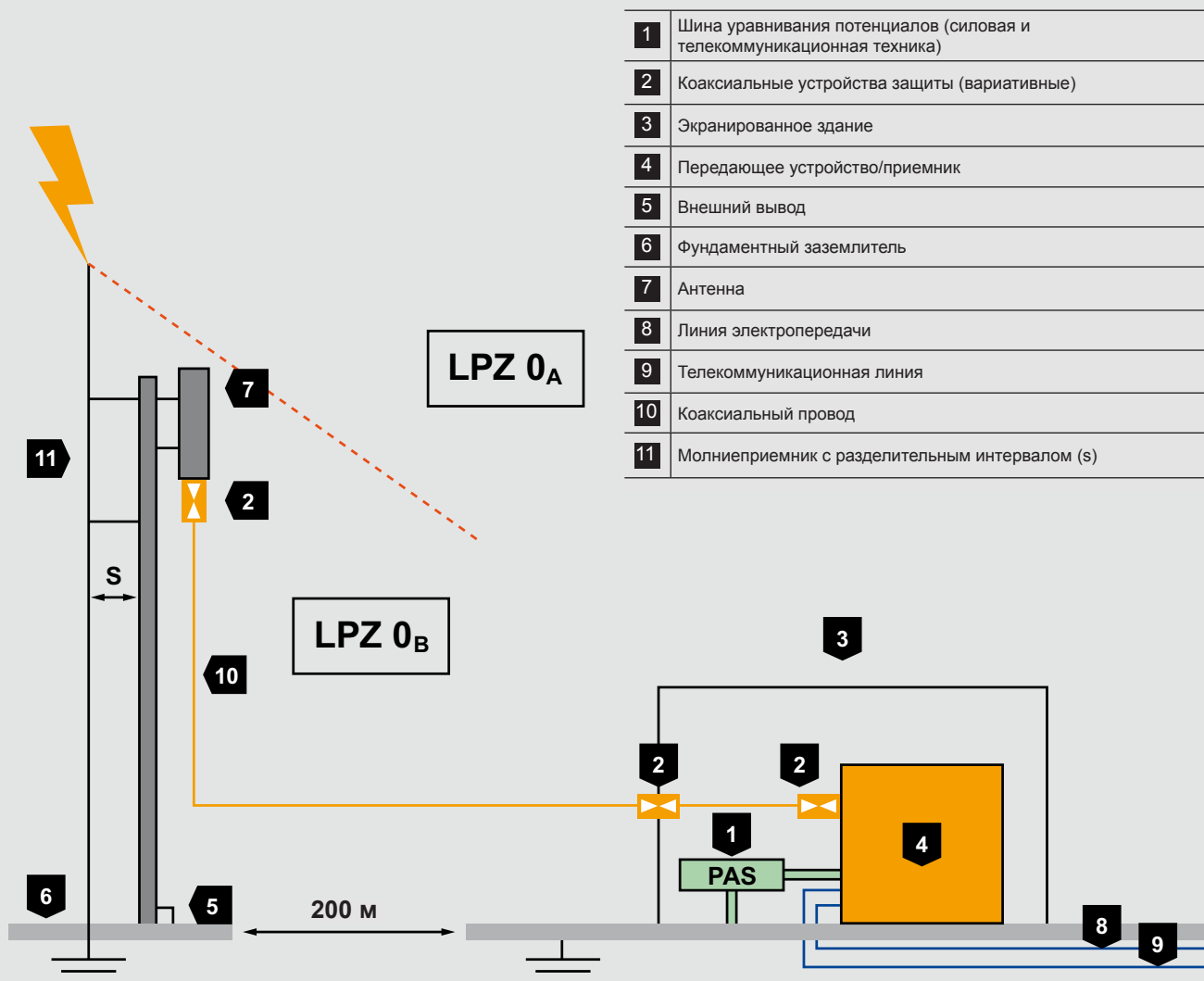


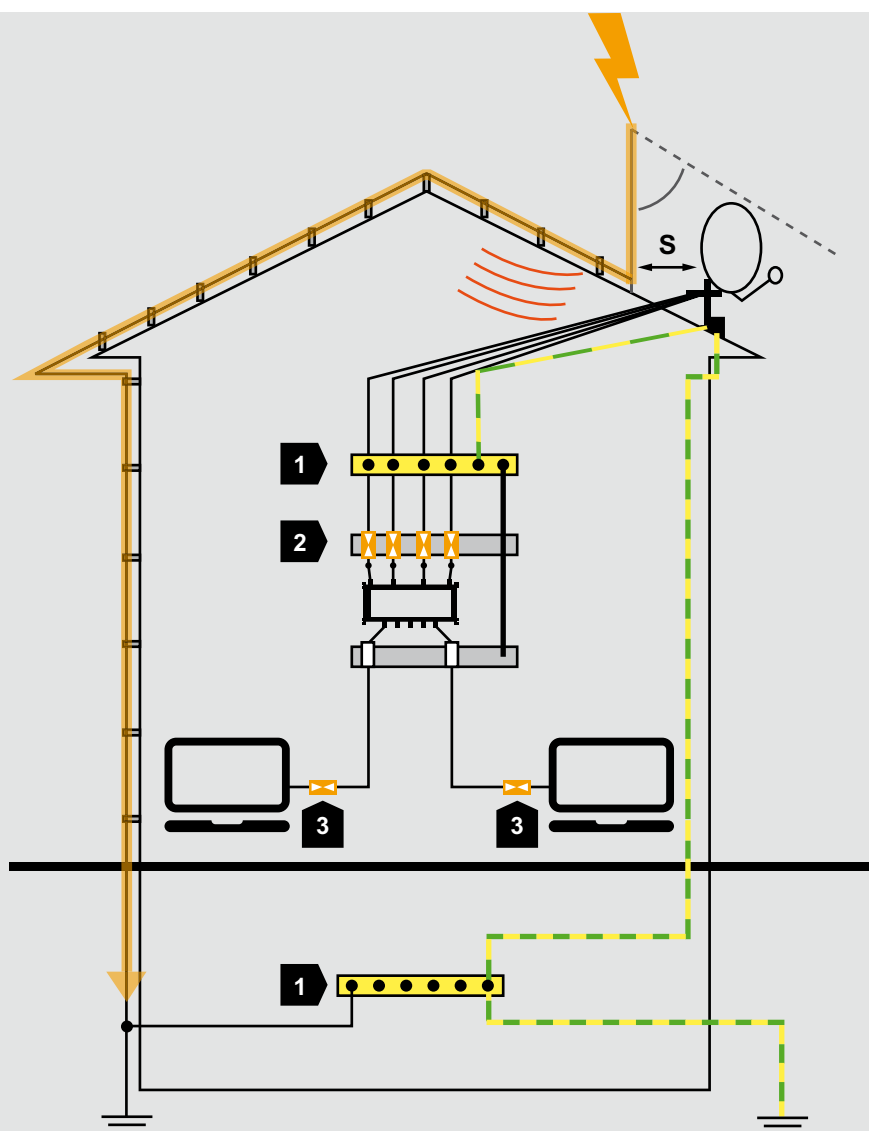
Рис. 3.78: Изолированная молниезащита на антенной установке и в различных системах заземления



**Спутниковые системы (Рис. 3.79)**

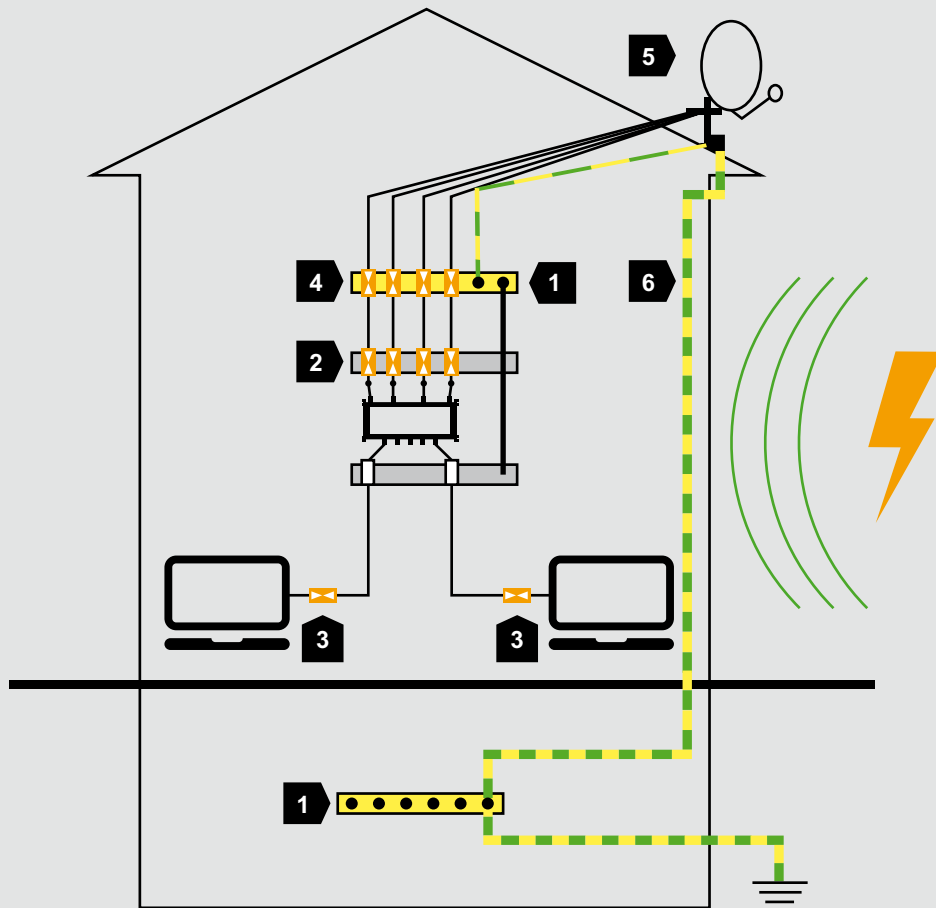
Спутниковые системы и антенны относятся к объектам, которые часто устанавливаются на крыше и исполняются в качестве открытых объектов рядом с молниеприемными стержнями. Именно по этой причине такие установки должны быть защищены от прямых ударов молнии посредством молниеприемных стержней, чтобы иначе самим не стать молниеприемниками. В идеальном случае по компоновке системы молниезащиты спутниковая антенна должна находиться в пределах защитного угла молниеприемного стержня. В таком случае опасность попадания прямого удара в спутниковые линии исключена.

Тем не менее, при ударе в молниеприемный стержень происходит ввод импульсных перенапряжений. Эти перенапряжения могут надежно ограничиваться до уровня, безопасного для защищаемого устройства, к примеру, при помощи УЗИП, например, TV 4+1 производства ОВО (для защиты, например, мультикоммутаторов) или FC-SAT-D (для защиты ТВ-устройства). Важным условием является соблюдение разделительного интервала ( $s$ ) между молниеприемным стержнем и антенной установкой. На следующем рисунке представлена схема молниезащиты и защиты спутниковой антенны от импульсных перенапряжений:



Устройство	Арт. №
1 Шина уравнивания потенциалов, например, ОВО 1801 VDE	5015 65 0
2 Коаксиальное УЗИП, например, TV 4+1	5083 40 0
3 Устройство высокочувствительной защиты для спутниковых и 230 В подводов, например FC-SAT-D от ОВО	5092 81 6

Рис. 3.79: Характеристика изменения тока при прямом ударе вблизи спутниковой антенны



	Устройство	Арт. №
1	Шина уравнивания потенциалов, например, 1801 VDE от OBO	5015 65 0
2	Коаксиальное УЗИП, например, TV 4+1	5083 40 0
3	Устройство высокочувствительной защиты для спутниковых и 230 В подводов, например OBO FC-SAT-D	5092 81 6
4	Молниезащитный разрядник DS-F от OBO	5093 27 5 / 5093 27 2
5	Заземление антенны 4мм <sup>2</sup> , медь	-
6	Заземляющий провод не менее 16мм <sup>2</sup> , медь	-

Рис. 3.80: Индукция перенапряжения в спутниковую систему

За счет согласования компонентов молниезащиты и защиты от импульсных перенапряжений токи молнии и перенапряжения могут надежно отводиться. Если в здании отсутствует внешняя молниезащита, то из-за открытой установки спутниковой системы существует опасность попадания прямого удара, также как и для молниеприемного стержня. По этой причине должна

дополнительно устанавливаться защита от импульсных перенапряжений с молниезащитными разрядниками класса D1. Помимо обычного заземления антенны при помощи медного кабеля сечением 4мм<sup>2</sup>, антенная установка должна быть дополнительно соединена при помощи заземляющего медного провода сечением не менее 16 мм<sup>2</sup> с главной шиной заземления.

### 3.3.2.5 Информационная техника

Область применения информационной техники обширна. Она охватывает разнообразные сферы, начиная с простой установки принтера на ПК и заканчивая работой сложных вычислительных центров с несколькими тысячами клиентов. При этом независимо от фактически имеющегося сценария применение защиты от импульсных перенапряжений должно тщательно планироваться с учетом интерфейсов данных.

#### Ethernet

На сегодняшний день Ethernet является стандартной технологией в сетевых вычислительных системах. Специфицированная скорость передачи данных в настоящий момент составляет от 10 Мбит/с до 10 Гбит/с. Передача данных обеспечивается как по классическим медным проводам, так и по оптоволоконным линиям. В данный стандарт также включены кабельные и штепсельные формы, например, подключения RJ45.

#### Интерфейсы

Внешние устройства (принтеры, сканеры или управляющие устройства), управляемые через последовательные или параллельные интерфейсы, необходимо включить в общую концепцию защиты от перенапряжений.

Существует большое разнообразие интерфейсов для различных областей применения: от магистралей для телекоммуникационных систем и обмена данными до простых оконечных устройств, таких как принтер или сканер. Компания ОБО Беттерманн предлагает полный комплекс защитных устройств, которые очень легко устанавливаются в зависимости от типа применения.

#### • Интерфейс RS232

RS232 является одним из наиболее распространенных интерфейсов. Обычно он используется, например, для модемов и других периферийных устройств. Однако это подключение уже вытеснено интерфейсом USB. Но для управляющих устройств по-прежнему часто применяется стандарт RS232.

#### • Интерфейс RS422

RS422 является последовательным высокоскоростным стандартом, который пригоден для связи между абонентами, если их число не превышает 10, и выполнен в форме шины. Система может использоваться максимум для 8 телекоммуникационных линий, при этом 2 линии всегда используются в качестве передающей и принимающей линии.

#### • Интерфейс RS485

Магистральный интерфейс RS485 незначительно отличается от RS422. Разница заключается в том, что RS485 позволяет с помощью одного протокола подключить несколько отправителей и получателей (до 32 абонентов). Максимальная длина этого магистрального интерфейса при использовании витых пар составляет около 1,2 км при скорости передачи данных 1 Мбит/с (в зависимости от последовательных контроллеров).

#### • Система TTY

В отличие от RS232 или других последовательных интерфейсов система TTY не управляется напряжением, она поставляет подводимый ток (4-20 мА). Таким образом, длина провода может достигать нескольких сот метров.

#### • Интерфейс V11

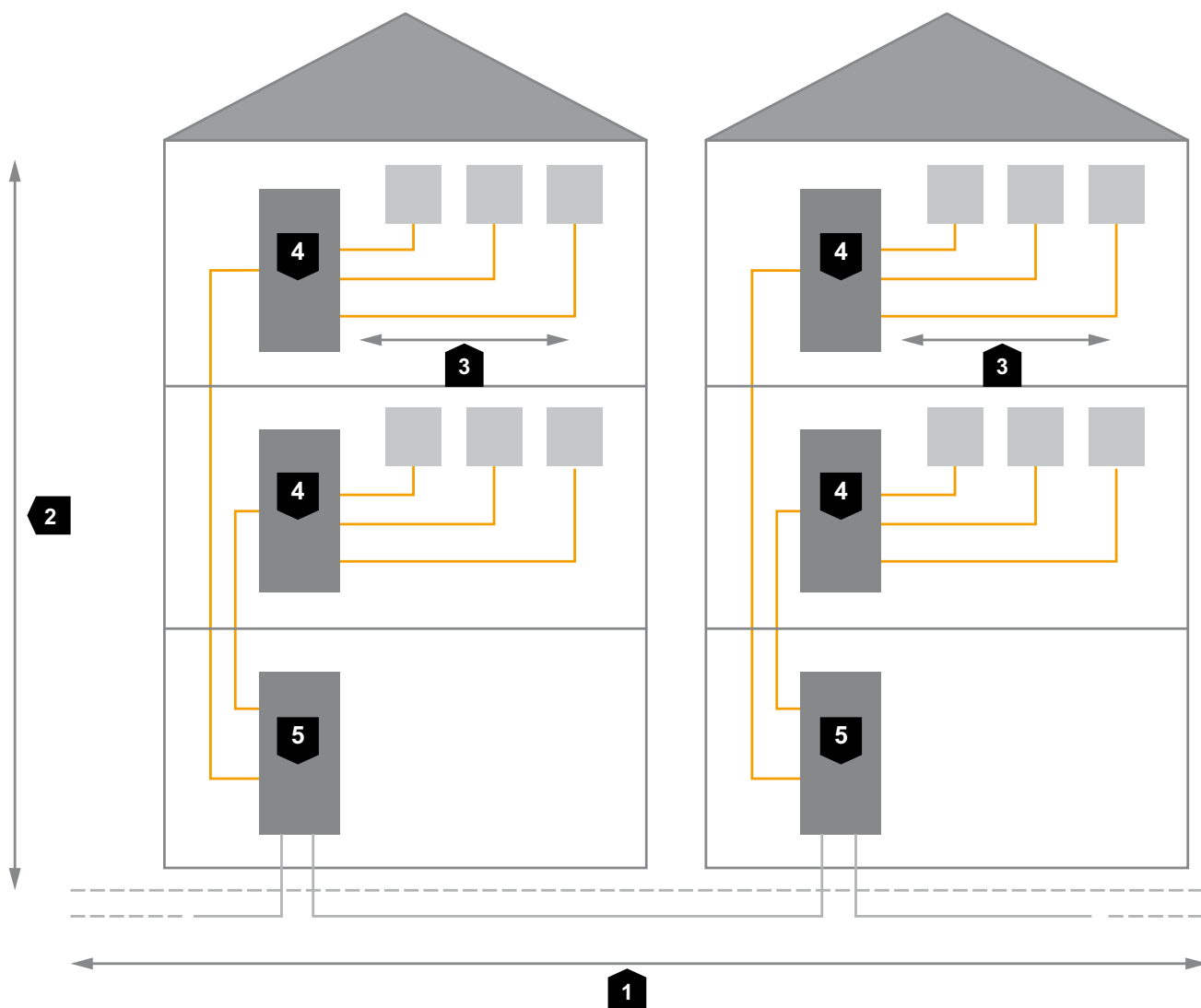
V11 – немецкое обозначение для интерфейса RS422, но американское название используется чаще.

#### • Интерфейс V24

V24 – немецкое обозначение для интерфейса RS232, но американское название используется чаще.

**Структурированная прокладка кабелей**

Стандартом по структурированной прокладке кабелей регламентируется реализация универсальной прокладки кабельной сети здания (УПКЗ). При этом слово «универсальная» подчеркивает нейтральность прокладки кабелей в применении. Это означает, что кабели прокладываются не только для определенной службы, например, исключительно для сетевых соединений, но также для многих других различных служб (речь, данные, аудио, телекоммуникационные станции, техника измерения, управления и регулирования, ...). Преимущество при этом заключается в том, что применение провода можно легко изменить без лишних затрат и необходимости прокладки новых кабелей. Данный стандарт нормируется в соответствии со стандартом CENELEC EN 50173-1.



1	Первичная прокладка кабельной сети
2	Вторичная прокладка кабельной сети
3	Третичная прокладка кабельной сети
4	ЭР: Этажный распределитель
5	РЗ: Распределитель здания

Рис. 3.81 Основной принцип структурированной прокладки кабельной сети

Структурированная прокладка кабельной сети подразделяется на три участка:

### 1. Первичная прокладка кабельной сети

Первичная прокладка кабельной сети служит для соединения комплексов здания (по горизонтали). Точкой присоединения является распределитель здания (РЗ). Критерием первичной прокладки кабельной сети может быть большое расстояние между различными частями здания. Важную роль играет также скорость соединения. Для возможности реализации высокой скорости передачи на данном участке зачастую в качестве линии передачи данных используется оптоволоконная технология, т.к. она обеспечивает более высокую скорость передачи данных, чем медные кабели, и к тому же устойчива к помехам со стороны электромагнитных импульсов.

### 2. Вторичная прокладка кабельной сети

В качестве вторичной прокладки кабельной сети обозначается соединение отдельных этажей здания (по вертикали). Этажные распределители напрямую связаны с распределителем здания и предлагают одновременно возможность подключения для различных оконечных устройств или присоединительных колодок. В качестве линии передачи данных также и здесь используется оптоволоконная технология.

### 3. Третичная прокладка кабельной сети

В качестве линии передачи данных здесь в качестве альтернативы к медной прокладке кабельной сети используется оптоволоконная технология. Прокладка кабельной сети, реализуемая в пределах одного этажа от оконечных устройств или присоединительных колодок к этажным распределителям, называется третичной прокладкой кабельной сети (по горизонтали). Здесь применяются различные линии передачи данных. При наличии абонентского оптоволоконного канала («fiber to the desk») оптоволоконное соединение располагается между этажным распределителем и оконечным распределителем. Наиболее распространенным все же является традиционное соединение при помощи витой пары.

Для обеспечения исправной и бесперебойной работы данной инфраструктуры должна быть установлена молниезащита и защита от импульсных перенапряжений. Особенно там, где здание оснащено системой внешней молниезащиты, опасность, исходящая от токов молнии и импульсных перенапряжений, особенно высока. При несоблюдении разделительного интервала (s) могут возникнуть перекрытия с внешнего токоотвода на внутренние провода, например, в пределах одного кабельного канала, которые прокладываются вдоль стены здания.

*Для зданий с системой внешней молниезащиты требуется внутренняя защита от токов молнии и импульсных перенапряжений.*

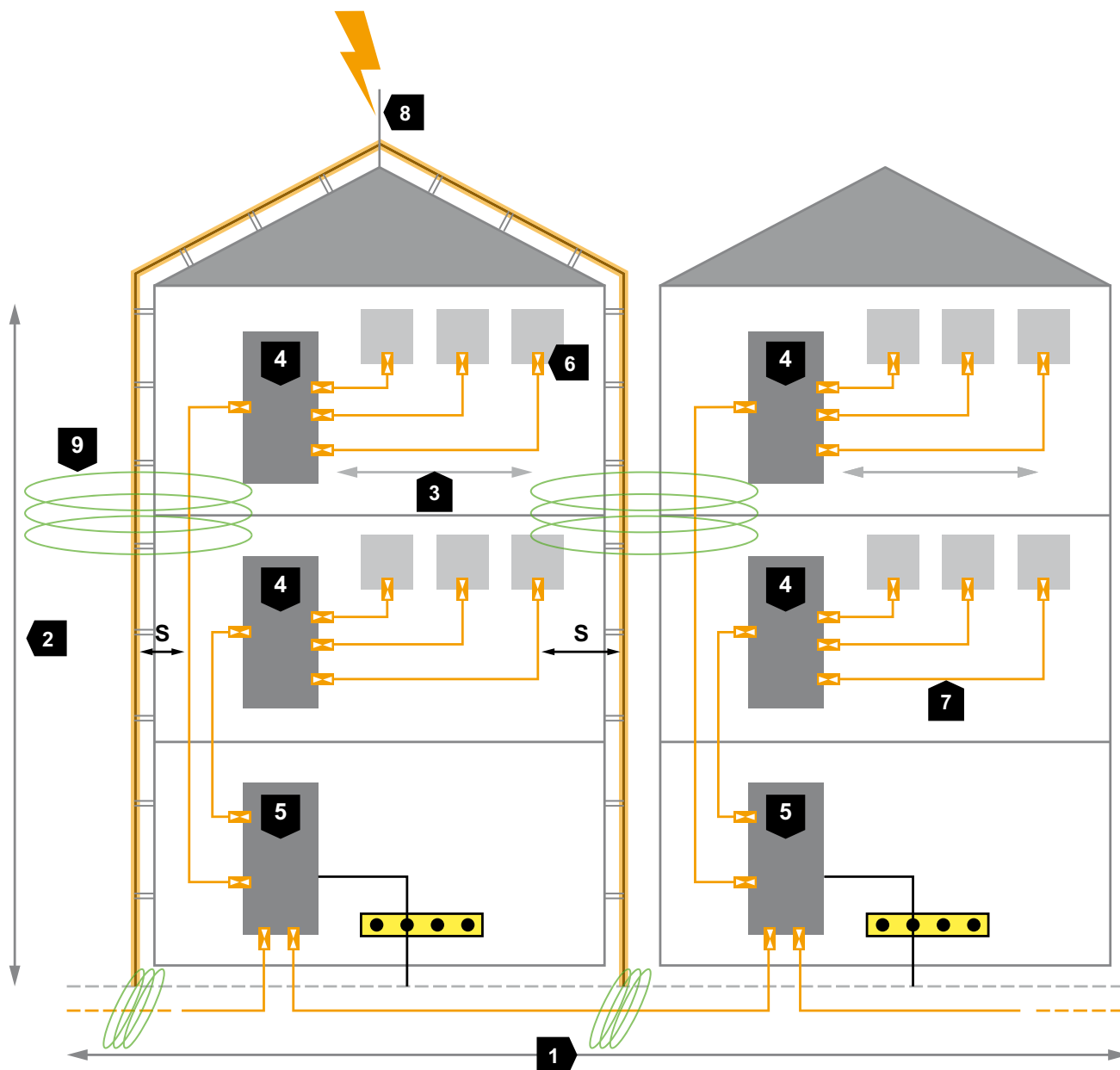


Рис. 3.82: Принципиальная схема распределения тока молнии и перенапряжений в здании со структурированной прокладкой кабельной сети

1	Первичная прокладка кабельной сети
2	Вторичная прокладка кабельной сети
3	Третичная прокладка кабельной сети
4	ЭР: Этажный распределитель
5	РЗ: Распределитель здания
6	Защита от импульсных перенапряжений
7	Линии передачи данных (оранжевый цвет)
8	Внешняя молниезащита (серый цвет)
9	Индуктивный ввод

Схема отображает защиту линий передачи данных. Силовые линии электропередачи должны быть защищены дополнительно.



Подключение первичной прокладки кабельной сети к распределителю здания, а также соединения от распределителя здания к этажному распределителю должны быть защищены только в том случае, если в качестве проводов применяются медные кабели. Исключение составляют оптические кабели с металлическими элементами, например, с защитой от грызунов. Они также могут способствовать вводу токов молнии и перенапряжений в здание. Эти металлические элементы должны быть способны выдержать нагрузку по току молнии при подключении к уравниванию потенциалов.

Следующие изображения показывают, как устройства защиты сети Net Defender от OBO могут применяться для защиты сетевой инфраструктуры и оконечных устройств:



*Рис. 3.81 Рекомендация по защите на коммутаторе с коммутационной панелью. УЗИП заземлены через U-образную шину.*



*Рис. 3.82 Рекомендация по защите на оконечном устройстве.*

*Для удержания низкого уровня защиты УЗИП использует в качестве РЕ-соединения защитный проводник корпуса ПК*

Таблица выбора для HF, видео и спутникового ТВ

Технология	Подключение	Защищенные жилы	Диапазон частот	Тип	Пол	Арт. №	Вид защиты
CATV	F	1	0 - 863 МГц	DS-F	м/ж	5093 27 5	Комбизащита
					ж/ж	5093 27 2	Комбизащита
DCF 77	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
	BNC	1	0 - 2,2 ГГц	DS-BNC	м/ж	5093 25 2	Комбизащита
					ж/ж	5093 23 6	Комбизащита
DCS 1800	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
					м/ж	5093 99 6	Комбизащита
	BNC	1	0 - 2,2 ГГц	DS-BNC	ж/ж	5093 988	Комбизащита
					м/ж	5093 25 2	Комбизащита
					ж/ж	5093 23 6	Комбизащита
				м/м	5093 26 0	Комбизащита	
7/16	1	0 - 3 ГГц	DS-7 16	м/ж	5093 17 1	Комбизащита	
DOCSIS	F	1	0-863 МГц	DS-F	м/ж	5093 27 5	Комбизащита
					ж/ж	5093 27 2	Комбизащита
DVB-T / наземное	F	1	0-863 МГц	DS-F	м/ж	5093 27 5	Комбизащита
					ж/ж	5093 27 2	Комбизащита
	F	1	0,5 - 2,8 ГГц	TV4+1	ж	5083 40 0	Высокочувствительная защита
Радиостанции	UHF	1	0 - 1,3 ГГц	S-UHF	м/ж	5093 02 3	Комбизащита
					w/w	5093 01 5	Комбизащита
	BNC	1	0 - 2,2 ГГц	DS-BNC	м/ж	5093 25 2	Комбизащита
					ж/ж	5093 23 6	Комбизащита
					м/м	5093 26 0	Комбизащита
	N	1	0 - 3 ГГц	DS-N	м/ж	5093 99 6	Комбизащита
					ж/ж	5093 988	Комбизащита
	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
	7/16	1	0 - 3 ГГц	DS-7 16	м/ж	5093 17 1	Комбизащита
	F	1	0 - 863 МГц	DS-F	м/ж	5093 27 5	Комбизащита
					w/w	5093 27 2	Комбизащита
	TNC	1	0 - 4 ГГц	DS-TNC	м/ж	5093 27 0	Комбизащита
GPS	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
	BNC	1	0 - 2,2 ГГц	DS-BNC	м/ж	5093 25 2	Комбизащита
					ж/ж	5093 23 6	Комбизащита
					м/м	5093 26 0	Комбизащита
	N	1	0 - 3 ГГц	DS-N	м/ж	5093 99 6	Комбизащита
					ж/ж	5093 98 8	Комбизащита
	7/16	1	0 - 3 ГГц	DS-7 16	м/ж	5093 17 1	Комбизащита
TNC	1	0 - 4 ГГц	DS-TNC	м/ж	5093 27 0	Комбизащита	
GSM 900/ 1800	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
					м/ж	5093 25 2	Комбизащита
	BNC	1	0 - 2,2 ГГц	DS-BNC	ж/ж	5093 23 6	Комбизащита
					м/м	5093 26 0	Комбизащита
					м/ж	5093 27 0	Комбизащита
	N	1	0 - 3 ГГц	DS-N	м/ж	5093 99 6	Комбизащита
					ж/ж	5093 988	Комбизащита
TNC	1	0 - 4 ГГц	DS-TNC	м/ж	5093 27 0	Комбизащита	
7/16	1	0 - 3 ГГц	DS-7 16	м/ж	5093 17 1	Комбизащита	

Таблица выбора для HF, видео и ТВ-спутника

Технология	Подключение	Защищенные жилы	Диапазон частот	Тип	Пол	Арт. №	Вид защиты
LTE	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
	N	1	0 - 3 ГГц	DS-N	м/ж	5093 99 6	Комбизащита
					ж/ж	5093 98 8	Комбизащита
	TNC	1	0 - 4 ГГц	DS-TNC	м/ж	5093 27 0	Комбизащита
	7/16	1	0 - 3 ГГц	DS-7 16	м/ж	5093 17 1	Комбизащита
PCS 1900	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
	BNC	1	0 - 2,2 ГГц	DS-BNC	м/ж	5093 25 2	Комбизащита
					ж/ж	5093 23 6	Комбизащита
					м/м	5093 26 0	Комбизащита
	N	1	0 - 3 ГГц	DS-N	м/ж	5093 99 6	Комбизащита
					ж/ж	5093 98 8	Комбизащита
	7/16	1	0 - 3 ГГц	DS-7 16	м/ж	5093 17 1	Комбизащита
SAT-TV	F	1	0 - 863 МГц	DS-F	м/ж	5093 27 5	Комбизащита
					ж/ж	5093 27 2	Комбизащита
	F	1	0,5 - 2,8 ГГц	TV4+1	ж	5083 40 0	Высокочувствительная защита
	F		0 - 863 МГц	FC-SAT-D	м/ж	5092 81 6	Высокочувствительная защита
C-Band	N	1	0 - 6 ГГц	DS-N-6	м/ж	5093 98 8	Комбизащита
Sky DSL	F	1	0 - 863 МГц	DS-F	м/ж	5093 27 5	Комбизащита
					ж/ж	5093 27 2	Комбизащита
TETRA / BOS	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
	BNC	1	0 - 2,2 ГГц	DS-BNC	м/ж	5093 25 2	Комбизащита
					ж/ж	5093 23 6	Комбизащита
					м/м	5093 26 0	Комбизащита
	N	1	0 - 3 ГГц	DS-N	м/ж	5093 99 6	Комбизащита
					ж/ж	5093 98 8	Комбизащита
	7/16	1	0 - 3 ГГц	DS-7 16	м/ж	5093 17 1	Комбизащита
TV	F	1	0 - 863 МГц	DS-F	м/ж	5093 27 5	Комбизащита
					ж/ж	5093 27 2	Комбизащита
	F		0 - 863 МГц	FC-TV-D	п/л	5092 80 8	Высокочувствительная защита
UMTS	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
	BNC	1	0 - 2,2 ГГц	DS-BNC	м/ж	5093 25 2	Комбизащита
					ж/ж	5093 23 6	Комбизащита
					м/м	5093 26 0	Комбизащита
	N	1	0 - 3 ГГц	DS-N	м/ж	5093 99 6	Комбизащита
					ж/ж	5093988	Комбизащита
	TNC	1	0 - 4 ГГц	DS-TNC	м/ж	5093 27 0	Комбизащита
	7/16	1	0 - 3 ГГц	DS-7 16	м/ж	5093 17 1	Комбизащита
Видео/CCTV	BNC	1	0 - 65 МГц	Коак B-E2 MF-F	м/ж	5082 43 2	Высокочувствительная защита
				Коак B-E2 MF-C	м/ж	5082 43 0	Комбизащита
	BNC	1	0 - 160 МГц	Коак B-E2 FF-F	м/м	5082 43 4	Высокочувствительная защита
	RJ45 + Power	8/2	0 - 100 МГц	PND-2in1-F	-	5081 06 0	Высокочувствительная защита
WLAN (2,4 ГГц)	SMA	1	0 - 3,7 ГГц	DS-SMA	ж/ж	5093 27 7	Комбизащита
	N	1	0 - 3 ГГц	DS-N	м/ж	5093 99 6	Комбизащита
					ж/ж	5093 98 8	Комбизащита
	TNC	1	0 - 4 ГГц	DS-TNC	м/ж	5093 27 0	Комбизащита
WLAN (> 5 ГГц) Стандарт: a/n, n, ac	N	1	0 - 6 ГГц	DS-N-6	м/ж	5093 98 8	Комбизащита
WiMAX	N	1	0 - 6 ГГц	DS-N-6	м/ж	5093 98 8	Комбизащита

Таблица выбора для информационной техники

Технология		Подключение	Защищенные жилы	Тип	Арт. №	Вид защиты
Arcnet		BNC	1	KoaxB-E2 FF-F	5082 43 4	Высокочувствительная защита
		BNC	1	KoaxB-E2 MF-F	5082 43 2	Высокочувствительная защита
		BNC	1	KoaxB-E2 MF-C	5082 43 0	Комбизащита
ATM		RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
		RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Высокочувствительная защита
Ethernet	до класса 6A / EA	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
	до класса 5 / D	RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Высокочувствительная защита
	10 Base 2 /	BNC	1	KoaxB-E2 FF-F	5082 43 4	Высокочувствительная защита
	10 Base 5	BNC	1	KoaxB-E2 MF-F	5082 43 2	Высокочувствительная защита
		BNC	1	KoaxB-E2 MF-C	5082 43 0	Комбизащита
Энергия + линия передачи данных	RJ45 + Power	8/2	PND-2in1-F	5081 06 0	Высокочувствительная защита	
FDDI, CDDI		RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
		RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Высокочувствительная защита
Industrial Ethernet		RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
		RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	20	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита	
	Подключение жилы	2	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита	
	Подключение жилы	2	LSA-BF-24	5084 02 8	Комбизащита	
Power over Ethernet	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита	
Token Ring		RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
		RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Высокочувствительная защита
		BNC	1	KoaxB-E2 FF-F	5082 43 4	Высокочувствительная защита
		BNC	1	KoaxB-E2 MF-F	5082 43 2	Высокочувствительная защита
		BNC	1	KoaxB-E2 MF-C	5082 43 0	Комбизащита
RS232, V24	Подключение жилы	2	MDP-2 D-24-T	509842 2	Комбизащита	
	Подключение жилы	4	MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита	
	Подключение жилы	2	FDB-2 24-M	5098 38 0	Комбизащита	
	Подключение жилы	2	FDB-2 24-N	5098 39 0	Комбизащита	
	Подключение жилы	2	FRD 24 HF	5098 57 5	Высокочувствительная защита	
	Подключение жилы	2	FRD 24	5098 51 4	Высокочувствительная защита	
	Подключение жилы	4	MDP-4 D-24-T	509843 1	Комбизащита	
	Подключение жилы	4	MDP-4 D-24-EX	509843 2	Комбизащита	
	Подключение жилы	4	ASP-V24T 4	5083 06 0	Высокочувствительная защита	
	Штекер	9	SD09-V24 9	5080 05 3	Высокочувствительная защита	
	Штекер	15	SD15-V24 15	5080 15 0	Высокочувствительная защита	
	Штекер	25	SD25-V24 25	5080 27 4	Высокочувствительная защита	
VG Any LAN	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита	
Voice over IP	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита	
4-х информационно-вычислительные системы жильные	RJ45	4	RJ45 S-E100 4-B	5081 00 1	Базовая защита	
	RJ45	4	RJ45 S-E100 4-C	5081 00 3	Комбизащита	
	RJ45	4	RJ45 S-E100 4-F	5081 00 5	Высокочувствительная защита	

Таблица выбора для телекоммуникационной техники

Технология	Подключение	Защищенные жилы	Монтаж / примечание	Тип	Арт. №	Вид защиты
a/b аналоговый	RJ11	4	различный	RJ11-TELE 4-C	5081 97 5	Комбизащита
	RJ11	4	различный	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7	Высокочувствительная защита
	RJ45	4	различный	RJ45-TELE 4-C	5081 98 2	Комбизащита
	RJ45	4	различный	RJ45-TELE 4-F	5081 98 4	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	2	U-образная шина	TD-2/D-HS	5081 69 4	Комбизащита
	Подключение жилы	4	Настенный монтаж	TD-4/I	5081 69 0	Комбизащита
	Подключение жилы	4	Настенный монтаж	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Комбизащита
	Подключение жилы	2	Настенный монтаж	TD-2D-V	5081 69 8	Комбизащита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	2	U-образная шина	TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
ADSL	TAE / RJ11 / штекер	2	Розетка	FC-TAE-D	5092 82 4	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	2	U-образная шина	TD-2/D-HS	5081 69 4	Комбизащита
	Подключение жилы	4	Настенный монтаж	TD-4/I	5081 69 0	Комбизащита
	Подключение жилы	4	Настенный монтаж	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Комбизащита
	Подключение жилы	2	Настенный монтаж	TD-2D-V	5081 69 8	Комбизащита
ADSL2+	Подключение жилы	2	U-образная шина	TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	2	Настенный монтаж	TD-2D-V	5081 69 8	Комбизащита
SDSL/SHDSL	Подключение жилы	2	U-образная шина	TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
	Подключение жилы	2	Настенный монтаж	TD-2D-V	5081 69 8	Комбизащита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
VDSL	Подключение жилы	2	U-образная шина	TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
	Подключение жилы	2	Настенный монтаж	TD-2D-V	5081 69 8	Комбизащита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
VDSL2	Подключение жилы	2	U-образная шина	TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
	Подключение жилы	2	Настенный монтаж	TD-2D-V	5081 69 8	Комбизащита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
Базовое подключение ISDN базовое подключение	Подключение жилы	2	U-образная шина	TD-2/D-HS	5081 69 4	Комбизащита
(U <sub>к0</sub> )	Подключение жилы	4	Настенный монтаж	TD-4/I	5081 69 0	Комбизащита
	Подключение жилы	4	Настенный монтаж	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Комбизащита
	Подключение жилы	20	LSA / только с LSA-A-LEI или LSA-T-LEI применимо	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA / только с LSA-A-LEI или LSA-T-LEI применимо	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	2	U-образная шина	TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
	Подключение жилы	4	различный	RJ11-TELE 4-C	5081 97 5	Комбизащита

Таблица выбора для телекоммуникационной техники

Технология	Подключение	Защищенные жилы	Монтаж / примечание	Тип	Арт. №	Вид защиты
Базовое подключение ISDN (U <sub>к</sub> )	RJ11	4	различный	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7	Высокочувствительная защита
	RJ45	4	различный	RJ45-TELE 4-C	5081 98 2	Комбизащита
	RJ45	4	различный	RJ45-TELE 4-F	5081 98 4	Высокочувствительная защита
Базовое подключение ISDN (S <sub>к</sub> )	RJ45	8	различный	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-24	5084 02 8	Комбизащита
	RJ11 /штекер	4	розетка	FC-ISDN-D	5092 81 2	Высокочувствительная защита
Первичное подключение ISDN - Multiplex (S <sub>2m</sub> 2m <sup>1</sup> )	RJ11	4	различный	RJ11-TELE 4-C	5081 97 5	Комбизащита
	RJ11	4	различный	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7	Высокочувствительная защита
	RJ45	4	различный	RJ45-TELE 4-C	5081 98 2	Kombischutz
	RJ45	4	различный	RJ45-TELE 4-F	5081 98 4	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
Datex-P	Пружинящий зажим	4	U-образная шина	MDP-4 D-24-T-10	5098 43 3	Комбизащита
G.703 / G.704	RJ45	8	различный	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-24	5084 02 8	Комбизащита
	Подключение жилы	2	U-образная шина	TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
	Подключение жилы	2	U-образная шина	TD-2/D-HS	5081 69 4	Комбизащита
	Подключение жилы	4	настенный монтаж	TD-4/I	5081 69 0	Комбизащита
	Подключение жилы	4	настенный монтаж	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Комбизащита
E1	RJ45	8	различный	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-24	5084 02 8	Комбизащита
Различные телекоммуникационные станции	Подключение жилы	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Комбизащита
	Подключение жилы	2	LSA	LSA-BF-24	5084 02 8	Комбизащита
	Подключение жилы	2	U-образная шина	TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
	Подключение жилы	2	U-образная шина	TD-2/D-HS	5081 69 4	Комбизащита
	Подключение жилы	4	настенный монтаж	TD-4/I	5081 69 0	Комбизащита
	Подключение жилы	4	настенный монтаж	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Комбизащита
	RJ11	4	различный	RJ11-TELE 4-C	5081 97 5	Комбизащита
	RJ11	4	различный	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7	Высокочувствительная защита
	RJ45	4	различный	RJ45-TELE 4-C	5081 98 2	Комбизащита
	RJ45	4	различный	RJ45-TELE 4-F	5081 98 4	Высокочувствительная защита
	RJ45	8	различный	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Высокочувствительная защита
	RJ45	8	различный	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
	RJ11 / штекер	4	розетка	RC-RJ-D	5092 82 8	Высокочувствительная защита



Таблица выбора для контрольно-измерительных систем


Интерфейс	Подключение	Защищенные жилы	Монтаж		ТС¹	Тип	Арт. №	Вид защиты
(0)4-20 мА	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	Метрическая резьба	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	2	Резьба NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	2	LSA			LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Подключение жилы	2	LSA			LSA-BF-24	5084 02 8	Комбизащита
0-10 В	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FLD 24	5098 61 1	Высокочувствительная защита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Подключение жилы	2	Метрическая резьба	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	2	Резьба NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Высокочувствительная защита
Различные цепи постоянного тока	С нулевым потенциалом земли	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 5	5098 60 0	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 12	5098 60 3	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 24	5098 61 1	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 48	5098 63 0	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 60	5098 63 8	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 110	5098 64 6	Комбизащита
	Общий опорный потенциал	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 2-5	5098 86 7	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 2-12	5098 80 8	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 2-24	5098 81 6	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 2-48	5098 82 4	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FLD 2-110	5098 85 9	Комбизащита
Различные зависимые от частоты интегральные схемы	С нулевым потенциалом земли	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FRD 5 HF	5098 57 1	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FRD 24 HF	5098 57 5	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FRD 5	5098 49 2	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FRD 12	5098 50 6	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FRD 24	5098 51 4	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FRD 48	5098 52 2	Комбизащита
Различные зависимые от частоты интегральные схемы	Общий опорный потенциал	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FRD 110	5098 55 7	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		FRD 2-24	5098 72 7	Комбизащита
RS232, V24	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Подключение жилы	2	Метрическая резьба	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Высокочувствительная защита

Таблица выбора для контрольно-измерительных систем

Интерфейс	Подключение	Защищенные жилы	Монтаж		ТС <sup>1</sup>	Тип	Арт. №	Вид защиты
RS232, V24	Подключение жилы	2	Резьба NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Высокочувствительная защита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FRD 24	5098 51 4	Высокочувствительная защита
	Штепсельный зажим	4	Прочие			ASP-V24T 4	5083 06 0	Высокочувствительная защита
	SUB-D-9	9	Штекер			SD09-V24 9	5080 05 3	Высокочувствительная защита
	SUB-D-15	15	Штекер			SD15-V24 15	5080 15 0	Высокочувствительная защита
	SUB-D-25	25	Штекер			SD25-V24 25	5080 27 4	Высокочувствительная защита
RS422, V11	Подключение жилы	2	Метрическая резьба	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Высокочувствительная защита
	Подключение жилы	2	Резьба NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Высокочувствительная защита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FRD 24	5098 51 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
RS485	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина	✓		MDP-4 D-5-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина	✓		MDP-4 D-5-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FRD 5 HF	5098 57 1	Комбизащита
	Штепсельный зажим	4	Прочие			ASP-V11EI 4	5083 08 7	Высокочувствительная защита
	SUB-D-9	9	Штекер			SD-09-V11 9	5080 06 1	Высокочувствительная защита
Бинарные сигналы, с нулевым потенциалом	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Подключение жилы	2	Метрическая резьба			FDB-2 24-M	5098 38 0	Комбизащита
Бинарные сигналы, с нулевым потенциалом	Подключение жилы	2	Резьба NPT			FDB-2 24-N	5098 39 0	Комбизащита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FRD 5 HF	5098 57 1	Комбизащита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FRD 5	5098 49 2	Комбизащита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FLD 5	5098 60 0	Комбизащита
В Бинарные сигналы, с общим опорным потенциалом	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FRD 2-24	5098 72 7	Комбизащита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина			FLD 2-24	5098 81 6	Комбизащита
2-полюсное электроснабжение 5В	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			MDP-4 D-5-T-10	5098 41 3	Комбизащита
2-полюсное электроснабжение 12В	Винтовой зажим	2	U-образная шина			VF12-AC-DC	5097 45 3	Высокочувствительная защита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина		✓	VF12-AC/DC-FS	5097 45 4	Высокочувствительная защита
2-полюсное электроснабжение 24В	Винтовой зажим	2	U-образная шина			VF24-AC/DC	5097 60 7	Высокочувствительная защита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина		✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Высокочувствительная защита


<sup>1</sup> Телесигнализация

Таблица выбора для контрольно-измерительных систем

Интерфейс	Подключение	Защищенные жилы	Монтаж		ТС <sup>1</sup>	Тип	Арт. №	Вид защиты
2-полюсное электроснабжение 48В	Винтовой зажим	2	U-образная шина			VF48-AC/DC	5097 61 5	Высокочувствительная защита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина		✓	VF48-AC/DC-FS	5097 82 2	Высокочувствительная защита
2-полюсное электроснабжение 60В	Винтовой зажим	2	U-образная шина			VF60-AC/DC	5097 62 3	Высокочувствительная защита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина		✓	VF60-AC/DC-FS	5097 82 4	Высокочувствительная защита
2-полюсное электроснабжение 110В	Винтовой зажим	2	U-образная шина			VF110-AC/DC	5097 63 1	Высокочувствительная защита
2-полюсное электроснабжение 230В	Винтовой зажим	2	U-образная шина			VF230-AC/DC	5097 65 0	Высокочувствительная защита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина		✓	VF230-AC-FS	5097 85 8	Высокочувствительная защита
	Винтовой зажим	2	U-образная шина		✓ <sup>2</sup>	VF2-230-AC/DC-FS	5097 93 9	Высокочувствительная защита
PT 100	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FLD 5	5098 60 0	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FLD 2-5	5098 79 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			MDP-4 D-5-T-10	5098 41 3	Комбизащита
PT 1000	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FLD 5	5098 60 0	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FLD 2-5	5098 79 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			MDP-4 D-5-T-10	5098 41 3	Комбизащита
TTL	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 12	5098 60 3	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	SUB-D-9	9	Штекер			SD09-V24 9	5080 05 3	Высокочувствительная защита
	SUB-D-15	15	Штекер			SD15-V24 15	5080 15 0	Высокочувствительная защита
	SUB-D-25	25	Штекер			SD25-V24 25	5080 27 4	Высокочувствительная защита


<sup>1</sup> Телесигнализация, <sup>2</sup> без тока утечки

Таблица выбора для шинных систем


Интерфейс	Подключение	Защищенные жилы	Монтаж		Проверяемо	ТС <sup>1</sup>	Тип	Арт. №	Вид защиты
ADVANT	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
ARCNET	RJ45	8	U-образная шина				ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
AS-I	Линия передачи данных Datenleitung	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-24-T-10	5098 42 5	Комбизащита
	Электроснабжение	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	VF24-AC/DC	5097 60 7	Высокочувствительная защита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0
BITBUS	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
BLN	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 24 HF	5098 57 5	Высокочувствительная защита
CAN Bus	Линия передачи данных Datenleitung	Пружинящий зажим	3	U-образная шина		✓	MDP-3 D-5-T	5098 40 7	Комбизащита
	Электроснабжение	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	VF24-AC/DC	5097 60 7	Высокочувствительная защита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0
CAN Разомкнутый	Линия передачи данных Datenleitung	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
	Электроснабжение	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	VF24-AC/DC	5097 60 7	Высокочувствительная защита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0
C-BUS	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 24 HF	5098 57 5	Комбизащита
CC-Link	Линия передачи данных Datenleitung	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
	Электроснабжение	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	VF24-AC/DC	5097 60 7	Высокочувствительная защита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0
Data Highway Plus	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
DeVice Net	Линия передачи данных Datenleitung	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
	Электроснабжение	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	VF24-AC/DC	5097 60 7	Высокочувствительная защита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0
Dupline	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 24 HF	5098 57 5	Комбизащита
E-BUS	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-48-T	5098 44 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 48	5098 52 2	Высокочувствительная защита
EIB	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-24-T-10	5098 42 5	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T-10	5098 43 3	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
ET 200	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 5	5098 49 2	Высокочувствительная защита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
FIPIO / FIPWAY	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Комбизащита
Foundation Fieldbus	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-48-T	5098 45 0	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина	✓	✓		MDP-4 D-48-EX	5098 45 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	Метрическая резьба	✓			FDB-2 24-M	5098 38 0	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	Резьба NPT	✓			FDB-2 24-N	5098 39 0	Комбизащита
FSK	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 5	5098 49 2	Высокочувствительная защита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		+		MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Комбизащита
Genius	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		+		MDP-4 D-24-T	509843 1	Комбизащита

<sup>1</sup> Телесигнализация

Таблица выбора для шинных систем

Интерфейс	Подключение	Защищенные жилы	Монтаж		Проверяемо	УЗИП	Арт. №	Вид защиты
HART	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 24	5098 51 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Комбизащита
	Подключение жилы	4	Метрическая резьба	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Высококачественная защита
	Подключение жилы	4	Резьба NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Высококачественная защита
IEC-BUS	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Комбизащита
Interbus Inline (I/O)s	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
Interbus Loop	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T-10	5098 43 3	Комбизащита
KNX	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-24-T-10	5098 42 5	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T-10	5098 43 3	Kombischutz
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			TKS-B	5097 97 6	Базовая защита
LON	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 48	5098 52 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-48-T	5098 44 2	Комбизащита
LRE	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 5	5098 49 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Комбизащита
LUXMATE	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Комбизащита
M-BUS	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 24	5098 51 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
Melsec Net 2	BNC	1	Прочие			DS-BNC m/w	5093 25 2	Базовая защита
	BNC	1	Прочие			DS-BNC w/w	5093 23 6	Базовая защита
	BNC	1	Прочие			DS-BNC w/m	5093 26 0	Базовая защита
MODBUS	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
MPI Bus	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 5	5098 49 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Комбизащита
N1 LAN	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 5	5098 49 2	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	20	U-образная шина			LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			LSA-BF-24	5084 02 8	Комбизащита
N2 BUS	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 2-5	5098 79 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Комбизащита
novaNet	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 12	5098 60 3	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита


## Таблица выбора для шинных систем

Интерфейс		Подключение	Защищенные жилы	Монтаж		Проверяемо	ТС <sup>1</sup>	УЗИП	Арт. №	Вид защиты
P-BUS, Prozess  Bus, Panel Bus	Линия передачи данных	Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 24 HF	5098 57 5	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	Электроснабжение	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		VF24-AC/DC	5097 60 7	Высокочувствительная защита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Высокочувствительная защита
P-NET		Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
Procontic CS31		Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 12	5098 60 3	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
Procontic T200		Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
Profibus DP		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Комбизащита
		Винтовой зажим	2	U-образная шина				FRD 5 HF	5098 57 1	Комбизащита
		SUB-D-9	9	Штекер				SD09-V24 9	5080 05 3	Высокочувствительная защита
Profibus PA		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-2 D-48-T	5098 44 2	Комбизащита
		Пружинящий зажим	4	U-образная шина	✓			MDP-4 D-48-EX	5098 45 2	Комбизащита
		Подключение жилы	2	Метрическая резьба	✓			FDB-2 24-M	5098 38 0	Высокочувствительная защита
		Подключение жилы	2	Резьба NPT	✓			FDB-2 24-N	5098 39 0	Высокочувствительная защита
Profinet		Пружинящий зажим	8	U-образная шина				ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Высокочувствительная защита
SafetyBUS p		Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	509843 1	Комбизащита
SDLC		Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	509843 1	Комбизащита
SIGMALOOP (SIGMA- SYS)		Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 24	5098 51 4	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	509843 1	Комбизащита
SIGMANET (SIGMASYS)		Пружинящий зажим	2	U-образная шина				FRD 24	5098 51 4	Комбизащита
		Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓		MDP-4 D-24-T	509843 1	Комбизащита
SINEC L1		Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓		MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Комбизащита

<sup>1</sup> Телесигнализация



Таблица выбора для шинных систем

Интерфейс	Подключение	Защищенные жилы	Монтаж		Проверяемо	Тип	Арт. №	Вид защиты
SINEC L2	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 5 HF	5098 57 1	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Комбизащита
	SUB-D-9	9	Штекер			SD09-V24 9	5080 05 3	Высокочувствительная защита
SS97 SINIX	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
SUCONET	Пружинящий зажим	4	U-образная шина		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Комбизащита
	Срезной зажим	20	LSA			LSA-B-MAG	5084 02 0	Базовая защита
	Срезной зажим	2	LSA			LSA-BF-24	5084 02 8	Высокочувствительная защита
TTL	Пружинящий зажим	2	U-образная шина			FRD 24	5098 51 4	Комбизащита
	Пружинящий зажим	2	U-образная шина		✓	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Комбизащита
	SUB-D-9	9	Штекер			SD09-V24 9	5080 05 3	Высокочувствительная защита
	SUB-D-15	15	Штекер			SD15-V24 15	5080 15 0	Высокочувствительная защита
	SUB-D-25	25	Штекер			SD25-V24 25	5080 27 4	Высокочувствительная защита
U-BUS	Пружинящий зажим	4	U-образная шина			2x TKS-B	5097 97 6	Базовая защита

# 4

После установки каждая система молниезащиты должна подвергаться приемочным испытаниям. Дополнительно следует проводить регулярные проверки на предмет исправного функционирования системы. Кроме того, вся система должна подвергаться контролю на событие удара молнии и перенапряжения. В соответствии с действующим стандартом по молниезащите VDE 0185-305 (IEC 62305) проверке подлежат как молниеприемники и токоотводы, так и системы заземления и уравнивания потенциалов молниезащиты.

Помимо визуального контроля установки и ее соответствия с документацией должны также измеряться сплошные сопротивления. При каждой проверке и техобслуживании в документацию должны вноситься соответствующие дополнения.

## Глава 4: Проверка, техническое обслуживание и документация

4.	Проверка, техническое обслуживание и документация	208
4.1	Система внешней молниезащиты	209
4.2	Система внутренней молниезащиты	212

## 4. Проверка, техническое обслуживание и документация

Регулярные проверки на предмет исправного функционирования системы внешней молниезащиты необходимо проводить даже после приемочных испытаний, чтобы выявить возможные несоответствия и при необходимости принять меры для их устранения. Проверка включает в себя контроль технической документации, измерение и осмотр системы молниезащиты.

Контроль и техническое обслуживание должны выполняться с соблюдением норм и технических принципов DIN VDE 0185-305, Часть 3 (IEC 62305-3).

Проверки включают в себя также контроль системы внутренней молниезащиты. Сюда относится также проверка системы уравнивания потенциалов и подключенных молниеразрядников и разрядников для защиты от импульсных перенапряжений. Протокол или журнал проверки служит для документирования проверок и технического обслуживания систем молниезащиты. При каждой проверке его необходимо дополнять или составлять заново.

*Эксплуатирующее предприятие и собственник строительного сооружения несут ответственность за безопасность и незамедлительное устранение дефектов. Проверка должна проводиться специалистами.*



Рис. 4.1: Место разделения на металлическом фасаде

#### 4.1 Система внешней молниезащиты

##### Критерии проверки

- контроль всей документации, включая соответствие нормам;
- проверка общего состояния молниеприемников и токоотводов, а также всех соединительных компонентов (отсутствие слабых соединений) и уровня сплошного сопротивления;
- проверка системы заземления, сопротивления заземления, включая переходы и соединения;
- проверка системы внутренней молниезащиты, включая разрядники импульсных перенапряжений и предохранители;
- проверка общего состояния степени коррозии;
- контроль безопасности креплений проводов системы молниезащиты (LPS) и их элементов;
- документирование всех внесенных изменений и дополнений системы молниезащиты (LPS), а также изменений, касающихся строительного сооружения.

*Критически важные объекты (например, объекты, подверженные опасности взрыва) должны проверяться ежегодно.*

Класс защиты	Визуальный осмотр, количество проверок в год	Комплексный визуальный осмотр, количество проверок в год	Комплексный осмотр в критических ситуациях, количество в проверок в год
I и II	1	2	1
III и IV	2	4	1

Таблица 4.1: Критически важными объектами являются, к примеру, строительные сооружения, содержащие чувствительные системы, или офисные и торговые помещения, а также места большого скопления людей.



Компоненты системы молниезащиты проверяются в соответствии с VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1).

Рис. 4.2: Генератор тока молнии ВЕТ

Компоненты для систем молниезащиты проверяются на предмет их исправного функционирования в соответствии с VED 0185-561-1 (IEC 62561-1) «Требования к соединительным компонентам». После фазы кондиционирования, длящейся в целом 10 дней, компоненты нагружаются тремя импульсными токами. Компоненты молниезащиты для молниеприемников тестируются током  $3 \times I_{\text{имп}} 100 \text{ кА (10/350)}$ . Это соответствует категории испытаний Н.

Компоненты для токоотводов, через которые ток молнии может разделяться (не менее двух токоотводов), и соединения в системе заземления тестируются током  $3 \times I_{\text{имп}} 50 \text{ кА (10/350)}$ . Это соответствует категории испытаний N.



Категория испытаний	Проверено	Применение
N согласно VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	$3 \times I_{\text{имп}} 100 \text{ кА (10/350)}$	Молниеприемник
N согласно VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	$3 \times I_{\text{имп}} 50 \text{ кА (10/350)}$	Несколько (не менее двух) токоотводов, через которые ток молнии может разделяться.

Таблица 4.2: Категории испытаний соединительных компонентов



Рис. 4.3: Датчик пикового тока PCS на разряднике

### Проверка системы молниезащиты посредством системы PCS

Датчик пикового тока (PCS) является датчиком, измеряющим максимальный ток, который в форме магнитной карты регистрирует и надежно сохраняет импульсные токи. Таким образом, ведется контроль над тем, ударила ли молния в систему молниезащиты и каков был при этом максимальной ток молнии. При установке системы PCS между интерфейсом уравнивания потенциалов и системой заземления может измеряться также ток молнии, входящий в здание. По результатам можно сделать заключение о возможных повреждениях электропроводки.

Карта PCS фиксируется при помощи держателя карты на круглом проводнике и таким образом устанавливается на определенном расстоянии. Диапазон измерений карты составляет 3-120 кА. Считыватель магнитной карты позволяет обрабатывать данные датчиков пикового тока. Соответствующее значение пикового тока отображается на дисплее.

В качестве альтернативы OBO Bettermann предлагает Вам услугу считывания. В этом случае просим Вас обратиться в Ваше представительство компании OBO или на соответствующее дочернее предприятие.



*Высококачественный чемодан с набором средств контроля, обеспечивающий безопасную транспортировку и документирование результатов проверок и испытаний – неотъемлемая часть данной инновации от OBO Bettermann.*

Рис. 4.4 Портативный контрольно-измерительный прибор Life-Control

## 4.2 Система внутренней молниезащиты

### Проверка УЗИП в пределах линий передачи данных

Часто требуются проверки исправности функционирования УЗИП в пределах линии передачи данных. При этом особенно важно, чтобы сама проверка устройств защиты не влияла отрицательно на сигнал передачи данных.

Разработанный OBO Bettermann комплекс контрольно-измерительных приборов Life Control позволяет выполнять проверку устройств защиты во встроенном состоянии без влияния на сигнал передачи данных. Тонкий контрольный стержень обеспечивает контакт со встроенным молниебарьером. Интегрированный микропроцессор отображает результат проверки на OLED-дисплее и поясняет его дополнительными звуковыми сигналами. Подсоединяемый светодиод внутри контрольного стержня является еще одной функциональной возможностью, позволяющей ориентироваться даже в самом темном шкафу управления.

### Проверка верхних частей разрядников V50, V25, V20 и V10

Контрольно-измерительный прибор ISOLAB позволяет проводить проверку верхних частей разрядников V50, V25, V20 и V10. При помощи поворотного регулятора можно выбрать соответствующий разрядник производства OBO Bettermann. Затем верхняя часть выбранного комбинированного разрядника или разрядника импульсных напряжений помещается в соответствующее, предусмотренное в приборе отверстие. Посредством нажатия на контрольную кнопку запускается проверка исправного функционирования варистора. Помимо контроля разрядников, прибор ISOLAB поддерживает также функцию контроля изоляции в соответствии с VDE 0100-610.



5

## Глава 5: Краткий глоссарий по перенапряжениям

Термин	Нормативное определение
Разрядник	Разрядник – это электрический аппарат, состоящий в основном из варисторов и/или искровых промежутков. Оба элемента могут включаться последовательно или параллельно, а также использоваться по отдельности. Разрядники служат для защиты другого электрооборудования и электроустановок от перенапряжений.
Расчетное напряжение $U_c$ разрядника	Расчетное напряжение – это максимально допустимое для разрядника без искрового промежутка действующее значение сетевого напряжения на зажимах разрядника. Расчетное напряжение может непрерывно подаваться на разрядник, не изменяя его рабочих характеристик.
Разъединительное устройство	Разъединительное устройство отключает разрядник при перегрузках от сети или заземляющей установки, благодаря чему предотвращается риск возникновения пожара и одновременно подается сигнал об отключении защитного аппарата.
100-% импульсное напряжение срабатывания в результате ударов молнии	100-% импульсное напряжение срабатывания в результате ударов молнии – это величина импульсного напряжения, возникающего при ударе молнии 1,2/50 мкс, которое приводит к последовательному замыканию контактов разрядника. При данном контрольном напряжении устройство защиты от импульсных напряжений (УЗИП) при десяти нагрузках должно срабатывать 10 раз.
Время срабатывания ( $t_{сраб}$ )	Время срабатывания характеризует в основном параметры срабатывания отдельных элементов защиты, применяемых в разрядниках. В зависимости от крутизны $du/dt$ импульсного напряжения или $di/dt$ импульсного тока время срабатывания может варьироваться в определенных пределах.
Уравнивание потенциалов молниезащиты	Уравнивание потенциалов молниезащиты является важной мерой для снижения опасности пожара и взрыва в защищаемом помещении или здании. Уравнивание потенциалов молниезащиты достигается при помощи кабелей уравнивания потенциалов или разрядников, которые соединяют наружный молниеотвод, металлические части здания или помещения, электропроводку, инородные, проводящие части, а также электрическое и телекоммуникационное оборудование.
Система молниезащиты (LPS)	Системой молниезащиты (Lightning Protection System - LPS) называется общая система, применяемая для защиты помещения или здания от воздействия удара молнии. Сюда относится как внешняя, так и внутренняя молниезащита.
Зона молниезащиты (LPZ)	Зоной молниезащиты (Lightning Protection Zone - LPZ) называются те участки, на которых электромагнитное окружающее поле молнии подлежит определению и контролю. На внутризонных переходах все линии и металлические части должны быть включены в систему уравнивания потенциалов.
Импульсный ток молнии ( $I_{имп}$ )	Импульсным током молнии (допустимая нагрузка по току молнии на одной линии) называется стандартизированная характеристика изменения импульсного тока формы колебания 10/350 мкс. Вместе со своими параметрами – максимальная величина – заряд – специфическая энергия она отображает нагрузку по естественным токам молнии. Молниезащитные разрядники типа 1 (ранее - класс требований В) должны быть в состоянии отводить такие токи молнии, не подвергаясь при этом разрушению.
Проходное сопротивление на одной линии, продольное сопротивление	Проходное сопротивление на одной линии указывает на повышение омического сопротивления отрезков линии на одной жиле, обусловленное использованием УЗИП.
Устройство защитного отключения (УЗО/RCD)	Коммутационный аппарат для защиты от поражения электрическим током и возникновения пожара (например, FI-выключатель).
Устойчивость при коротких замыканиях	УЗИП должно быть в состоянии проводить ток короткого замыкания до его прерывания самим УЗИП или внутренним либо внешним разъединительным устройством, либо устройством защиты от перегрузки по току со стороны сети (например, входной предохранитель).
LPZ	См. «Зона молниезащиты»
Номинальный отводимый импульсный ток ( $I_n$ )	Номинальная частота – это частота, на которую рассчитано оборудование, которая указывается на его маркировке, и к которой относятся другие номинальные величины.
Номинальная частота ( $f_{ном}$ )	Номинальная частота – это частота, на которую рассчитано оборудование, которая указывается на его маркировке, и к которой относятся другие номинальные величины.

Термин	Нормативное определение
Номинальное напряжение ( $U_{ном}$ )	Номинальное напряжение – это величина напряжения, на которую рассчитано электрооборудование. При этом речь может идти о величине постоянного напряжения или действующей величине синусоидального переменного напряжения.
Номинальный ток ( $I_n$ )	Номинальный ток – это максимально допустимый рабочий ток, который в течение длительного периода времени может быть проведен по обозначенным для этого выводам.
Горящая способность сетевого сопровождающего тока ( $I_p$ )	Сопровождающий ток – называемый также «сетевой сопровождающий ток» – это ток, который протекает через УЗИП по завершению процесса отвода и поставляется из сети. Сопровождающий ток в значительной степени отличается от рабочего тока длительной нагрузки. Уровень сетевого сопровождающего тока зависит от подвода, проходящего от трансформатора к токоотводу.
Уравнивание потенциалов	Электрическое соединение для достижения равенства или приблизительного равенства потенциалов корпусов электрооборудования или сторонних проводящих частей.
Шина для уравнивания потенциалов (ШУП)	Зажим или шина, предусмотренные для соединения защитного проводника, провода для уравнивания потенциалов и, при необходимости, проводов для функционального заземления с заземляющими проводами и заземлителями.
Остаточное напряжение ( $U_{ост}$ )	Максимальная величина напряжения, возникающего на зажимах устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) во время или непосредственно после протекания отводимого тока
Уровень защиты от перенапряжений ( $U_y$ )	Уровень защиты от перенапряжений – это максимальное мгновенное значение напряжения на зажимах УЗИП перед запуском.
SPD	Surge Protective Device – английский термин для обозначения устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).
Диапазон температур	Диапазон рабочих температур указывает на то, в пределах каких температур гарантирована безупречная работа УЗИП.
Перенапряжение	Перенапряжение – это кратковременное напряжение, возникающее между проводами или между проводом и землей, которое многократно превышает максимально допустимое значение рабочего напряжения, но не имеет рабочей частоты. Оно может возникать в результате грозы, а также замыканий на землю или коротких замыканий.
Разрядники защиты от перенапряжений типа 1	Разрядники, способные благодаря особенностям своего устройства отводить токи молнии и компонентов молнии при прямых ударах.
Разрядники защиты от перенапряжений типа 2	Разрядники, способные отводить перенапряжения, вызванные удаленными и близкими ударами или коммутационными операциями.
Разрядники защиты от перенапряжений типа 3	Разрядники для защиты отдельных потребителей или групп потребителей от перенапряжений и применяемые непосредственно на розетках.
Частота передачи ( $f_g$ )	Частота передачи указывает на то, до какой частоты вносимое затухание применяемого электрооборудования составляет менее 3 дБ
Устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)	Прибор, предназначенный для ограничения переходных напряжений и отвода импульсных токов. Он содержит как минимум один нелинейный компонент. Устройства защиты импульсных напряжений в общепотребительной языковой практике называют также разрядниками.
Входной предохранитель перед разрядниками	Перед разрядниками должен подключаться входной предохранитель. Если предвключенный предохранитель больше, чем максимально допустимый входной предохранитель элементов разрядника (см. технические характеристики прибора), то разрядник должен быть выборочно предохранен требуемым значением.
Временное перенапряжение (TOV)	Термин «временное перенапряжение» (Temporary Overvoltage - TOV) применяется к временным перенапряжениям, которые могут возникнуть в результате ошибок в средневольтной и низковольтной сети.
	Дифференциация: LPL = BKZ = класс молниезащиты LPZ = зона молниезащиты LPS = Lightning Protection System = система молниезащиты Важно: соблюдение единой терминологии при употреблении терминов/сокращений



Моменты затяжки	
M5	4 Нм
M6	6 Нм
M8	12 Нм
M10	20 Нм

*Более подробную  
информацию по моментам  
затяжки можно запросить  
при необходимости.*

## Исключение ответственности

Издательство не гарантирует актуальность, достоверность, полноту и качество предоставленной информации. Гарантийные требования к издательству, связанные с ущербом материального или морального характера, обусловленные использованием или неиспользованием предложенной информации или использованием неверной и неполной информации, принципиально исключены при отсутствии со стороны издательства доказуемой умышленной вины или вины по грубой халатности. Все предложения носят свободный характер и не являются обязательными для исполнения. Издательство сохраняет за собой безоговорочное право на внесение изменений, дополнение, удаление частей страниц или предложения в целом, а также на временную приостановку или окончательное прекращение опубликования.

Настоящим издательство безоговорочно заявляет о том, что на момент размещения ссылок не было выявлено нелегального контента на сайтах, на которых давались ссылки. Издательство не оказывает абсолютно никакого влияния на текущее и будущее оформление, контент или авторство сайтов, на которых даются ссылки. В связи с этим оно безоговорочно дистанцируется от любого контента всех сайтов, на которые были даны ссылки и которые были изменены после размещения ссылок. Данное положение распространяется на все ссылки, размещенные внутри собственного онлайн-предложения, а также на все сторонние посты в созданных издательством гостевых книгах, дискуссионных форумах и списках почтовой рассылки. За незаконный, недостоверный или неполный контент и, в частности, за ущерб, обусловленный использованием или неиспользованием предлагаемой информации подобного рода, несет ответственность не тот, кто дает ссылки на публикацию, а исключительно источник сайта, на который дается ссылка.

На все марки, указанные в онлайн-предложении и при необходимости охраняемые третьими лицами, безоговорочно распространяются положения действующих правовых норм, относящихся к охране товарных знаков и внешнего оформления, а также права владения соответствующих зарегистрированных владельцев. Только лишь по одному наименованию не следует делать вывод о том, что товарные знаки не защищены правами третьих лиц!

Издательство сохраняет за собой исключительное авторское право на опубликованные, самостоятельно разработанные им контент и объекты. Тиражирование или применение такой графики или текстов в иных электронных или напечатанных публикациях запрещается без прямого согласия издательства.

При наличии возможности ввода персональных или служебных данных (адреса электронной почты, ФИО, адреса) оглашение этих данных со стороны пользователя осуществляется на исключительно добровольной основе. Пользование и оплата всеми предлагаемыми услугами - если это технически возможно и допустимо - разрешается также без указания таких данных или с указанием анонимных данных или псевдонимов. Запрещается использование опубликованных в рамках юридических реквизитов или подобных сведений контактных данных, таких как почтовые адреса, номера телефонов и факсов, а также адреса электронной почты, третьими лицами для пересылки не напрямую запрошенной информации. Издательство сохраняет за собой безоговорочное право предпринимать правовые шаги в отношении отправителей так называемых спам-сообщений в случае нарушений данного запрета.

OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG  
Ньингсер Ринг 52  
D-58710 Менден, Германия  
Телефон: 0049-2373-89-0  
Факс: 0049-2373-89-238  
Эл. почта: info@obo.de  
Интернет: www.obo.de

Руководители фирмы с представительским правом: Ульрих Беттерманн (Ulrich Bettermann), Андреас Беттерманн (Andreas Bettermann), Маркус Аренс (Markus Arens), д-р Йенс Уве Дровацкий (Dr. Jens Uwe Drowatzky)

Судебная инстанция, ведущая реестр: Участковый суд Арнсберга,  
регистрационный номер: HRA 4854  
идентификационный номер плательщика НДС в соответствии с § 27 а 3  
акона о налоге с оборота:  
DE 811 792 270  
Исключение ответственности

Компания OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG очень тщательно подбирает контент для веб-сайтов и следит за их регулярным обновлением. Тем не менее, данные служат лишь для получения не обязывающей ни к чему общей информации и не заменяют собой обстоятельную индивидуальную консультацию.

Компания OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG не гарантирует актуальность, достоверность и полноту информации на данных сайтах и бесперебойный доступ к ним в любое время. При упоминании нами на веб-сайтах третьих лиц (ссылки) мы не несем ответственности за содержания страниц, на которых были даны ссылки. При нажатии на ссылку Вы покидаете информационное предложение компании OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG. В связи с этим для предложений третьих лиц могут действовать иные положения, в частности, касающиеся защиты данных. Также мы исключаем ответственность при сервисных услугах, в частности при скачивании предоставленных в распоряжение файлов на веб-сайтах компании OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG, за незначительные нарушения обязательств по халатности.

#### Защита данных

Все личные данные, запрошенные на веб-сайте OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG сохраняются и обрабатываются в системе исключительно в целях Вашего индивидуального сопровождения, передачи информации о продукции или направления сервисных предложений. Компания OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG гарантирует конфиденциальную обработку Ваших данных в соответствии с действующими положениями законодательства о защите данных.

#### Копирайт

На все тексты, изображения и другую опубликованную на сайте информацию – если не указано иное – распространяется издательское право компании OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG, г. Менден. Любое тиражирование, распространение, сохранение, передача, отправка, воспроизведение и пересылка контента строго запрещается без нашего письменного разрешения.



OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG  
п/я 1120 • D-58694 Менден

Клиентская служба в Германии:  
Тел.: 0 23 73/89-15 00  
Факс: 0 23 73/89-77 77

[www.obo.de](http://www.obo.de)

---

**THINK CONNECTED.**

**OBO**  
**BETTERMANN**