

Руководство по системам защиты от перенапряжения



ISKRA ZAŠČITE

BE ON THE SAFE SIDE

BE SAFETEC®

ТЕХНОЛОГИЯ «ВСЕ В ОДНОМ»



КОНТРОЛИРУЕМОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ, ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОТКАЗНОСТЬ!



РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДУГИ, ОТСУТСТВУЕТ РИСК ВОЗГОРАНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ



ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ, УВЕЛИЧЕННЫЙ СРОК СЛУЖБЫ УЗИП



ОТСУТСТВИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ
СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ!



ОТСУТСТВИЕ ТОКА УТЕЧКИ - ОПЦИЯ



ФУНКЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ - УСТРОЙСТВО СТАЛО ЕЩЕ БЕЗОПАСНЕЙ



ISKRA ZAŠČITE

BE ON THE SAFE SIDE



СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	3
2. Источники перенапряжения	11
2.1 Атмосферные разряды - молнии	11
2.1.1 Влияние грозовых разрядов на линии электропитания	13
2.1.2 Электромагнитная связь	14
2.1.3 Коммутационные импульсы	15
2.2 Временное перенапряжение	17
2.3 Импульсное перенапряжение, вызванное различными электростатическими разрядами	18
3. Заземление и топология сети	21
3.1 Система TN	21
3.1.1 Система TN-C	22
3.1.2 Система TN-S	22
3.1.3 Система TN-C-S	23
3.2 Система TT	24
3.3 Система IT	25
3.4 ВПН в различных системах заземления нулевого провода	26
3.5 Прогнозируемое временное перенапряжение (U_{tov})	26
3.6 Оценка рисков	27
3.6.1 Сеть TN	27
3.6.2 Сеть TT	27
3.7 Типовое подключение УЗИП в различных сетях	29
4. Защита от грозовых разрядов	31
4.1 Стандарты	31
4.2 Необходимость защиты от грозовых разрядов	31
4.3 Уровень защиты и требования к УЗИП	34
4.4 Системы грозовой защиты (СГЗ)	36
4.5 Воздействие молний	42
4.6 Заземление	45

5. Устройства защиты от импульсного перенапряжения 47

5.1 Элементы защиты от импульсного перенапряжения	48
5.1.1 Классификация элементов защиты от перенапряжения	49
5.1.2 Элементы защиты от перенапряжения — Основные характеристики	50
5.1.2.1 Компоненты коммутации напряжения	52
5.1.2.2 Компоненты ограничения напряжения	53
5.2 Характеристики устройств защиты от импульсного перенапряжения	55
5.2.1 Классификация УЗИП	55
5.2.2 Электрические параметры УЗИП	59
5.3 Выбор подходящего номинала резервного предохранителя	61
5.4 Выбор УЗИП	62
5.4.1 Ожидаемые типы и уровни импульсов перенапряжения и тока	63
5.4.2 Характеристики низковольтной системы электропитания	66
5.4.3 Определение категории диэлектрической прочности защищаемых устройств	66
5.4.4 Определение уровня защиты в месте установки УЗИП	67
5.4.5 Выбор УЗИП	69
5.4.6 Установка УЗИП и анализ их влияния на защиту, обеспечиваемую УЗИП	69

6. Применение 72

6.1 Жилые дома	72
----------------	----

1. Введение

Часто задается следующий вопрос: зачем требуется защита оборудования от перенапряжения? Чтобы ответить, необходимо понять природу различных источников перенапряжения.

Природа импульсов перенапряжения

На рис. 1а показана обычная разновидность перенапряжения — временное перенапряжение или ВПН. Эти события, возникающие в электрораспределительных сетях вследствие проблем коммутации или регулирования, характеризуются относительно большой длительностью по времени (несколько циклов колебаний переменного тока), но относительно низкой амплитудой — от 1,2 до 1,4 единиц (единиц номинального среднеквадратического переменного напряжения).

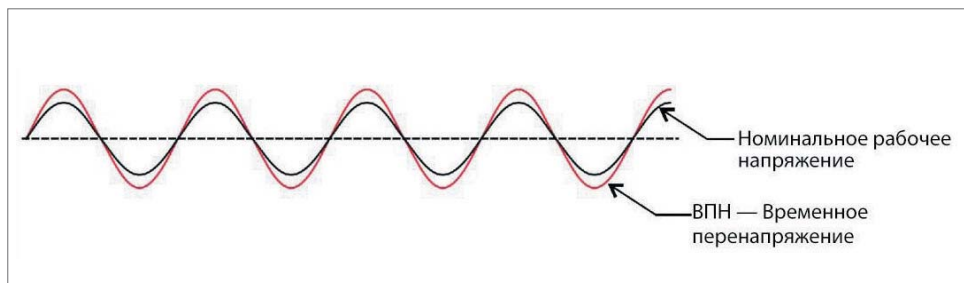


Рис. 1а. Стандартная разновидность перенапряжения — ВПН

На рис. 1б и 1с показаны импульсы перенапряжения, характеризующиеся очень короткой длительностью, обычно порядка нескольких микросекунд (мкс), но чрезвычайно высокой амплитудой (кВ). Эти события обычно называются бросками напряжения или переходными импульсами. Двумя наиболее частыми причинами их возникновения являются коммутация индуктивных нагрузок и возмущение магнитных полей, вызванное ударами молний, с последующей индукцией перенапряжения в электрических системах строений.

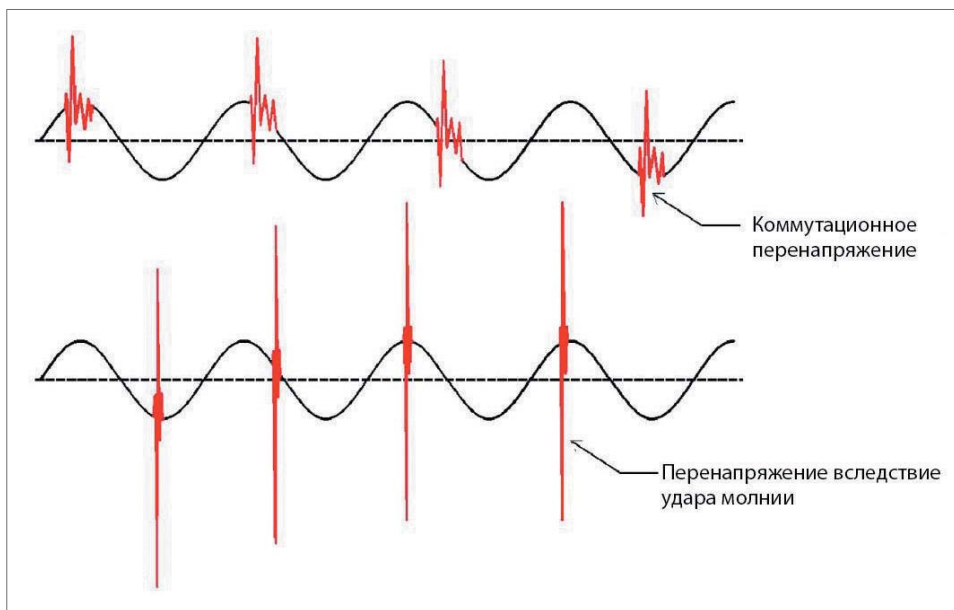


Рис. 1b, 1с: Различные виды импульсов перенапряжения

Задачей устройств защиты от импульсного перенапряжения (УЗИП) является снижение влияния этих импульсов перенапряжения на внутренние электrorаспределительные системы строений до уровней, не представляющих опасности для подключенного электрооборудования.

Выполняя эту важную задачу или снижая пагубное воздействие перенапряжения, УЗИП также должны обеспечивать безопасность в случае собственного отказа. В число наиболее распространенных причин таких отказов входят следующие:

- воздействие импульсов, выходящих за допустимые пределы;
- события ВПН с продолжительностью больше допустимой;
- естественное старение и окончание срока службы.

Старение УЗИП происходит всякий раз, когда для подавления тока бросков напряжения и защиты электрооборудования задействуется внутренний металлооксидный варистор (MOV). MOV рассчитан на подавление одного импульса с максимальным уровнем (обозначается как $I_{\max}$ или I_{limp}) или нескольких импульсов меньшего уровня (обозначается как I_n).

Для обеспечения безопасной работы при завершении срока службы УЗИП должны быть спроектированы для безопасного отключения от системы питания, которую они защищают. Эту задачу выполняет внутренний размыкатель, которым должно быть оборудовано любое правильно спроектированное УЗИП. Эти устройства либо отключают, либо ограничивают ток в УЗИП в случае сбоя и помогают предотвратить опасные ситуации (например, возгорание). УЗИП также должны иметь некоторые средства индикации отключения, уведомляющие

пользователя о том, что они больше не обеспечивают защиту подключенного оборудования. Более подробные сведения о размыкателях будут приведены ниже.

Необходимость защиты

Теперь мы понимаем природу перенапряжения; но зачем требуется защита? С наступлением эпохи микропроцессоров мир подвергся повсеместному внедрению чувствительных электронных компонентов во все сферы жизни — от домашних электроприборов до сложных вычислительных и коммуникационных систем, повышающих конкурентоспособность целых наций. Наше стремление к изменениям стиля жизни, происходящим, благодаря таким достижениям, не ослабевает. Однако эти достижения по интегрированию схем и миниатюризации имеют свою цену — снижение устойчивости к помехам и более высокая вероятность повреждения вследствие перенапряжения.

Риски

Рассматривая перспективу, энергия, необходимая для вывода из строя типовой интегрированной электронной схемы более чем в миллион раз меньше, чем энергия, не представляющая опасности для дискретных технологий, таких как транзисторы, и эта разница еще больше по сравнению с прошлой эрой технологии вакуумных электронных ламп. Кроме того, стало нормой усиливающееся загрязнение электrorаспределительных сетей электрическими помехами, такими как коммутационные импульсы, броски напряжения из-за ударов молний, индуцированные помехи и помехи вследствие неправильного регулирования, повышая вероятность повреждения электронного оборудования.

Такое повреждение может быть очевидным в случае катастрофического отказа систем, либо может проявляться менее заметно в виде ускоренного ухудшения характеристик компонентов, сокращения срока службы оборудования, и потери или нарушения данных. В крайних случаях импульсное перенапряжение и переходные процессы могут приводить к возгоранию и создавать угрозу для человеческой жизни.

Последствия непредсказуемого броска напряжения могут быть катастрофическими для любого бизнеса или предприятия. Для полной оценки этих затрат на протяжении расчетного срока службы аппаратуры необходимо учитывать не только стоимость ремонта и замены в случае необратимого повреждения, но и менее очевидные затраты, в число которых входят, например, убытки, связанные с простоем в работе, нарушением или потерей данных, и упущенными возможностями. Руководители предприятий хорошо осведомлены о том, что их подведомственные электронные системы становятся более сложными и интегрированными с каждым днем, зависимость от их правильной и безотказной работы повышается, а реализация экономически выгодных мер защиты становится критически важной частью их работы.

Развитие промышленных требований

Помимо прочего, за последние десять лет, как никогда раньше, повысились требования к системам питания. Лучшего качества систем питания требуют не только клиенты — непрерывная работа сервисов, ценообразование в зависимости от характеристик и штрафы за непостоянное обеспечение надежности — это происходит в процессе грандиозного преобразования промышленности в целом. Глобальное знание об ограничениях устойчивых источников энергии подталкивает быстрое развитие возобновляемых технологий параллельно с тенденцией к дерегулированию энергетики во многих западных странах.

Многие из этих новых технологий — фотогальванические, ветряные, приливные и т.д. — полагаются на возобновляемые природные ресурсы. В результате такое оборудование часто особенно сильно подвержено влиянию сил природы. Например, ветряные электростанции, как правило, расположены в открытых или возвышенных местах, таких как открытые равнины, в прибрежной зоне и на берегу, поэтому они особенно часто подвергаются повреждениям из-за ударов молний.

Процесс, приводящий к формированию грозовых разрядов, включает в себя образование сильных электрических полей (измеряемых в кВ/м) между облаком и землей, когда начинается образование разности потенциалов между верхними и нижними частями кучево-дождевого облака. Впоследствии это поле достигает уровня, когда от облака к земле начинается распространение ступенчатого нисходящего канала, очень быстро усиливая локализацию электрического поля, в котором расположена ветровая турбина. В определенный момент электрическое поле у земли и окружающих строений достигает уровня, при котором начинается локализованный воздушный пробой. Любой предмет, участвующий в усилении этого разряда вследствие своей геометрической формы, например концы лопастей ветряка, усиливает образование восходящего проводящего канала, стремящегося к быстро приближающемуся нисходящему каналу. Когда они встречаются, заряд в несколько сотен кулон переходит от обычно положительно заряженной земли к отрицательно заряженному облаку (отрицательный грозовой разряд), образуя впечатляющий обратный удар молнии и последующий быстрый спад локализованного электрического поля.

Угрозу близкорасположенному оборудованию представляет не только непосредственное попадание молнии, но и быстрый спад электрического поля (порядка кВ/мс) из-за близких разрядов. Эти изменения поля вызывают индукцию очень сильных импульсов напряжения в проводах и электрических компонентах ветряков, которые могут превышать допустимые уровни этих электрических систем и выводить их из строя.

Цена такого ущерба может быть значительной, особенно из-за того, что ветряные электростанции часто расположены в прибрежной зоне или в отдаленных труднодоступных местах, таких как вершины холмов. По этой причине грозовая и импульсная защита становится критически важной задачей при проектировании таких систем. Системные интеграторы часто тесно сотрудничают с производителями оборудования для обеспечения правильного выбора СГЗ и УЗИП.

Растущий интерес к генерированию возобновляемой энергии также привел к внедрению фотогальванических панелей в различных сферах — от малых жилых систем до крупных коммерческих «солнечных ферм». Такие системы располагаются на открытом воздухе ввиду принципа их работы и поэтому особенно подвержены влиянию грозových разрядов. В результате применение УЗИП в таких панелях приобретает особую важность, и новые стандарты, такие как EN50539, разрабатываются для выполнения проверок и установления характеристик УЗИП, предназначенных для использования в фотогальванических системах.

Повышение безопасности УЗИП

По определению любое УЗИП содержит, по крайней мере, один нелинейный компонент, предназначенный для ограничения импульсного перенапряжения и шунтирования импульсного тока. Такие устройства в силу своей конструкции создают возможность непредсказуемого отказа или быстрого выхода из строя. В таких условиях важно, чтобы УЗИП могло безопасно изолировать себя от источника питания, к которому оно подключено, не создавая опасность возгорания. По этой причине стандарты требуют, чтобы УЗИП были оборудованы специальными «размыкателями», внутренними или внешними, а производители прикладывают значительные усилия при проектировании этих компонентов, обеспечивающих безопасную и надежную работу. Это часто затрагивает многие сложные и взаимосвязанные аспекты, такие как время тепловой реакции, оптимизация i^2t с учетом предельной энергии импульса и гашением дуги.

Производители УЗИП лишь начинают удовлетворять эти куда более обременительные требования. Были разработаны и запатентованы различные новые конструкции размыкателей.

В большинстве таких устройств используются различные механические заслонки для увеличения длины дуги при отключении, таким образом вызывая самогашение, даже если напряжение не проходит через ноль.

Нормативы, регулирующие установку УЗИП

С ростом мировой глобализации производители устройств защиты от перенапряжения (УЗИП) начали завоевание новых рынков за пределами своих исторически сложившихся географических регионов влияния. Для многих это решение создало больше трудностей, чем преимуществ, главным образом из-за множества местных нормативов и стандартов, регулирующих установку УЗИП. Кроме того, множество локальных рыночных предпочтений, таких как необходимые режимы работы, форм-фактор корпуса и типы индикации состояния, значительно усложняют общую картину.

В США обязательным условием является соблюдение Национальных электротехнических норм (за некоторыми исключениями). Это в свою очередь требует того, чтобы УЗИП были «указаны в списке» для своей области

применения, таким образом, делая поддержку стандарта UL 1449 обязательной для любого производителя УЗИП, желающего продавать свою продукцию в США. Вопреки распространенному мнению существует множество органов, обладающих полномочиями на проведение проверки соответствия со стандартом UL 1449. Очевидно, что компания Underwriters Laboratories Inc. является одним из них, но есть и другие, например, Canadian Standards Authority (маркировка CSA) и Intertek Services (маркировка ETI) и другие. В США их принято называть национальными испытательными лабораториями (NRTL).

Ситуация с IEC отличается. Любой производитель УЗИП может продавать свою продукцию, даже если она не отвечает требованиям соответствующего стандарта IEC, и даже если страна производителя является подписавшейся стороной IEC на международном уровне. Однако это не так на уровне комитета CENELEC, когда европейские нормативы, такие как EN 61643-11, становятся обязательными за счет действия директив по низковольтному оборудованию. Таким образом, аспекты «обязательной» сертификации все еще не полностью вступили в силу, и так будет, пока для регулирования этого вопроса не будет разработан соответствующий законопроект.

Другие развивающиеся страны, такие как Китай и Индия, активно разрабатывают свои собственные национальные стандарты и нормативы, регулирующие установку УЗИП. Большинство из них установлены свои требования и проводятся испытания в соответствии с существующими стандартами IEC.

Стандарты DIN для 35-мм корпусов нашли широкое применение при разработке щитов для таких устройств, как миниатюрные прерыватели (МСВ) и УЗИП, что делает их идеальными для систем питания. В этом стандартном промышленном корпусе для упрощенного монтажа производятся не только большинство УЗИП с поддержкой стандартов IEC — этот корпус также гарантирует, что УЗИП должно быть оборудовано защитным размыкателем. Иными словами, безопасность обеспечивается не одним только корпусом.

Международные стандарты, такие как IEC 62305, относящийся к грозовой защите, и IEC 61643, относящийся к защите от импульсного перенапряжения, подразделяют УЗИП на различные испытательные классы с уровнями электрического воздействия в зависимости от предполагаемого места их установки.

Например, УЗИП, прошедшие испытания на соответствие классу I, предназначены для установки в местах, где существует вероятность прохождения прямого или частичного тока грозового разряда, тогда как УЗИП класса II предназначены для установки там, где требуется защита электронных систем от импульсного перенапряжения, индуцированного токами грозового разряда. УЗИП, прошедшие испытания на соответствие классу III, обычно устанавливаются в оконечном оборудовании, например, сетевых розетках, а также для защиты линий передачи данных и сигналов.

Выводы

Электрическая среда, в которой работают современные высокочувствительные электронные системы, все сильнее подвергается воздействию электрических помех, таких как импульсное перенапряжение и переходные процессы. В то же время восприимчивость этих систем к сбоям повышается, поскольку применение микропроцессорной электроники получило распространение даже в простейших бытовых электроприборах.

Эта ситуация требует разработки эффективной защиты от импульсного перенапряжения в целях конкурентной борьбы. Компания Iskra Zaščite является лидирующим разработчиком и производителем устройств защиты от импульсного перенапряжения. Она находится на передовой линии многих новых и запатентованных технологических разработок, и принимает активное участие в различных международных комитетах по разработке стандартов, относящихся к защите от перенапряжения, включая IEC, Cenelec, UL и IEEE.



2. Источники перенапряжения

2.1 Атмосферные разряды - молнии

Во время бурь между облаками и землей протекают мощные электрические токи. Следствием этих токов разряда является индукция перенапряжения и импульсных помех в металлических элементах строений, источниках питания и линиях связи вследствие электромагнитной связи. Перенапряжение также может быть сгенерировано непосредственным ударом молнии, что более опасно, чем индуцированное напряжение. Непосредственный удар может привести к взрыву, пожару или полному разрушению пораженного объекта. Для сведения к минимуму риска повреждения вследствие грозовых импульсных помех важно описать переходные характеристики таких импульсов, которые могут вызывать частичное или полное разрушение распределительных сетей или электрических систем (питания, связи и т.д.).

Первый параметр грозового разряда — это максимальная амплитуда тока. Это значение не может быть точно спрогнозировано. Оно может находиться в диапазоне от нескольких десятков кА до 200 кА. Статистическая вероятность амплитуды разряда показана на рис. 2.

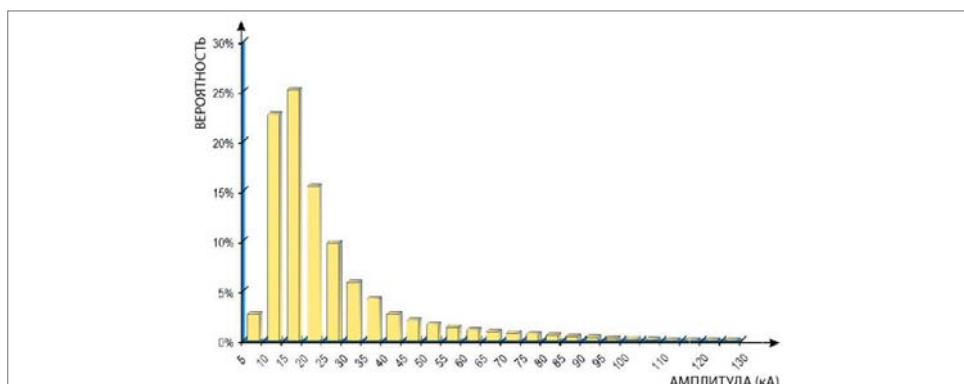


Рис. 2. Статистическое распределение амплитуды разрядов

Наивысшая вероятность амплитуды тока находится в диапазоне от 10 до 30 кА. В качестве сигналов, используемых для испытания устройств защиты от импульсного перенапряжения, традиционно используются однополярные импульсы — в частности импульсы напряжения 1,2/50 мкс и 8/20 мкс или импульсы тока 10/350 мкс (рис. 3а, 3б, 3с).

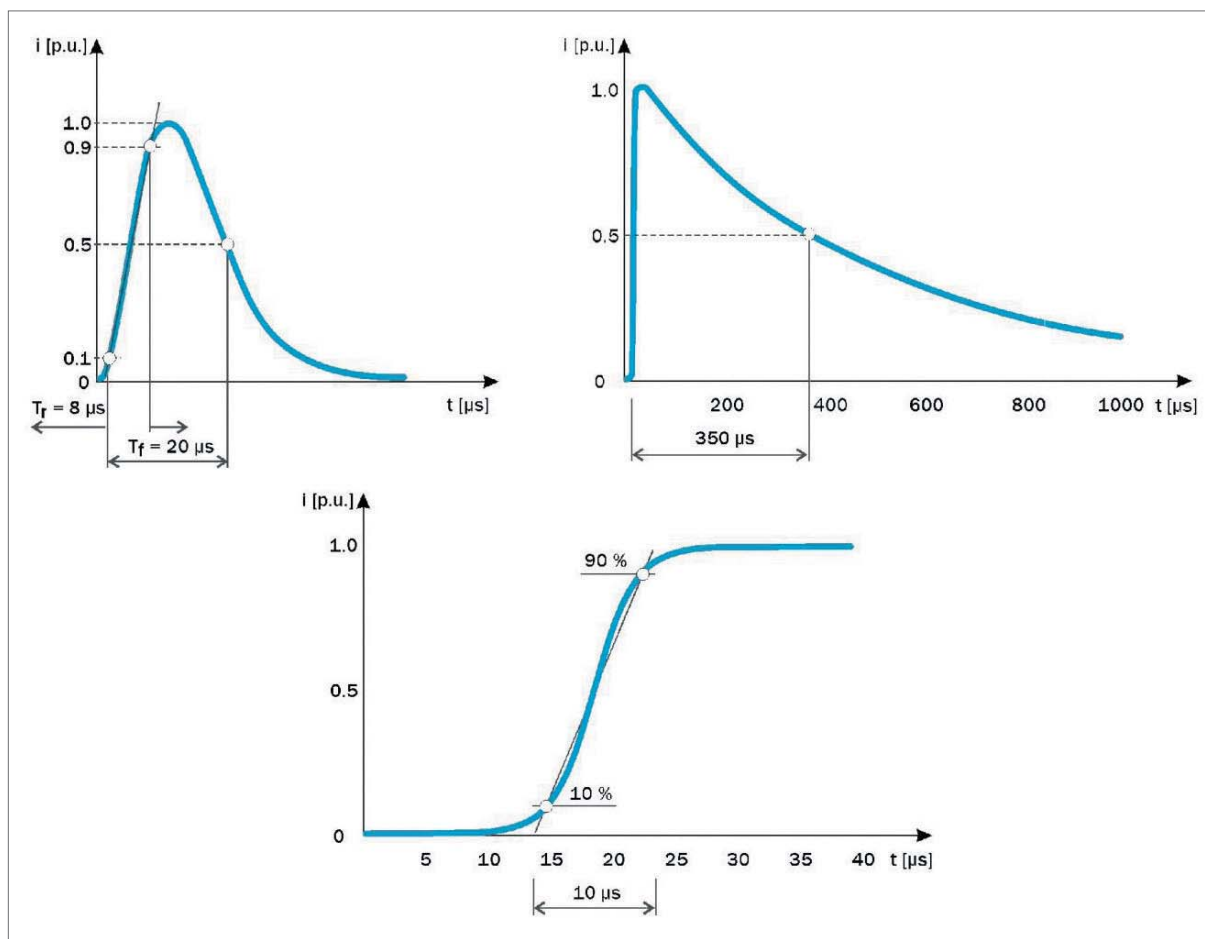


Рис. 3а, 3б, 3с. Стандартные осциллограммы импульсов тока грозовых разрядов

На рис. 3 значение 8/20 мкс или 10/350 мкс обозначает время нарастания импульса 8 или 10 мкс, и время спада 20 или 350 мкс. Последнее значение определяет время, требуемое для нарастания напряжения до половины пикового значения.

Это быстрое нарастание тока в начале импульса генерирует сильное магнитное поле, создавая опасные уровни индуцированного напряжения. Поэтому важным фактором является скорость нарастания тока. Этот параметр обычно выражается в кА/мкс. Эти данные необходимы для расчета напряжения защищаемого устройства, обладающего индуктивностью. Расстояние между защитным устройством и объектом или устройством должно быть как можно короче.

Если целью проектирования является обеспечение защиты при прямом и непрямом поражении строения, для правильного выбора устройства защиты от импульсного перенапряжения также должен быть известен заряд молнии:

$$Q = \int i dt \quad [As] \quad (2-1)$$

Должно быть выбрано защитное устройство с достаточным запасом по току, способное выдерживать импульсы перенапряжения вследствие грозовых разрядов.

Молниевые токоотводы и устройства защиты от импульсного перенапряжения рассеивают импульсы, поглощая тепловую энергию. Поэтому следующим важным параметром является удельная энергия:

$$\frac{W}{R} = \int i^2 dt \quad \left[\frac{J}{\Omega} = A^2 s \right] \quad (2-2)$$

Количество рассеиваемой энергии связано с формой импульсов перенапряжения, их амплитудой, полным сопротивлением системы, топологией цепи, характеристиками устройства защиты от перенапряжения и количеством ударов молнии. Допустимая энергия выбранного оборудования должна превышать расчетную энергию ожидаемых импульсов перенапряжения системы.

2.1.1 Влияние грозовых разрядов на линии электропитания

Воздушные линии электропитания распространены по широкой географической территории и поэтому часто подвергаются ударам молний. Различные атмосферные разряды вблизи линий вызывают индукцию высоковольтных импульсов в линиях. При этом сама линия передачи ведет себя как масштабная антенна. Сеть линий электропитания главным образом проектируется для передачи электрической энергии, но она также служит средой передачи высоковольтных импульсов. Поэтому линии электропитания страдают от различных последствий атмосферных разрядов. Грозовые разряды могут генерировать переходные импульсы перенапряжения в воздушных линиях следующим образом:

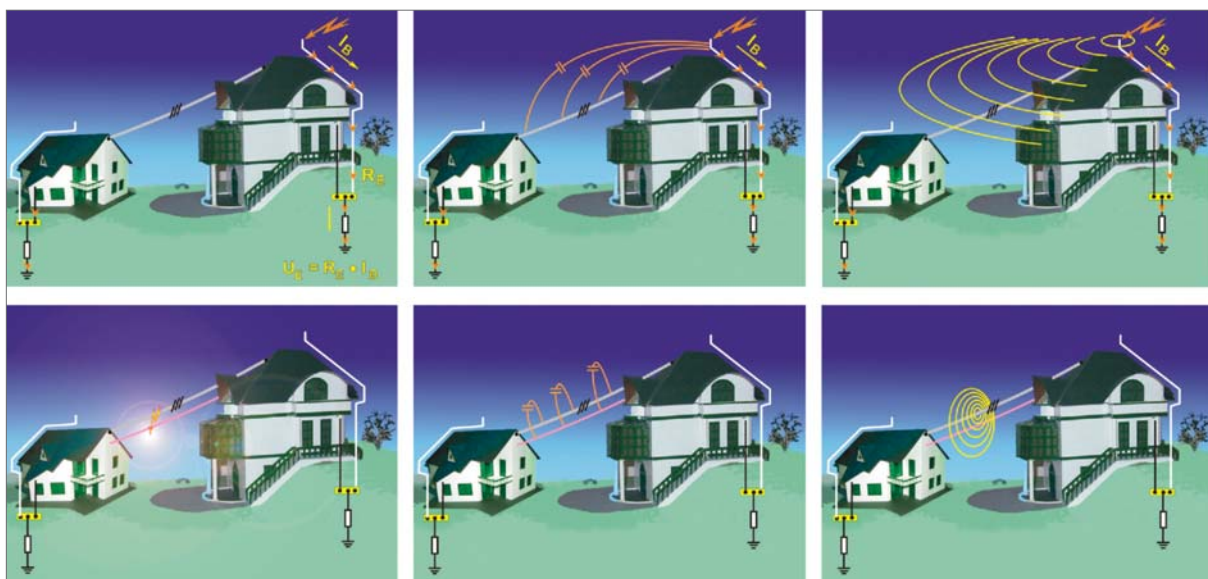
- непосредственное попадание в фазовый провод (неправильное экранирование);
- непосредственное попадание молнии в экранирующий провод или опору воздушной линии, энергия которой затем перетекает в фазовый провод;
- удар на расстоянии несколько сотен метров от линии электропитания (непрямое попадание), который индуцирует перенапряжение в линии.

Импульсы перенапряжения, вызванные прямыми или косвенными попаданиями, распространяются от точки воздействия по всей сети. Эти импульсы также могут передаваться трансформаторами с верхних на нижние уровни сети, где они становятся новым видом импульсов перенапряжения.

2.1.2 Электромагнитная связь

Гальваническое соединение создает наиболее опасное перенапряжение и возникает в точке соединения двух проводов с различным рабочим напряжением или при возникновении электрической дуги между такими проводами.

Примером является попадание ветви между линиями связи и электропитания (рис. 4а). Импульсы перенапряжения из одной сети в другую также могут переходить, если между двумя этими сетями существует емкостная связь (рис. 4б), либо при наличии паразитной емкости трансформатора, которая передает импульсы перенапряжения из высоковольтной обмотки в низковольтную в случае дисбаланса высоковольтной обмотки. Наиболее частым типом соединения между двумя сетями является индуктивная связь. По закону Фарадея хорошо известно, что магнитное поле, изменяющееся во времени, индуцирует напряжение в витке, находящемся в этом поле. Если магнитное поле соответствует переходному току с высокой скоростью изменения, в таком витке будет индуцировано переходное перенапряжение (рис. 4с).



а) Гальваническая

б) Емкостная

с) Индуктивная

Рис. 4. Различные типы связи между двумя электрическими системами

Грозовой разряд всегда сопровождается возникновением электромагнитного поля. В процессе распространения молнии пространственный заряд в грозовом облаке и в нисходящем канале создает поблизости электрическое поле. Электрическое поле создает разность зарядов в металлических проводниках. Вследствие импульсной природы тока молнии скорость изменения магнитного поля в токопроводящих витках очень высока, что приводит к индукции высокого напряжения. Примером такой индукции является попадание молнии в громоотвод дома (рис. 5).

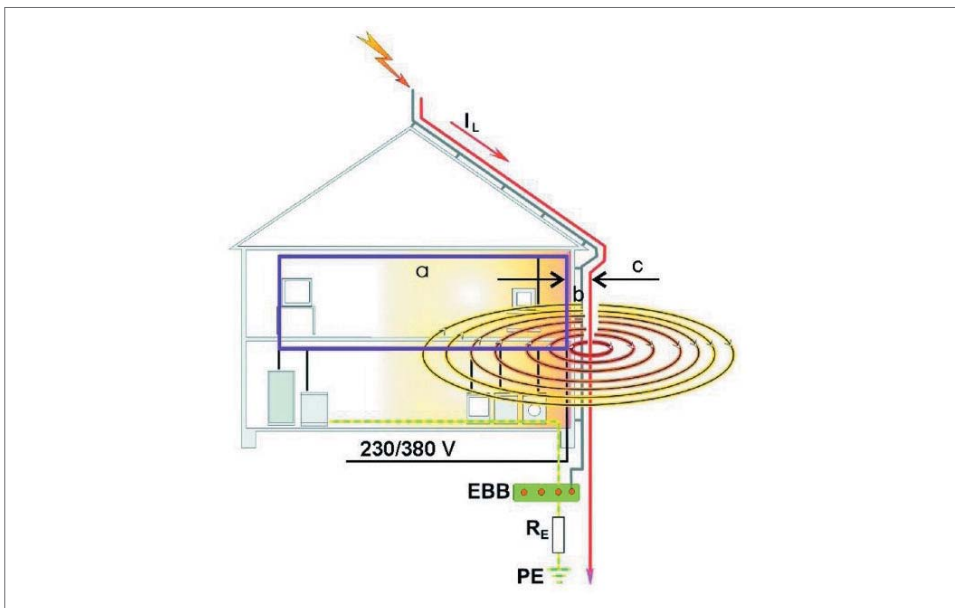


Рис. 5. Индукция напряжения вблизи спускающегося токоотвода, в который ударила молния

Если молния ударила в громоотвод, ток молнии I_L протекает по проводнику в землю. Индукция напряжения в замкнутых витках системы создает различные вихревые токи, которые могут даже привести к пожару. Если виток находится на расстоянии c от токоотвода в горизонтальном направлении и имеет размеры a и b , как показано на рис. 5, индуцируемое напряжение V будет равно:

$$V = -\frac{\mu_0}{2\pi} b \frac{di}{dt} \ln \frac{a+c}{c} = M \frac{di}{dt}$$

Например, если квадратный виток имеет размеры 10×10 м и расположен на расстоянии 1 м от токоотвода, взаимная индуктивность M равняется 4,8 Гн, и если предположить, что $di/dt = 40$ кА/с, индуцируемое напряжение составит 192 кВ.

2.1.3 Коммутационные импульсы

Коммутационное перенапряжение является разновидностью переходных помех, вызванных коммутацией, коротким замыканием или отключением системы электропитания. Любое резкое изменение состояния системы может инициировать затухающие колебания с высокой частотой, которые исчезнут, только когда система опять стабилизируется до исходного состояния. Коммутация источника питания может быть вызвана преднамеренно (переключение нагрузки или конденсаторов) или может происходить случайно (короткие замыкания в системе питания).

При подключении или отключении RCL-нагрузки посредством прерывателя, пиковое значение импульсов перенапряжения обычно не превышает удвоенной амплитуды номинального напряжения системы (рис. 6). Максимальное

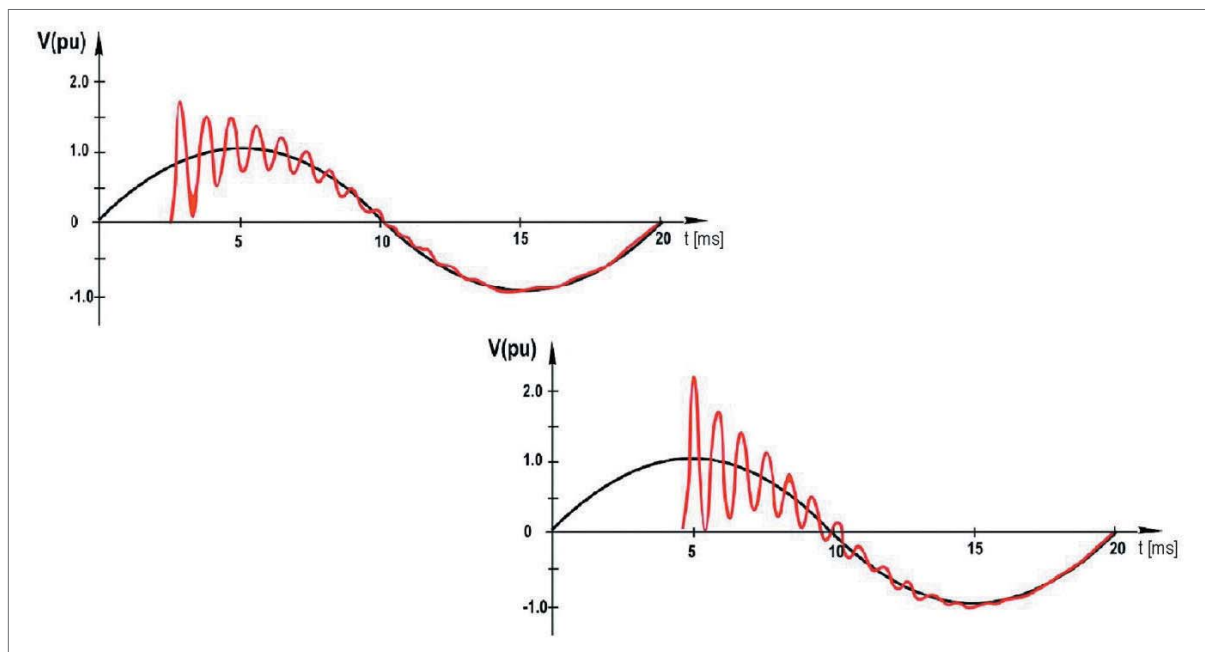


Рис. 6. Коммутационное перенапряжение

напряжение главным образом определяется моментом замыкания прерывателя относительно фазы напряжения в системе питания. Наивысшее высокочастотное перенапряжение возникает, если прерыватель замыкается при максимальном значении напряжения питания.

Более высокое перенапряжение может возникать при коммутации индуктивных нагрузок, таких как индукторы, трансформаторы, электродвигатели, а также емкостных нагрузок. Прерывание коротких замыканий также вызывает высокое перенапряжение. Как и в случае перенапряжения, вызванного коммутацией прерывателя, в этом случае пиковая амплитуда также зависит от величины напряжения питания в момент переключения.

Форма сигнала перенапряжения представляет собой затухающую волну. Скорость нарастания напряжения обычно составляет порядка нескольких кВ/мкс, тогда как переходный процесс затем может измеряться временем от микросекунд до миллисекунд.

Продолжительность времени коммутационных импульсов перенапряжения намного превышает длительность импульсов грозовых разрядов, но пиковое напряжение значительно ниже. Пиковое значение определяется амплитудно-частотной характеристикой низковольтной системы, индуктивностью и емкостью цепи, типом переключения (включение/отключение, контактный прерыватель или предохранитель) и типами нагрузки.

В случае резистивной нагрузки коммутационные токи примерно соответствуют номинальным значениям оборудования. При включении и отключении индуктивной/емкостной нагрузки возникают высокочастотные колебания.

Напряжение колебаний накладывается на номинальное напряжение системы, и суммарное напряжение воздействует на оборудование, подключенное к системе электропитания. Перенапряжение, вызванное коммутацией со стороны нагрузки выше, чем перенапряжение со стороны линии.

Наличие конденсаторных батарей компенсации коэффициента мощности также является причиной возникновения импульсов перенапряжения при коммутации конденсаторов. Эти конденсаторные батареи, как правило, устанавливаются в цепях со средним напряжением. Перенапряжение коммутации конденсаторов часто не превышает удвоенное значение амплитуды номинального напряжения системы (рис. 7).

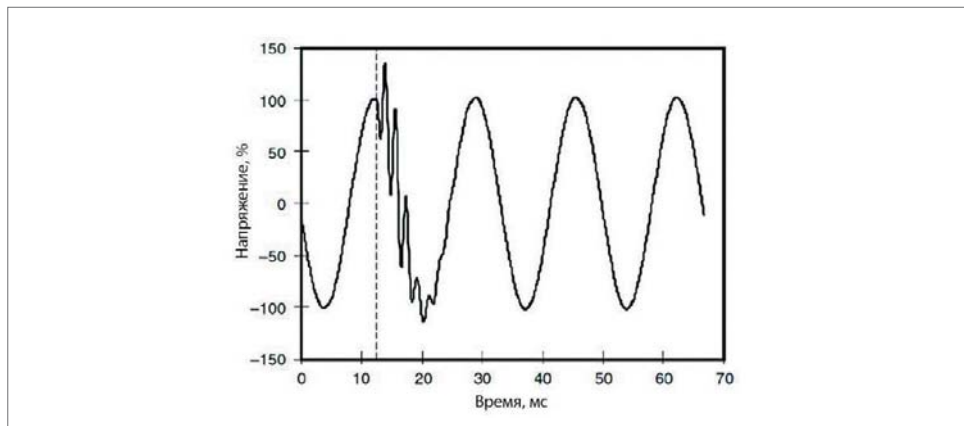


Рис. 7. Перенапряжение вследствие коммутации конденсаторов

Возникновение коротких замыканий или замыканий на землю в цепях среднего напряжения может приводить к тому, что напряжение между фазой и землей в тех фазах, в которых отсутствует замыкание, повышается до уровня межфазового напряжения. Такое перенапряжение затем передается из цепей среднего напряжения в низковольтные цепи трансформатора источника питания.

Перегорание предохранителя в сети электропитания вызывает перенапряжение, форма которого напоминает треугольный сигнал. Это перенапряжение встречается реже, чем вызванное коммутацией.

2.2 Временное перенапряжение

Временное перенапряжение (ВПН) определяется, как перенапряжение переменного тока со значительной продолжительностью и амплитудой, появляющееся в системе после короткого замыкания. Перенапряжение может быть вызвано различными явлениями, связанными либо с нормальной работой системы, либо со случайными условиями, и его необходимо отличать от других типов импульсного напряжения вследствие большей длительности.

Это перенапряжение возникает с частотой напряжения системы питания. Перенапряжение короткой длительности (не более нескольких секунд) считается

»всплесками« и его не следует путать с общим понятием »временное перенапряжение«. Всплески заканчиваются, когда система питания возвращается в свое нормальное состояние без вмешательства. При продолжительном перенапряжении обычно требуется срабатывание предусмотренного оборудования защиты от перегрузки по току для восстановления цепи. С другой стороны при существующем состоянии технологий устройства защиты от импульсного перенапряжения (УЗИП), применяемые для защиты от грозовых разрядов и коммутационных импульсов не обладают достаточной способностью к поглощению энергии, требуемой для ограничения продолжительного временного перенапряжения, но могут смягчать всплески ограниченной амплитуды. Поэтому при выборе максимального рабочего напряжения для УЗИП, используемых в определенной системе, необходимо учитывать прогнозируемую амплитуду, длительность и вероятность возникновения временного перенапряжения на фактическом участке цепи.

2.3 Импульсное перенапряжение, вызванное различными электростатическими разрядами

Разность электрических зарядов, окружающих нас, обычно создается внешним воздействием, таким как движение различных материалов. Такая разность приводит к тому, что заряженные объекты деформируют электростатическое поле поблизости. Когда два заряженных объекта достаточно сближаются, напряженность электростатического поля достигает определенного значения и происходит электростатический разряд.

Измерения электростатического напряжения и тока импульсов разряда демонстрируют импульсный характер со временем нарастания порядка нескольких наносекунд и продолжительностью около 0,1 мкс. Пиковый ток достигает 100 А, а пиковое напряжение достигает 40 кВ (рис. 8).

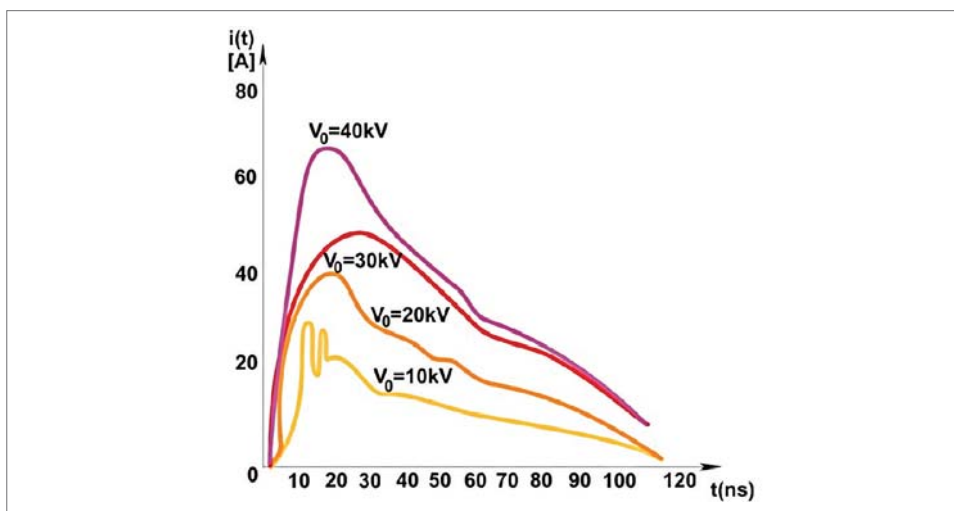


Рис. 8. Импульсный ток электростатического разряда

Электростатический заряд обычно накапливается, когда люди ходят по изолирующему ковру или носят синтетическую одежду вследствие трения о кожу. В таких случаях напряжение электростатического разряда между телом человека и землей может достигать 35 кВ, если человек ходит по ковру, либо 18 кВ, если человек сидит на изолирующем стуле.

Электростатические разряды вызывают пробой изоляции многих электронных устройств при погрузочно-разгрузочных работах и перевозке.



3. Заземление и топология сети

Международный стандарт IEC 60364 определяет три разновидности схем заземления, используя двухбуквенные коды TN, TT и IT.

Первая буква обозначает соединение между землей и оборудованием источника питания (генератором или трансформатором).

T : непосредственное соединение точки с землей;

I : ни одна точка не соединяется с землей (изоляция), за исключением, возможно, высокого сопротивления.

Вторая буква обозначает соединение между землей и питаемым электрическим устройством.

T : непосредственное соединение точки с землей;

N : непосредственное соединение на месте установки с нулевым проводом, соединенным с землей.

3.1 Система TN

В системе заземления TN одна из точек генератора или трансформатора соединяется с землей — обычно это центральная точка соединения по схеме «звезда» в трехфазной системе. Корпус электрического устройства соединяется посредством этого заземляющего подключения с трансформатором.

Проводник, соединенный с неизолированными металлическими деталями устройства, к которым можно прикоснуться, называется защитным заземлением (PE). Проводник, соединенный с центральной точкой «звезды» трехфазной системы, либо проводящий обратный ток в однофазной системе, называется нулевым проводом (N). Необходимо различать три варианта системы TN:

- TN-C:** комбинированный проводник PEN выполняет функции обоих проводников — PE и N;
- TN-S:** PE и N являются отдельными проводниками, соединяющимися только у источника питания;
- TN-C-S:** в части системы используется комбинированный проводник PEN, но в определенной точке он разделяется на отдельные линии PE и N. Комбинированный проводник PEN обычно используется между подстанцией и точкой ввода в здание, и разделяется внутри.

3.1.1 Система TN-C

В системе TN-C комбинированные проводники PE и N (PEN) используются на участке от нулевой точки трансформатора до устройства-потребителя. Пример типовой системы TN-C показан на рис. 9.

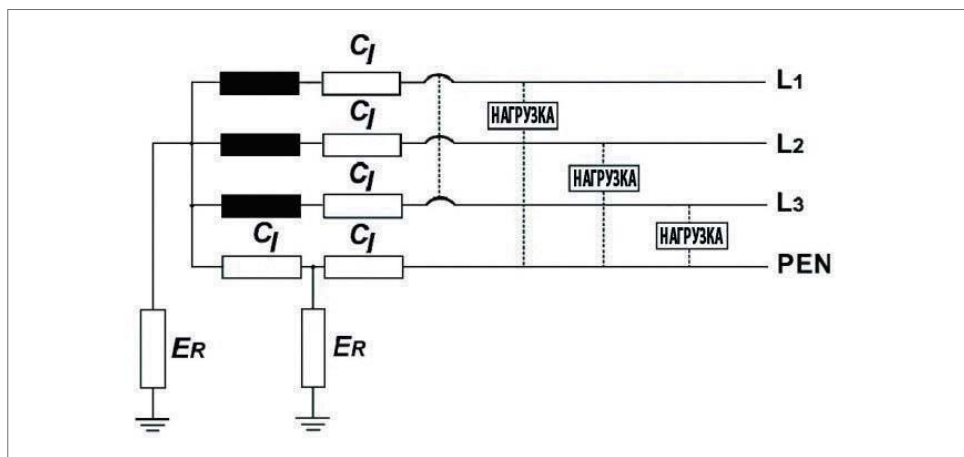


Рис. 9. Система TN-C (E_R — сопротивление заземления, C_I — сопротивление проводника)

Ток нулевого провода и ток короткого замыкания на землю проходит через одну и ту же цепь возврата к заземленной нулевой точке питающего трансформатора. Использование одного проводника для этих токов снижает затраты на дополнительный проводник, необходимый для разделения соединений N и PE.

3.1.2 Система TN-S

В системе TN-S используются отдельные проводники защитного заземления (PE) и нулевого провода (N) между трансформатором и устройством-потребителем. Проводник PE соединяется с нулевым проводом в нулевой точке питающего трансформатора (рис. 10). Ток нулевого провода и ток короткого замыкания на землю проходят по отдельным проводникам.

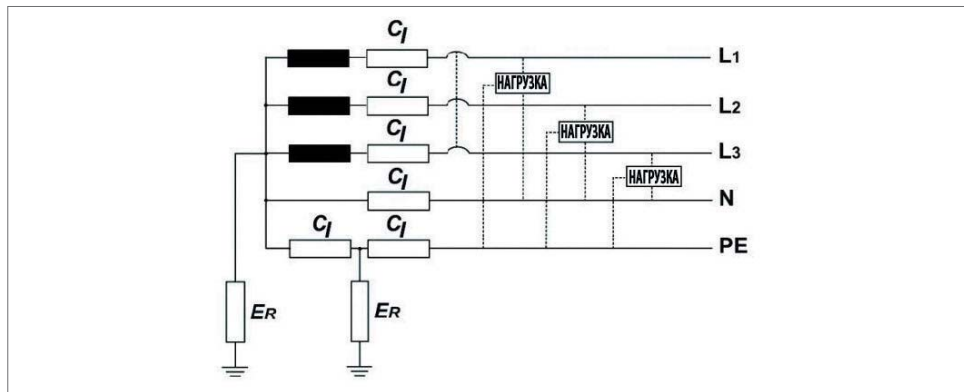


Рис. 10. Система TN-S

Неизолированные токопроводящие детали соединяются с проводником РЕ, через который проходит ток короткого замыкания на землю. Отдельные проводники РЕ и N позволяют успешно применять устройства защитного отключения на основе контроля остаточных токов.

3.1.3 Система TN-C-S

Эта система представляет собой объединенный вариант вышеописанных систем TN-C и TN-S. В системе TN-C-S используются отдельные проводники N и РЕ, а также их комбинация в виде проводника PEN (рис. 11). Проводник PEN используется на участке между питающим трансформатором и служебной точкой электрического ввода здания. После этой точки используются отдельные проводники N и РЕ. Как и в системе TN-S, отдельные проводники N и РЕ внутри здания позволяют успешно использовать устройства защитного отключения на основе контроля остаточных токов.

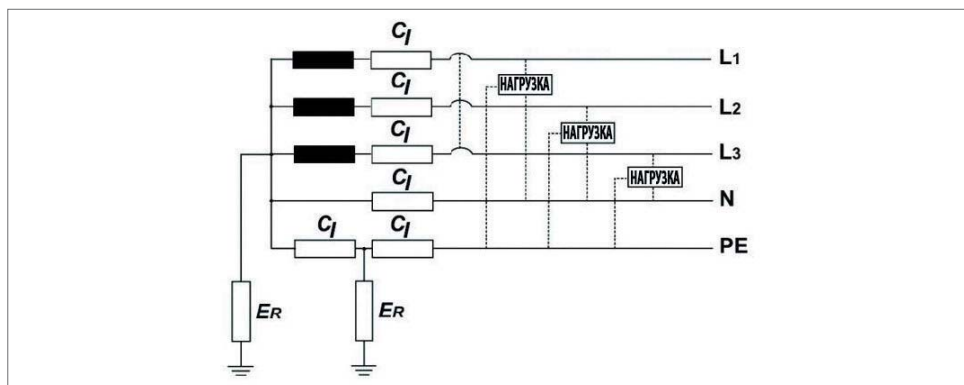


Рис. 11. Система TN-C-S (с устройством защиты от токовой перегрузки - УЗТТ)

Система заземления TN-C-S широко используется в Европе и в большинстве жилых домов в США и Канаде.

3.2 Система ТТ

В системе заземления ТТ соединение защитного заземления нагрузки обеспечивается локальным проводником заземления независимо от соединения с генератором.

Самое главное преимущество системы заземления ТТ заключается в отсутствии высокочастотных и низкочастотных помех, поступающих по нулевому проводу от различных подключенных к нему электроприборов. По этой причине использование системы заземления ТТ всегда было предпочтительнее для специального оборудования, например, узлов связи, требующих заземления без помех. Кроме того, система ТТ исключает риск обрыва нулевого провода.

В местах, где используются воздушные линии электропитания и система ТТ, установка проводника заземления исключает риск обрыва воздушного провода, например, из-за падения дерева или ветви.

В те времена, когда отсутствовали УЗО, система заземления ТТ была малоприменима для общего использования из-за ее ограниченных возможностей по проведению сильных токов в случае короткого замыкания (по сравнению с системами TN). Но поскольку устройства защитного отключения устранили этот недостаток, использование систем заземления ТТ приобрело большую популярность в тех случаях, когда все цепи питания переменного тока защищены УЗО.

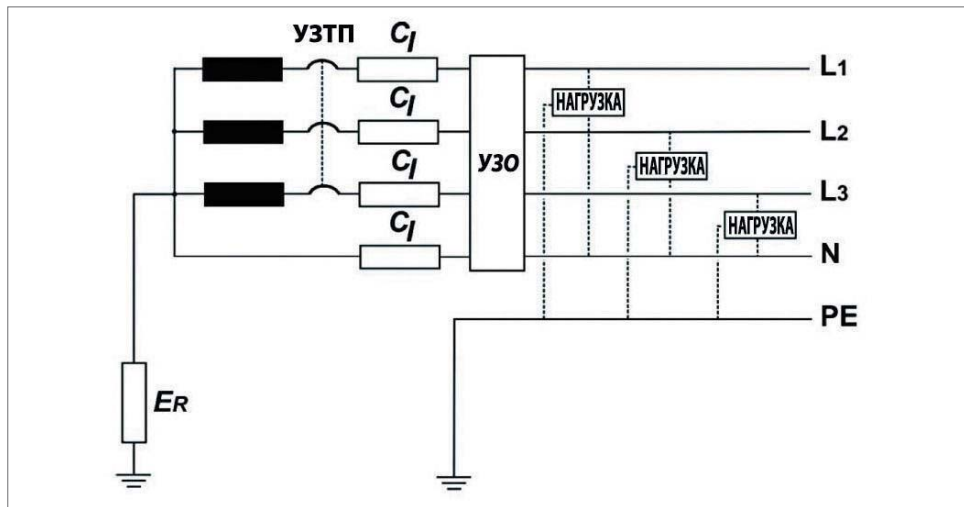


Рис. 12. Система ТТ

3.3 Система IT

В сети IT распределительная система вообще не имеет соединения с землей, либо соединяется с ней только через высокое сопротивление.

В таких системах для контроля сопротивления используется устройство контроля изоляции.

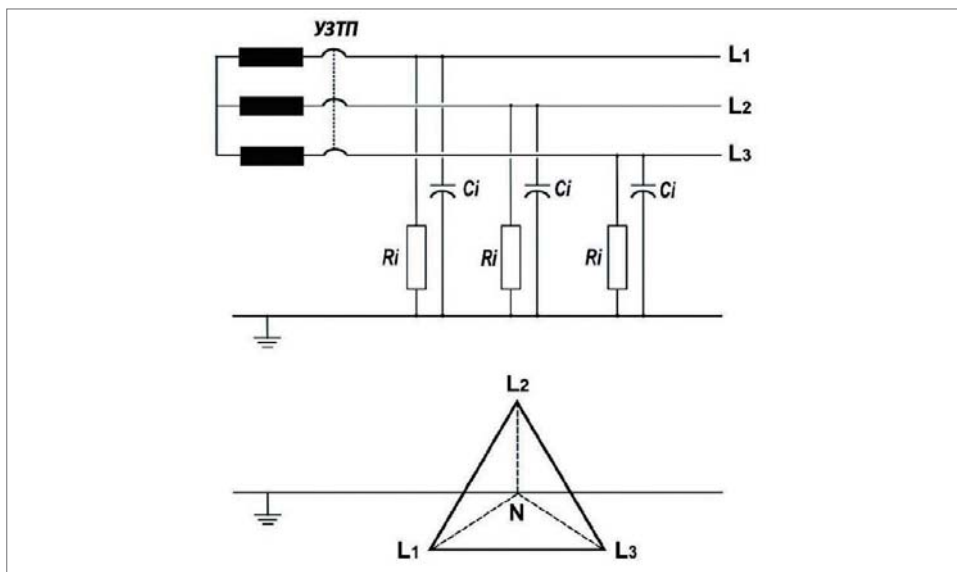


Рис. 13. Система IT

3.4 ВПН в различных системах заземления нулевого провода

Амплитуда временного перенапряжения в системах электропитания строго зависит от заземления нулевого провода, а также типа и расположения короткого замыкания, вызывающего ВПН. Амплитуда ВПН при различных типах заземления нулевого провода и в различных ситуациях указана в таблице 1.

Возникновение ВПН	Система	Максимальные значения ВПН
Между фазовым проводом и землей (замыкания в сети среднего напряжения)	ТТ, IT	12000 + Uref (длительность 200 мс)
Между нулевым проводом и землей (замыкания в сети среднего напряжения)	ТТ, IT	1200 В (длительность 200 мс)
Между фазовым проводом и нулевым проводом (потеря нулевого провода в сети низкого напряжения)	ТТ, TN	1,73 x Uref
Между фазовым проводом и землей (случайное заземление фазового провода в сети низкого напряжения)	IT	1,73 x Uref
Между фазовым проводом и нулевым проводом (короткое замыкание между проводом линии и нулевым проводом)	ТТ, IT и TN	1,45 x Uref на время до 5 с

Таблица 1. Временное перенапряжение при различных типах заземления нулевого провода, типах замыканий и их расположении (выдержка из документа IEC 61643-11, ред. 1)

3.5 Прогнозируемое временное перенапряжение (U_{тов})

Некоторые примеры ВПН:

- короткое замыкание высоковольтных цепей;
- короткие замыкания на землю (падение фазового провода на землю);
- короткие замыкания (один полюс, два полюса);
- обрыв нулевого провода.

3.6 Оценка рисков

УЗИП (устройства защиты от импульсного перенапряжения) могут подвергаться воздействию различных типов перенапряжения U_{tov} (временного перенапряжения).

3.6.1 Сеть TN

Для УЗИП, включаемых между фазовым проводом и защитным заземлением, в качестве общего правила максимально допустимое временное перенапряжение U_{tov} должно составлять 335 В. Само УЗИП может подвергаться воздействию такого напряжения в течение длительного времени.

Решением является повышение номинального напряжения УЗИП до 335 В (в этом случае УЗИП не будет подвергаться воздействию U_{tov}), либо его отключение от фазового провода посредством теплового размыкателя, но в этом случае УЗИП будет прекращать выполнять свои функции.

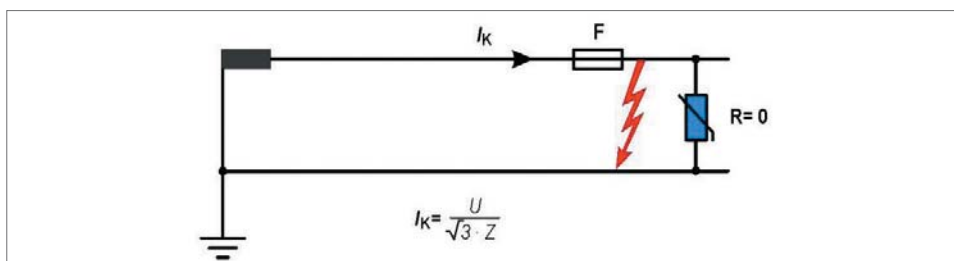


Рис. 14. Размыкание посредством плавкого предохранителя

Правильное отключение элемента токовой защиты F (предохранителя) достигается вследствие низкого сопротивления проводника, достаточного, чтобы ток короткого замыкания I_k мог пережечь предохранитель.

3.6.2 Сеть TT

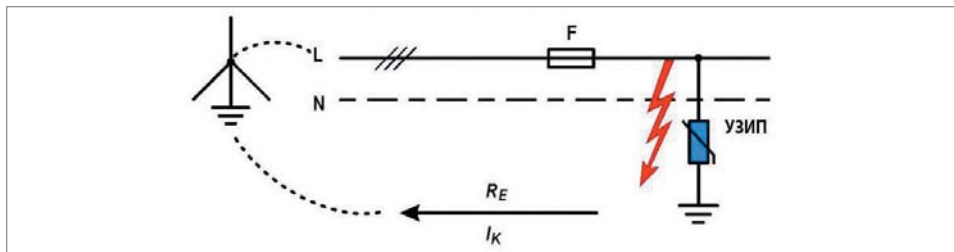


Рис. 15. Отсутствие токовой защиты

Когда УЗИП подключается между линиями L (фазовый провод) и PE (защитное заземление), правильное срабатывание токовой защиты становится невозможным (предохранитель не может отключить УЗИП от фазового провода). Кроме того, также возникает проблема напряжения прикосновения, которое превышает допустимые 50 В (в данном случае 230 В).

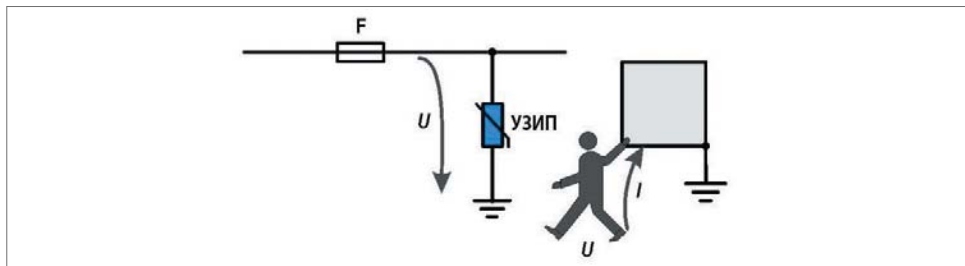


Рис. 16. Напряжение прикосновения

Решением является установка УЗО (устройства защитного отключения на основе контроля остаточных токов) перед УЗИП.

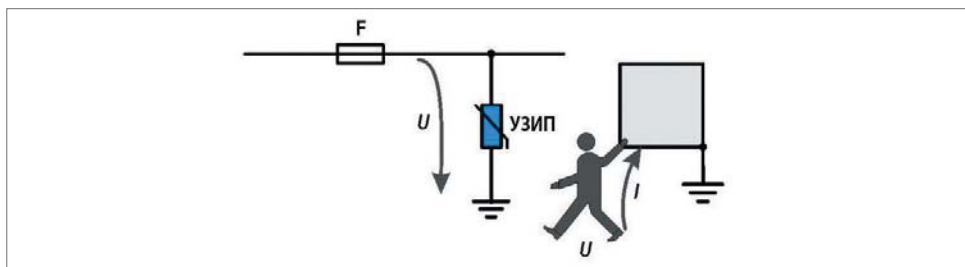


Рис. 17. Установка УЗО

Однако это решение нерационально, поскольку УЗО обладают относительно низкой диэлектрической прочностью и могут страдать от механических повреждений в случае атмосферных разрядов. Эти повреждения могут оказывать серьезное влияние на работу УЗО и незаметны, не позволяя оператору контролировать исправность устройства.

В системе ТТ УЗИП может быть подключено двумя способами: соединение 3+1 или 4+0.

Соединение 3+1 может использоваться до или после УЗО.

Соединение 4+0 допускается использовать только в случае, если УЗИП подключено после УЗО.

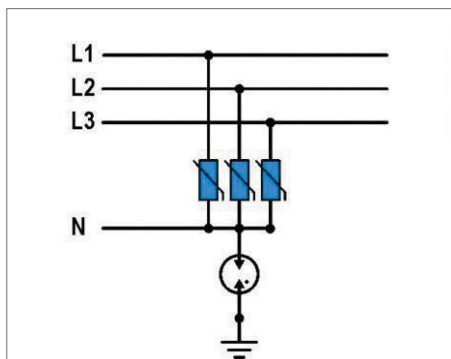


Рис. 18. Система ТТ — соединение 3+1

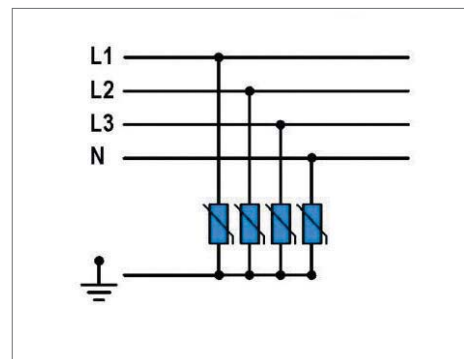


Рис. 19. Система ТТ — соединение 4+0.

Гальваническая развязка между линиями N и PE

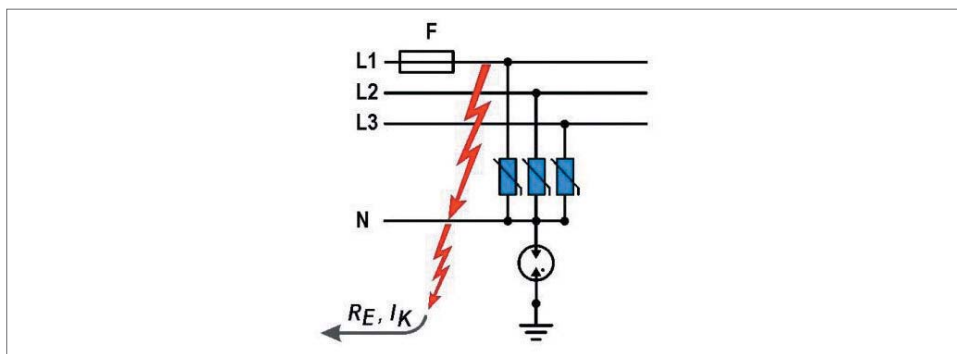


Рис. 20. Гальваническая развязка между линиями N и PE

Если короткое замыкание и импульсное перенапряжение возникают в системе одновременно, I_K (ток короткого замыкания) начинает проходить через газоразрядную лампу (ГРЛ). Вот почему ГРЛ должна обеспечивать подавление последующего тока, в то же время, предотвращая возникновение опасного для жизни напряжения прикосновения.

3.7 Типовое подключение УЗИП в различных сетях (IEC 60364-5-53, редакция 3.1, 2002.06)

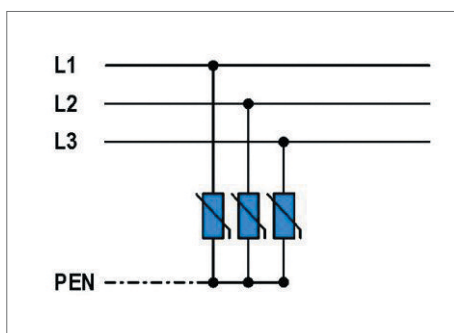


Рис. 21. УЗИП TN-C (3+0)

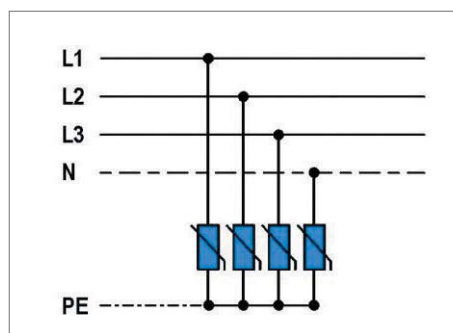


Рис. 22. УЗИП TN-S (4+0)

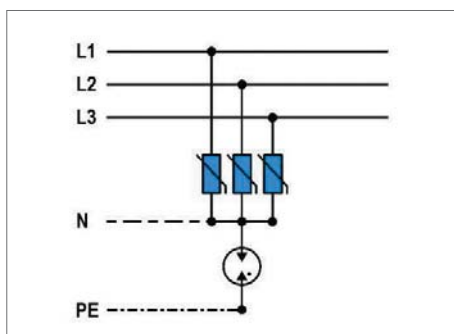


Рис. 23. УЗИП TT (3+1)

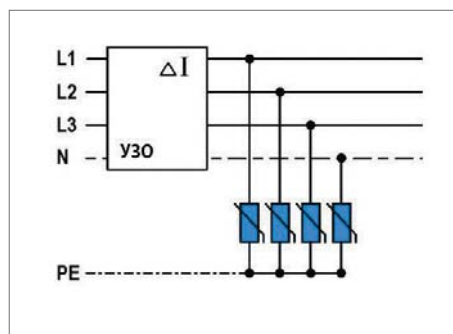


Рис. 24. УЗИП TT (4+0)

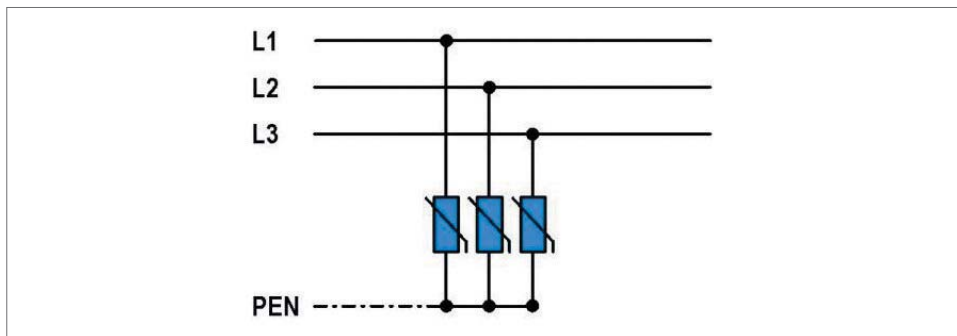


Рис. 25. УЗИП IT (3+0); примечание: $U_c = 3 U_{ref}$

Список литературы:

1. IEC 61643-1 Устройства защиты от импульсного перенапряжения, подключаемые к низковольтным электрическим распределительным сетям — требования и испытания.
2. IEC 61643-12 Устройства защиты от импульсного перенапряжения, подключаемые к низковольтным электрическим распределительным сетям — принципы выбора и применения.
3. CEI IEC 60364-5-53 Электрический монтаж в зданиях – Часть 5-53: Выбор и монтаж изоляции, коммутирующих устройств и устройств управления электрооборудования.
4. IEC PAS 60099-7 Разрядники – Часть 7: Словарь терминов и определений из публикаций IEC 60099-4, 60099-6, 61643-1, 61643-12, 61643-21, 61643-311, 61643-321, 61643-331 и 61643-341.
5. IEC 61000-4-5: Электромагнитная совместимость (ЭМС) – Часть 4-5: Методы испытания и измерения – Проверка импульсной устойчивости.
6. IEC 62305-1 Защита от грозových разрядов – Часть 1: Общие принципы.
7. IEC 62305-2 Защита от грозových разрядов – Часть 2: Управление рисками.
8. IEC 62305-3 Защита от грозových разрядов – Часть 3: Физическое повреждение строений и опасность для жизни.
9. IEC 62305-4 Защита от грозových разрядов – Часть 4: Электрические и электронные системы в строениях.
10. IEC 61312-1 Защита от электромагнитных импульсов грозových разрядов (ЭМИГР) – Часть 1: Общие принципы.
11. IEC 61312-2 Защита от электромагнитных импульсов грозových разрядов (ЭМИГР) – Часть 2: Экранирование строений, разводка линий в строениях и заземление.
12. IEC 61312-3 Защита от электромагнитных импульсов грозových разрядов (ЭМИГР) – Часть 3: Требования к устройствам защиты от импульсного перенапряжения.
13. IEC 61312-4 Защита от электромагнитных импульсов грозových разрядов (ЭМИГР) – Часть 4: Защита оборудования в существующих строениях.

4. Защита от грозовых разрядов

4.1 Стандарты

Защита от грозовых разрядов охватывает сферы систем перехвата, токоотводов, заземления, выравнивания потенциалов и изоляции. Нижеуказанные стандарты содержат полное описание процедур проектирования, начиная с расчетов и заканчивая использованием материалов.

IEC 62305 - 1: 2010 Защита от грозовых разрядов – Часть 1: Общие принципы.

IEC 62305 - 2: 2010 Защита от грозовых разрядов – Часть 2: Управление рисками.

IEC 62305 - 3: 2010 Защита от грозовых разрядов – Часть 3: Физическое повреждение строений и опасность для жизни.

IEC 62305 - 4: 2010 Защита от грозовых разрядов – Часть 4: Электрические и электронные системы в строениях.

4.2 Необходимость защиты от грозовых разрядов

Удары молний, попадающие в землю, могут быть опасны для строений и электрических линий.

Опасность для строений может заключаться в следующем:

- повреждение строения и его частей;
- выход из строя соответствующих электрических и электронных систем;
- опасность травм живых существ внутри строения или рядом с ним.

Последствия такого ущерба и рисков могут распространяться на окрестности строения или окружающую среду.

Для снижения ущерба вследствие ударов молний могут потребоваться меры защиты. Их необходимость и надежность следует оценивать посредством процедуры оценки рисков.

Риск **R** — это величина вероятного среднегодового ущерба. Для каждого типа ущерба, который может быть нанесен строению или службе, необходимо оценивать соответствующий риск:

- R1:** риск неизлечимой травмы или смерти;
- R2:** риск нарушения работы общественных служб;
- R3:** риск утраты культурного наследия;
- R4:** риск потери экономической прибыли — следует оценивать, если учитывается экономическое обоснование защиты от грозовых разрядов (IEC 62305-1; 2010).

Для оценки риска, **R**, необходимо определить и рассчитать соответствующие компоненты риска (частичные риски, зависящие от причин и типа ущерба). Описание компонентов риска можно найти в стандарте IEC 62305-2; 2010.

Каждый риск, **R**, является суммой своих компонентов риска. При расчете риска его компоненты могут быть сгруппированы по источнику и типу ущерба.

В таблице 2 рассматриваются компоненты риска для каждого типа ущерба строению и линии.

Источник ущерба	Удар молнии в строение			Удар молнии вблизи строения	Удар молнии в линию, соединенную со строением			Удар молнии вблизи строения
	S1			S2	S3			S4
Компонент риска	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Риск для каждого типа ущерба								
R_1	*	*	* ¹⁾	* ¹⁾	*	*	* ¹⁾	* ¹⁾
R_2		*	*	*		*	*	*
R_3		*				*		
R_4	* ²⁾	*	*	*	* ²⁾	*	*	*

1) Только для строений с опасностью взрыва, а также для больниц или других строений, в которых отказ внутренних систем ставит под угрозу человеческую жизнь.

2) Только для имущества, в котором могут погибнуть животные.

Таблица 2. Компоненты риска (IEC 62305-2; 2010)

При расчете некоторых компонентов риска используются карты количества грозовых дней в году. Карты количества грозовых дней в году показывают регионы, в которых ежегодно возникает примерно одинаковое количество гроз.

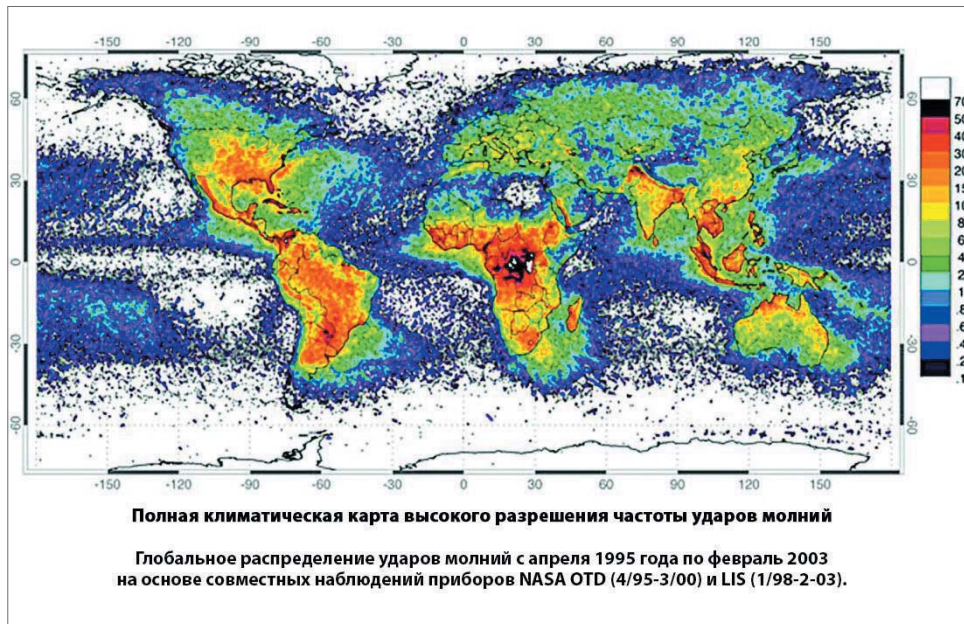


Рис. 26. Карта количества грозовых дней в году

Ток грозового разряда является основным источником ущерба. По точке удара различаются следующие источники:

S1: удары молний в строение;

S2: удары молний вблизи строения;

S3: удары молний в линию;

S4: удары молний вблизи линии;

Для практического применения такой оценки рисков полезно различать три основных типа ущерба, который может являться следствием ударов молний. Возможны следующие типы:

D1: травмы живых существ вследствие поражения электрическим током;

D2: физическое повреждение;

D3: выход из строя электрических и электронных систем.

Решение о защите строения или службы от ударов молний, а также выбор мер защиты, необходимо принимать, руководствуясь стандартом IEC 62305-1; 2010. Следует применять следующую процедуру:

- определение защищаемого строения и его характеристик;
- определение всех типов ущерба в строении и соответствующего риска R (от R1 до R4);
- оценка риска R для каждого типа ущерба от R1 до R4;

- оценка необходимости защиты посредством сравнения рисков R1, R2 и R3 с уровнем допустимого риска RT (IEC 62305-2; 2010);
- оценка экономической эффективности защиты посредством сравнения суммарных затрат в случае использования мер защиты и без них. В этом случае для оценки таких затрат необходимо провести оценку компонентов риска R4 (IEC 62305-2; 2010).

4.3 Уровень защиты и требования к УЗИП

В стандарте IEC 62305-1; 2010 определены четыре уровня грозовой защиты (от I до IV). Для каждого УГЗ задана группа параметров максимального и минимального тока грозового разряда.

В стандарте IEC 62305-1; 2010 также определены минимальные значения тока молнии.

Первый положительный импульс			УГЗ			
Токовые параметры	Обозначение	Единица	I	II	III	IV
Пиковый ток	I	кА	200	150	100	
Импульсный заряд	Qshort	Кл	100	75	50	
Удельная энергия	W/R	МДж/Ом	10	5.6	2.5	
Временные параметры	T1/T2	мкс/мкс	10 / 350			
Первый отрицательный импульс*			LPL			
Токовые параметры	Обозначение	Единица	I	II	III	
Пиковый ток	I	кА	100	75	50	
Средняя крутизна	di/dt	кА/мкс	100	75	50	
Временные параметры	T1/T2	мкс/мкс	1 / 200			
Последующий импульс			LPL			
Токовые параметры	Обозначение	Единица	I	II	III	IV
Пиковый ток	I	кА	50	37.5	25	
Средняя крутизна	di/dt	кА/мкс	100	150	100	
Временные параметры	T1/T2	мкс/мкс	0.25 / 100			
Длительный удар			LPL			
Токовые параметры	Обозначение	Единица	I	II	III	IV
Заряд длительного удара	Qlong	Кл	200	150	100	
Временные параметры	Tlong	ц	0.5			
Молния			LPL			
Токовые параметры	Обозначение	Единица	I	II	III	IV
Заряд молнии	Qflash	Кл	300	225	150	

*) Это направление тока используется только в расчетах, но не при испытаниях.

*) Это направление тока используется только в расчетах, но не при испытаниях.

Таблица 3. Максимальные параметры тока молнии (IEC 62305-1; 2010)

Ниже приведен пример выбора параметра I_{imp} УЗИП согласно уровню защиты. Ток грозового разряда делится по принципу 50 % на землю и 50 % на систему при условии, что:

- расчеты показывают, что требуется уровень грозовой защиты I (который является наиболее требовательным) с максимальным током молнии;
- в этой области отсутствуют другие строения.

Максимальный ток молнии 200 кА (из вышеприведенной таблицы) затем делится на ток 100 кА, который проходит в землю, и ток 100 кА, который проходит в систему (через главную электрическую шину и УЗИП), и из нее передается в другие отдаленные строения и трансформатор. Согласно типу сети электропитания определяются минимальные значения I_{imp} , которыми должно обладать УЗИП:

- трехфазные системы TT, TNS, IT (с нулевым проводом):
100 кА/4 провода = 25 кА/провод;
- трехфазные системы TNC, IT (без нулевого провода):
100 кА/3 провода = 35 кА/провод;
- однофазная система TT, TNC: 100 кА/2 провода = 50 кА/провод.

Согласно таблице 3 минимальный ток удара молнии составляет 100 кА. Следовательно, минимальная величина тока молнии, проходящего через УЗИП, составляет 12,5 кА. Это продемонстрировано на нижеприведенном рисунке 27.

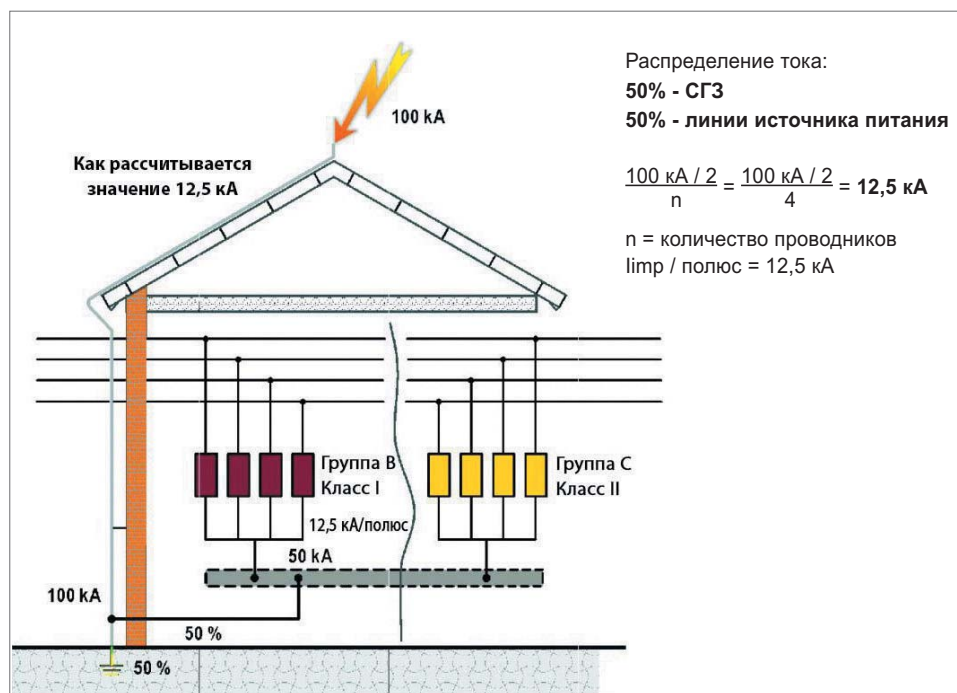


Рис. 27. Распределение тока удара молнии

4.4 Системы грозовой защиты (СГЗ)

Характеристики СГЗ определяются свойствами защищаемого строения и рассматриваемым уровнем грозовой защиты.

УГЗ	Класс СГЗ
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Таблица 4. Соотношение между уровнями грозовой защиты (УГЗ) и классом СГЗ (IEC 62305-3; 2010)

Каждый класс СГЗ характеризуется следующими свойствами (IEC 62305-3;2010):

а) Параметры, зависящие от класса СГЗ:

- параметры молнии (см. таблицы 3 и 4 в стандарте IEC 62305-1; 2010);
- радиус катящейся сферы, размер сетки и защитный угол (см. 5.2.2);
- типовое предпочтительное расстояние между токоотводами (см. 5.3.3);
- пространственный разнос для защиты от опасного искрения (см. 6.3);
- минимальная длина заземляющих электродов (см. 5.4.2).

б) Факторы, не зависящие от класса СГЗ:

- уравнительное соединение громоотвода (см. 6.2);
- минимальная толщина металлических листов или металлических труб в системах воздушных электродов (см. 5.2.5);
- материалы и условия использования СГЗ (см. 5.5.1);
- материалы, конфигурация и минимальные размеры воздушных электродов, токоотводов и заземляющих электродов (см. 5.6);
- минимальные размеры соединительных проводников (см. 6.2.2).

Характеристики каждого класса СГЗ приведены в Приложении В стандарта IEC 62305-2; 2010.

Класс требуемой СГЗ следует выбирать на основе результатов оценки рисков (IEC 62305-2; 2010).

Компоненты воздушных электродов, установленные на строении, должны быть расположены по углам, на выступающих частях и краях (особенно на верхнем уровне любого фасада) в соответствии с одним или несколькими из следующих методов. Согласно стандарту IEC 62305-3 в число приемлемых методов,

используемых для определения расположения системы воздушных электродов, входят следующие:

- метод защитного угла;
- метод катящейся сферы;
- метод сетки.

Метод катящейся сферы подходит во всех случаях. В таблице 5 приведены максимальные значения радиуса катящейся сферы, размера сетки и защитного угла в соответствии с классами СГЗ.

Класс СГЗ	Метод защиты		Защитный угол
	Радиус катящейся сферы R (м)	Размер сетки W (м)	
I	20	5 x 5	См. рис. 29
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	

Таблица 5. Максимальные значения радиуса катящейся сферы, размера сетки и защитного угла в соответствии с классами СГЗ (IEC 62305 - 3, 2010)

На рис. 28 показан метод сетки, когда проводники устанавливаются на бетонных изоляционных блоках и соединяются гибкими проводами, обеспечивающими расширение системы при изменении температуры, сильном ветре и т.д.

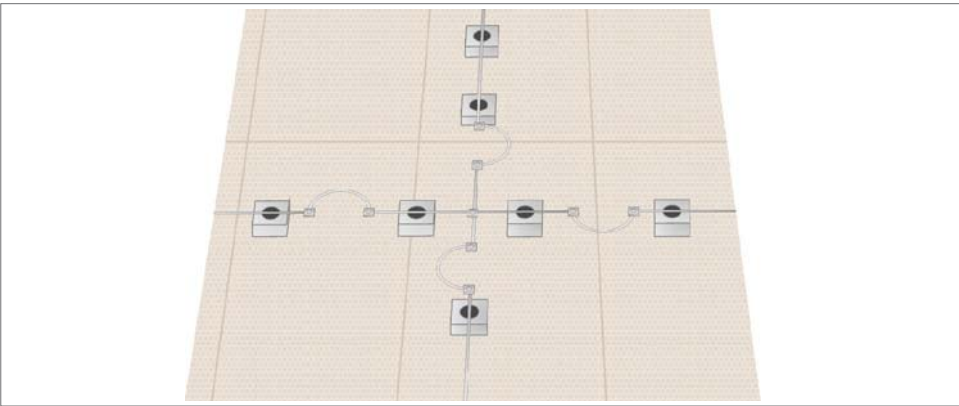
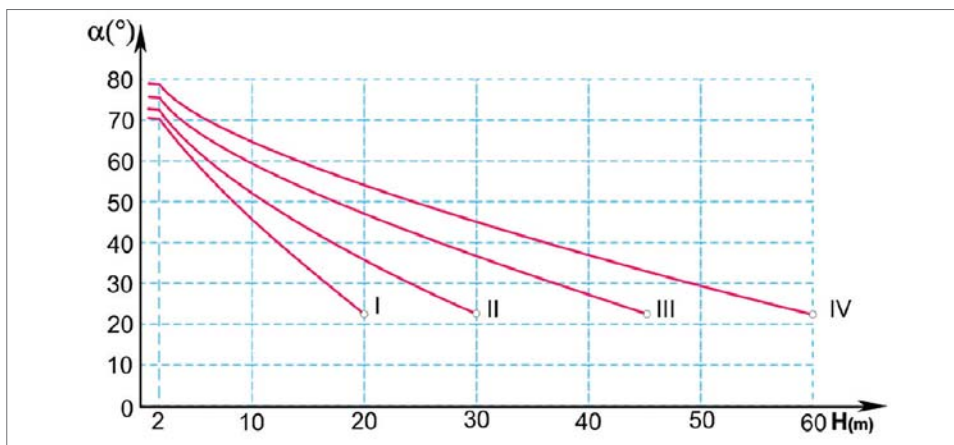


Рис. 28. Метод сетки

Метод защитного угла подходит для строений простой формы, но он имеет ограничения, связанные с высотой воздушного электрода (максимальная высота равняется радиусу катящейся сферы), указанной на рис. 29.



Примечание 1: Не применяется за пределами величин, обозначенных .. В этих случаях применяются только методы катящейся сферы и сетки.

Примечание 2: h это высота воздушного электрода над плоскостью отсчета защищаемой зоны.

Примечание 3: Угол не меняется для величин h ниже 2 м.

Рис. 29. Высота воздушного электрода (IEC 62305-3, 2010)

На рис. 30 показан метод защитного угла дымохода.

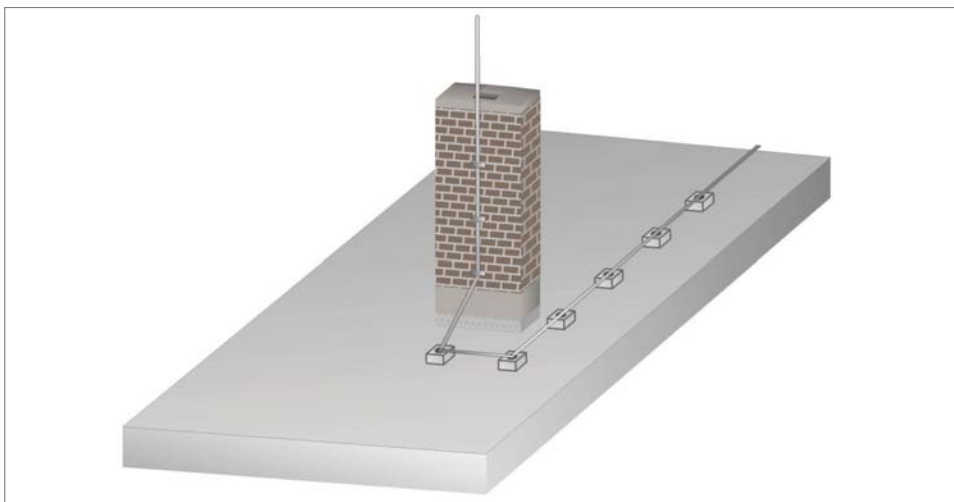


Рис. 30. Грозовая защита дымохода посредством стержня Франклина

Метод сетки является приемлемым типом защиты плоских поверхностей.

На следующих рисунках (31-34) демонстрируется принцип использования метода катящейся сферы в сочетании с методом защитного угла и методом сетки. Метод катящейся сферы основан на качении сферы вокруг строения(ий). В тех местах, где сфера касается строения, необходимо поместить систему перехвата молний и токоотводы.

Первый пример демонстрирует два небольших строения, более высокое из которых оборудовано сеткой и стержнем Франклина в качестве системы перехвата

молний. Стержень защищает объекты на крыше, которые находятся внутри угла α_2 (закрашенная область), а небольшое строение целиком »покрывается» углом α_1 .

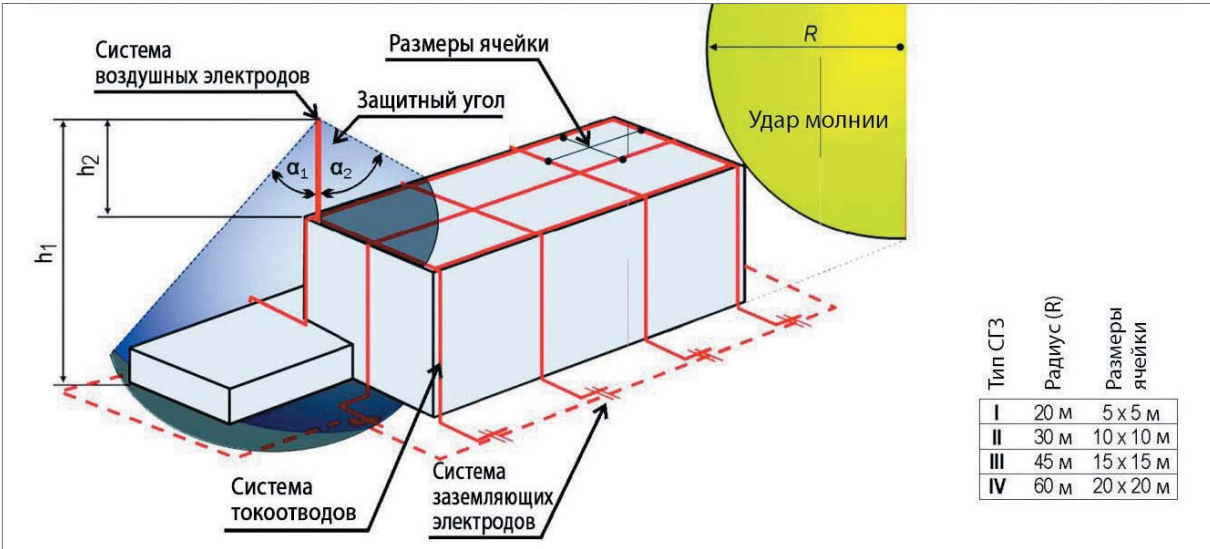


Рис. 31. Защита от грозовых разрядов типа I

На рис. 32 мы видим, что одно из строений намного выше и воздушный электрод больше не защищает низкое строение (катящаяся сфера может коснуться его) — в таком случае система перехвата молний также устанавливается на более низком строении.

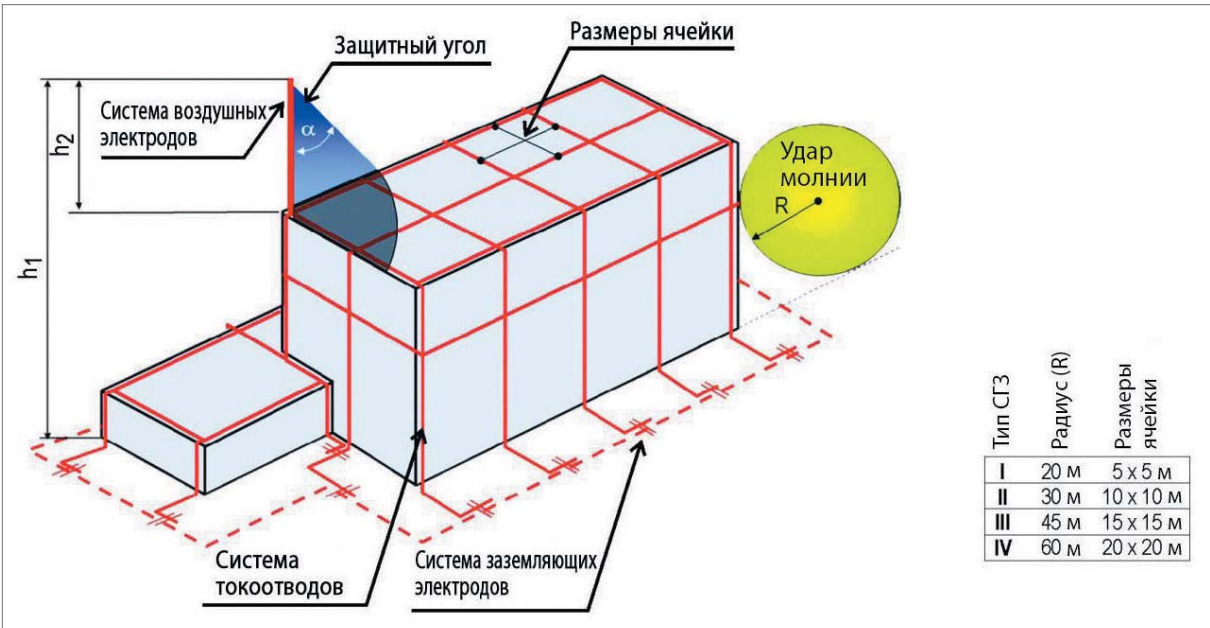


Рис. 32. Защита от грозовых разрядов типа II

У строений высотой более 60 м могут возникать удары молний по бокам, особенно в выступы, углы и края поверхностей. Вообще риск вследствие таких ударов невелик, поскольку лишь малое количество всех ударов молний в высокие строения приходится на боковые части и, кроме того, их параметры значительно ниже, чем параметры молний, ударяющих в верхнюю часть строений. Однако электрическое и электронное оборудование на стенах за пределами строений может быть разрушено ударом молнии даже с малыми значениями пикового тока.

Для защиты верхней части высоких строений (как правило, верхние 20 % от полной высоты строения) с установленным оборудованием должна быть установлена система воздушных электродов.

Правила установки воздушных электродов на крышах должны также применяться к этим верхним частям строений.

Кроме того, у строений высотой более 120 м также должны быть защищены все части, которые могут подвергаться риску (выше 120 метров).

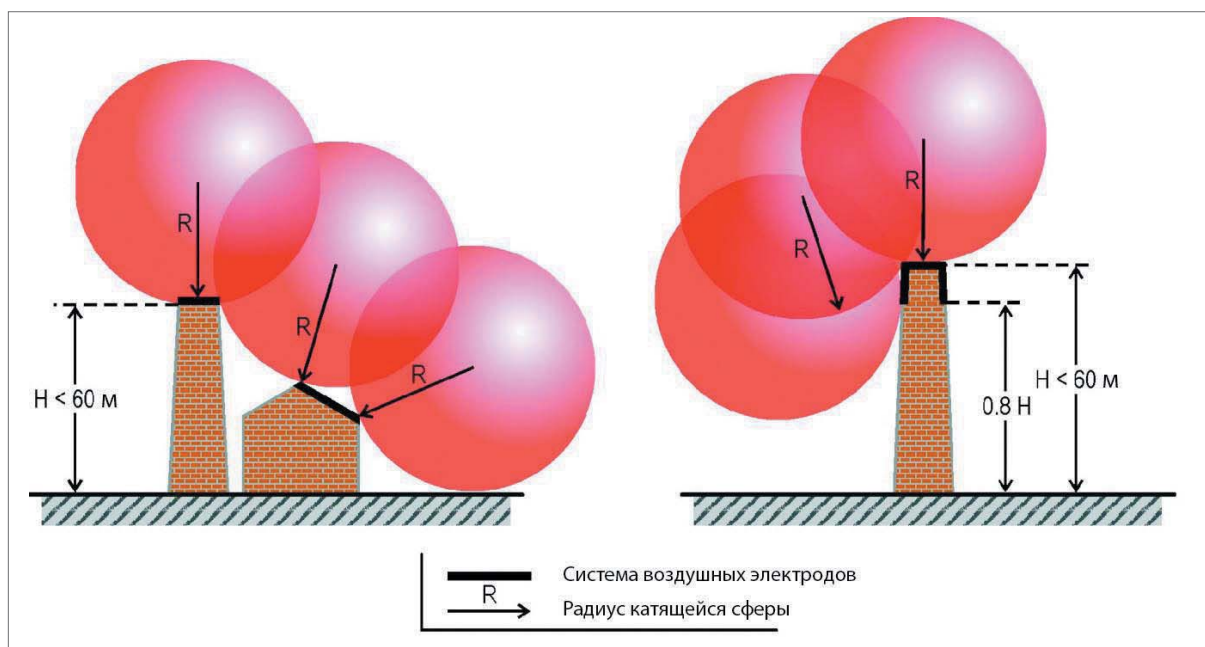


Рис. 33. Метод катящейся сферы (IEC 62305 3; 2010)

В соответствии с типом СГЗ и мерами защиты от ЭМИГР определены зоны грозовой защиты (ЗГЗ).

использоваться УЗИП для непрямого удара (УЗИП 0В/1). Эти две зоны также можно заметить с левой и правой стороны строения ниже катящихся сфер. В случае удара S2 используются УЗИП для прямого попадания молнии даже при том, что они находятся в зоне 0В/1. Причина заключается в том, что удар S2 может попасть в подземный кабель за пределами строения и ток молнии может пройти через кабель в строение.

Внутри строения находится зона 1, в которой невозможно прямое попадание молнии, возможно наличие ограниченных токов молнии или индуцированных токов и ослабленного магнитного поля. Кроме того, имеется зона 2 или дополнительные зоны, обладающие следующими свойствами: отсутствие прямых попаданий, наличие только индуцированного тока, ослабленное магнитное поле. Между зонами 1/2 устанавливаются соответствующие УЗИП для не прямых ударов.

Объемы защиты внутри зон ЗГЗ 1 и ЗГЗ 2 должны учитывать расстояния ds (рис. 34) для защиты от слишком сильного магнитного поля (например, оборудование устанавливается в помещении на расстоянии от клетки Фарадея не меньше ds).

Задачей внутренней СГЗ является предотвращение опасного искрения в строении, и поэтому важно использовать, либо уравнильное соединение, либо пространственный разнос S (и, таким образом, электрическую изоляцию) между компонентами СГЗ и другими внутренними токопроводящими элементами строения.

4.5 Воздействие молний

Существуют различные эффекты воздействия молнии, которые могут иметь катастрофические последствия, если не предотвращать их:

- тепловые:

- o возгорание при отсутствии надлежащей грозозащиты;
- o нагревание системы перехвата молний и токоотводов;

- механические:

- o повреждение строений, оснастки, устройств и т.д. при отсутствии надлежащей грозозащиты и системы защиты от импульсного перенапряжения;
- o деформация элементов грозозащиты (системы перехвата, токоотводов и т.д.);

- электромагнитные:

- o электродинамическая сила (выбрасывание кабелей из кабельных каналов, стен и т.д.), индукция напряжения (пробой изоляции между кабелями и т.д.);

- **электрические:**

- о искрение между металлическими деталями при отсутствии соединения или пространственного разрыва, повышение потенциала заземления и опасность появления напряжения прикосновения (отсутствие выравнивания потенциалов между всеми металлическими деталями, неправильное проектирование и монтаж систем заземления).

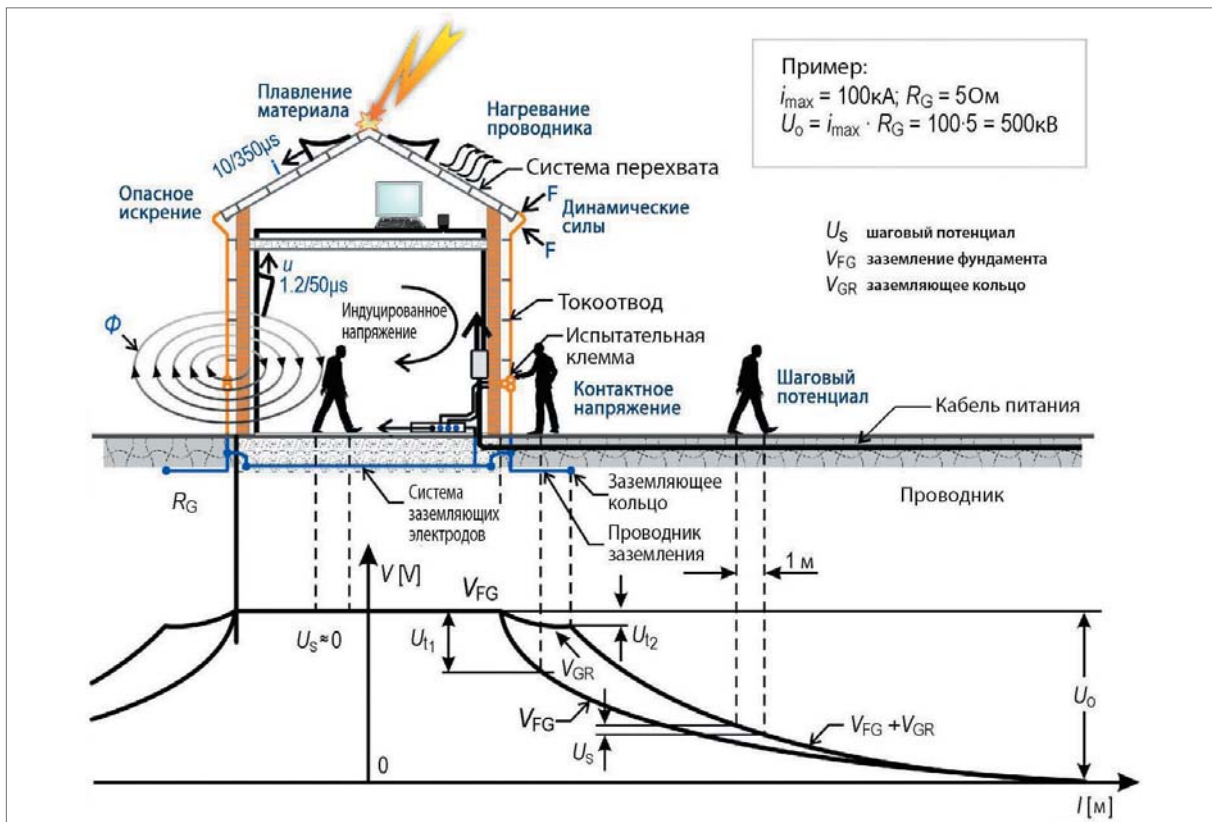


Рис. 35. Эффекты молнии

Ключевым решением, чтобы избежать появления шагового потенциала и напряжения прикосновения, является монтаж надлежащей системы заземления и соединение всех металлических деталей между собой, вначале с локальными электрическими шинами, а затем с главной шиной. В некоторых случаях соединение создается не непосредственно, а с помощью специальных элементов — например, маслопровод с катодной защитой соединяется с электрической шиной посредством газоразрядных ламп или искровых разрядников во избежание возникновения паразитных токов.

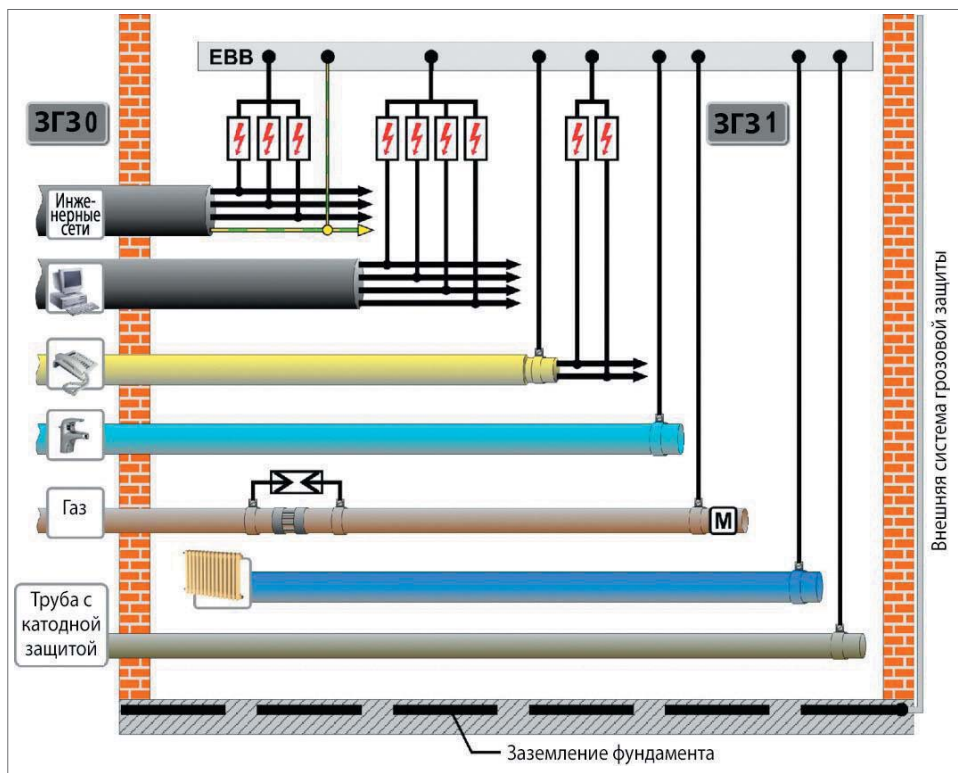


Рис. 36. Принцип выравнивания потенциалов (Blitzschutz, Montage-handbuch, VDB)

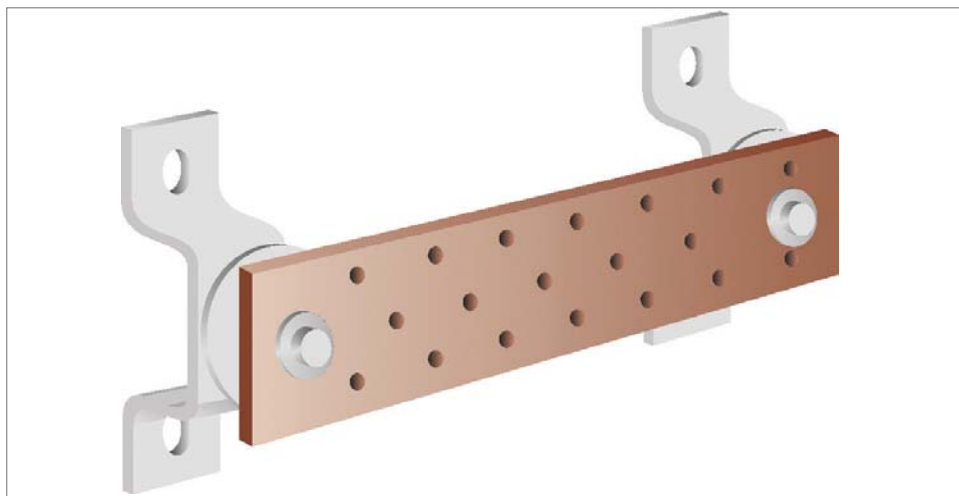


Рис. 37. Электрическая шина заземления

4.6 Заземление

Заземление необходимо для рассеяния энергии удара молнии, ограничения помех, снижения электростатического заряда, а также для обеспечения личной безопасности, срабатывания предохранителей при коротких замыканиях на землю, защиты устройств и т.д.

Основной задачей системы заземления для грозозащиты является как можно более быстрое рассеяние энергии удара молнии. Это необходимо для предотвращения возникновения опасного напряжения. При рассеивании тока молнии (с высокой частотой) в землю при сведении к минимуму любого потенциально опасного напряжения важную роль играет форма и размеры системы заземляющих электродов.

Все различные системы заземления должны соединяться вместе напрямую или через искровые разрядники и газоразрядные лампы в общую систему заземления.

Естественно, чем ниже сопротивление заземления, тем лучшие условия оно обеспечивает. Вообще, во избежание образования значительного перепада напряжения в системе заземления рекомендуется использовать систему заземления низкого сопротивления — по возможности менее 10 Ом при измерении на низкой частоте (IEC 62305-3; 2010). На рис. 38 показаны условия работы УЗИП в момент удара молнии.

С точки зрения грозовой защиты предпочтительнее использовать одну интегрированную систему заземляющих электродов, подходящую для всех целей (грозозащита, системы питания и связи).



Рис. 38. Условия работы УЗИП

Пример: индуктивность кабеля сса 1 мкГн/м, ток молнии 10000 А, сопротивление заземления 10 Ом.

$$U_{\text{устройства}} = L \frac{di}{dt} + U_p + i R_e = 4 \times 10000 \text{ A/8 мкс} + 1,2 \text{ кВ} + 10000 \text{ A} \times 10 \text{ Ом} = 5000 + 1200 \text{ В} + 100000 = 6200 + 100000 = 106200 \text{ В}$$

Если сопротивление изоляции составит 1 Ом, на устройство будет воздействовать напряжение лишь 10620 В.

Требования по сопротивлению заземления для УЗИП регулируются различными государственными нормативами разных стран. В Словении это значение составляет 5 Ом.

Пример правильной организации системы заземления и выравнивания потенциалов показан на рис. 39.

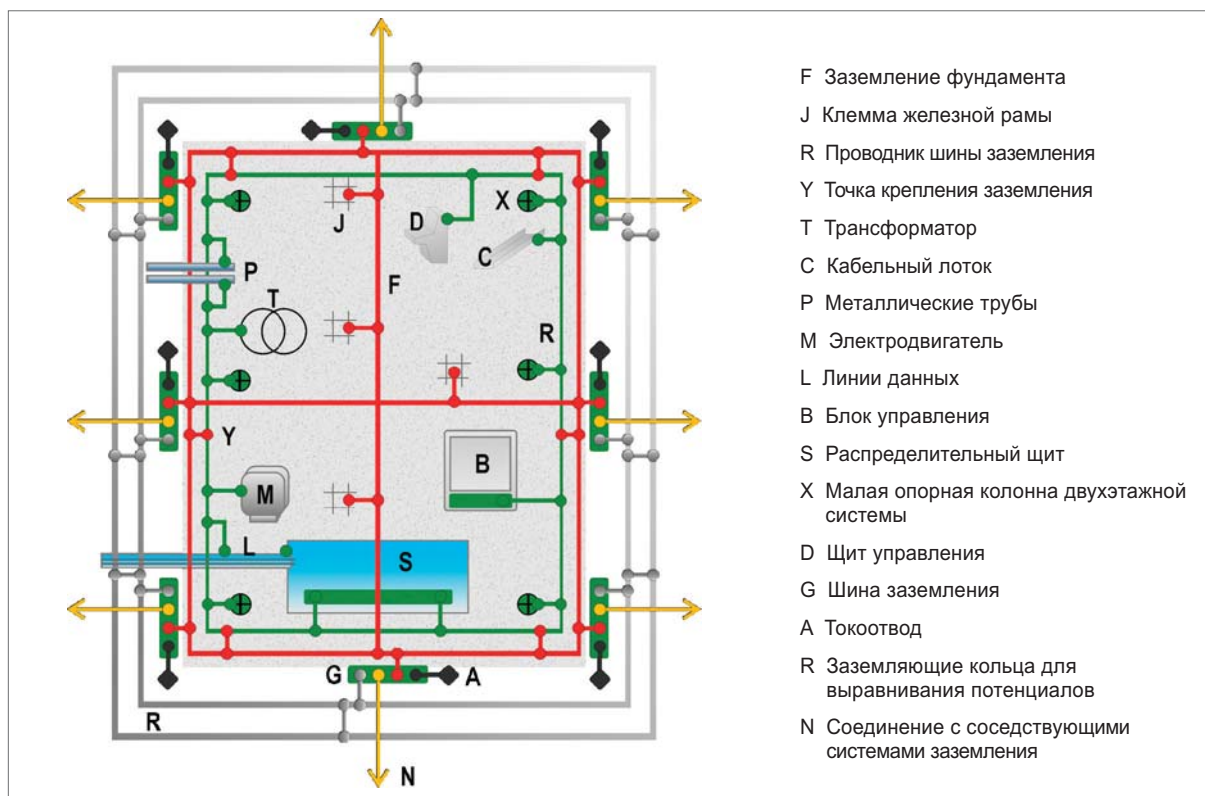


Рис. 39. Правильно спроектированная система заземления и выравнивания потенциалов (*Blitzschutz, Montage-handbuch, VBD*)

Трансформатор, кабельные лотки, металлические трубы, электродвигатель, экран линий данных, шкаф управления, распределительный щит, опорная колонна двухэтажной системы и щит управления соединяются с проводником шины заземления, подключенным в точке крепления с заземлением фундамента. Соединения металлической рамы также подключены к заземлению фундамента. Шины заземления крепятся к заземлению фундамента и заземляющим кольцам для выравнивания потенциалов. Токоотводы соединяются с шинами заземления. Вся система соединяется с системами заземления соседних строений.

5. Устройства защиты от импульсного перенапряжения

Основной задачей устройств защиты от импульсного перенапряжения (УЗИП) в низковольтных линиях электропитания является подавление переходных импульсов перенапряжения, протекающих по линиям к чувствительным электронным устройствам, подключенным к электросети. Импульсы перенапряжения появляются между фазовыми проводами и землей, либо между различными фазовыми проводами. В обоих случаях существует риск пробоя диэлектрика, что может привести к повреждению оборудования. Во избежание повреждения оборудования необходимо использовать устройства защиты от импульсного перенапряжения. Уязвимость оборудования зависит от чувствительности используемых электронных компонентов, определяющей уровень необходимой защиты системы от перенапряжения. Устройства защиты от импульсного перенапряжения состоят из базовых электрических элементов, таких как резисторы, катушки индуктивности, конденсаторы и элементов защиты от перенапряжения, являющихся основными деталями устройства. Характеристики базовых электрических компонентов хорошо известны, а их описание можно найти в любом учебнике по основным электрическим цепям. Элементы защиты от перенапряжения тесно взаимосвязаны с устройствами защиты от перенапряжения, поскольку их характеристики напрямую определяют характеристики устройств защиты. Любое устройство защиты от импульсного перенапряжения содержит, по крайней мере, один нелинейный элемент; обычно устройства защиты от импульсного перенапряжения, имеющиеся в продаже, содержат не менее двух нелинейных компонентов. Кроме того, они могут содержать другие компоненты, такие как предохранители, размыкатели, индикаторы, катушки индуктивности, конденсаторы и другие детали. Для упрощения проектирования и монтажа систем защиты от импульсного перенапряжения УЗИП классифицируются по группам в соответствии с общими и электрическими параметрами. После вводного описания принципов импульсной защиты и нелинейных элементов, используемых в низковольтных системах электропитания, приводится классификация УЗИП и их электрических характеристик.

5.1 Элементы защиты от импульсного перенапряжения

Электрические, электронные, коммуникационные и информационные устройства должны работать непрерывно. Это требование можно выполнить, используя два различных подхода. Первым возможным решением является изоляция защищаемого устройства от линии электропитания во время переходных импульсов (рис. 40), а вторым решением является перенаправление импульса перенапряжения перед устройством через небольшое шунтирующее сопротивление (рис. 41).



Рис. 40. Включение элемента защиты от перенапряжения последовательно с линией



Рис. 41. Включение элемента защиты от перенапряжения параллельно с защищаемым оборудованием

Эти два решения требуют использования элементов с различными электрическими характеристиками в нормальных условиях и во время импульса перенапряжения. В первом случае защитный компонент включается последовательно с линией электропитания и должен обладать как можно меньшим сопротивлением при нормальной работе и как можно большим сопротивлением во время импульса перенапряжения (плавкие или автоматические предохранители). Эти элементы могут использоваться для защиты от перегрузки по току, но их время реакции является главным ограничивающим фактором для защиты от перенапряжения. Этот метод защиты от перенапряжения эквивалентен отключению оборудования от всех линий питания во время прогнозируемой грозы или предварительно заявленных переключений в сети электропитания.

Во втором случае защитное оборудование включается параллельно с защищаемым оборудованием и должно иметь большое сопротивление в нормальных условиях и малое сопротивление во время импульса перенапряжения, обеспечивая проведение импульса перенапряжения на землю. Второе решение главным образом используется для импульсной защиты вследствие наличия соответствующих элементов, обеспечивающих надлежащую защиту.

5.1.1 Классификация элементов защиты от перенапряжения

Следуя общей классификации, элементы защиты от перенапряжения из второй группы можно разделить на:

- элементы коммутации напряжения и;
- элементы ограничения напряжения.

Элементы коммутации напряжения работают посредством переключения из состояния высокого сопротивления в состояние низкого сопротивления при определенном пороговом уровне напряжения (напряжении пробоя), создавая цепь короткого замыкания. Напряжение пробоя должно превышать максимальное рабочее напряжение системы. По этому принципу работают искровые разрядники, газоразрядные лампы (ГРЛ) и структуры PNPN (тиристоры, лавинные диоды, симисторы). Вольтамперные характеристики некоторых идеальных элементов и ГРЛ приведены на рис. 42.

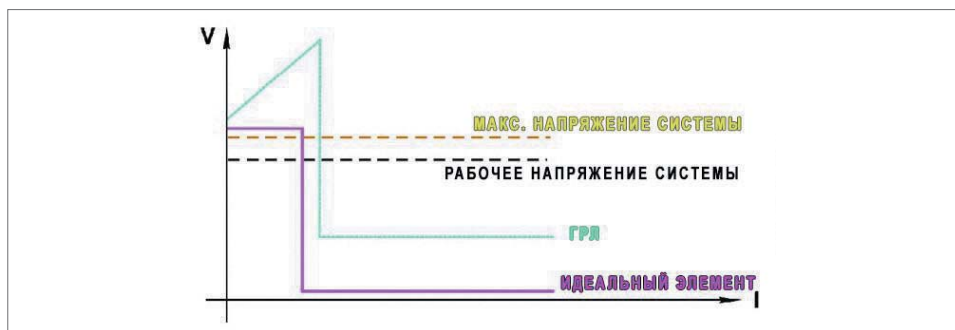


Рис. 42. ВАХ элементов коммутации напряжения

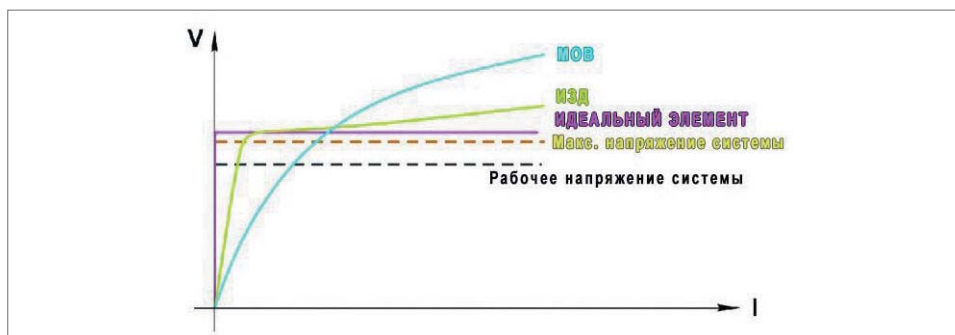


Рис. 43. ВАХ некоторых элементов ограничения напряжения

Элементы второй подгруппы ограничивают напряжение переходного импульса до заданного уровня. Это напряжение должно быть немного выше максимального рабочего напряжения низковольтной системы. Вольтамперные характеристики идеального элемента, импульсного заграждающего диода и металлооксидного варистора (МОВ) приведены на рис. 43.

5.1.2 Элементы защиты от перенапряжения — Основные характеристики

Идеальные характеристики элементов защиты от импульсного перенапряжения, указанные выше, не могут быть достигнуты при производстве настоящих компонентов. Реальные характеристики используемых компонентов играют очень важную роль в проектировании устройств защиты от перенапряжения. Такие элементы главным образом описываются их нелинейными вольтамперными конечными характеристиками. Базовые компоненты защиты от перенапряжения классифицируются согласно условиям, описанным в предыдущем разделе. Устройства защиты от импульсного перенапряжения, используемые в низковольтных системах электропитания, главным образом основаны на элементах, способных выдерживать высокие уровни энергии. Используемые материалы элемента определяют его способность к поглощению энергии. К элементам с высокой способностью к поглощению энергии относятся искровые разрядники, ГРЛ и МОВ. Описание элементов защиты от перенапряжения, используемых в низковольтных системах электропитания, в данном разделе ограничивается ранее упомянутыми элементами. Такие элементы обладают относительно большим временем реакции. Однако медленная реакция может быть компенсирована полупроводниковыми защитными элементами. Компоненты малой мощности, основанные на полупроводниковых материалах, такие как диоды, транзисторы и тиристоры, обладают малой способностью к поглощению энергии, но очень быстрой реакцией. Они могут поглощать энергию импульса до того момента, когда сработает основной элемент, что объясняет главную причину использования таких компонентов. Компоненты малой мощности преимущественно устанавливаются в последнем каскаде системы защиты от перенапряжения (рис. 44).

Компонент		Высокая энергия Высокий ток	Низкая Напряжение пробоя	Отсутствие последующего тока
Воздушные разрядники и газоразрядные лампы		✓✓	✗	✗✗✗
Металлооксидный варистор		✓	✓	✓
Воздушные разрядники и		✗✗	✓✓	✓

Таблица 6. Характеристики элементов УЗИП

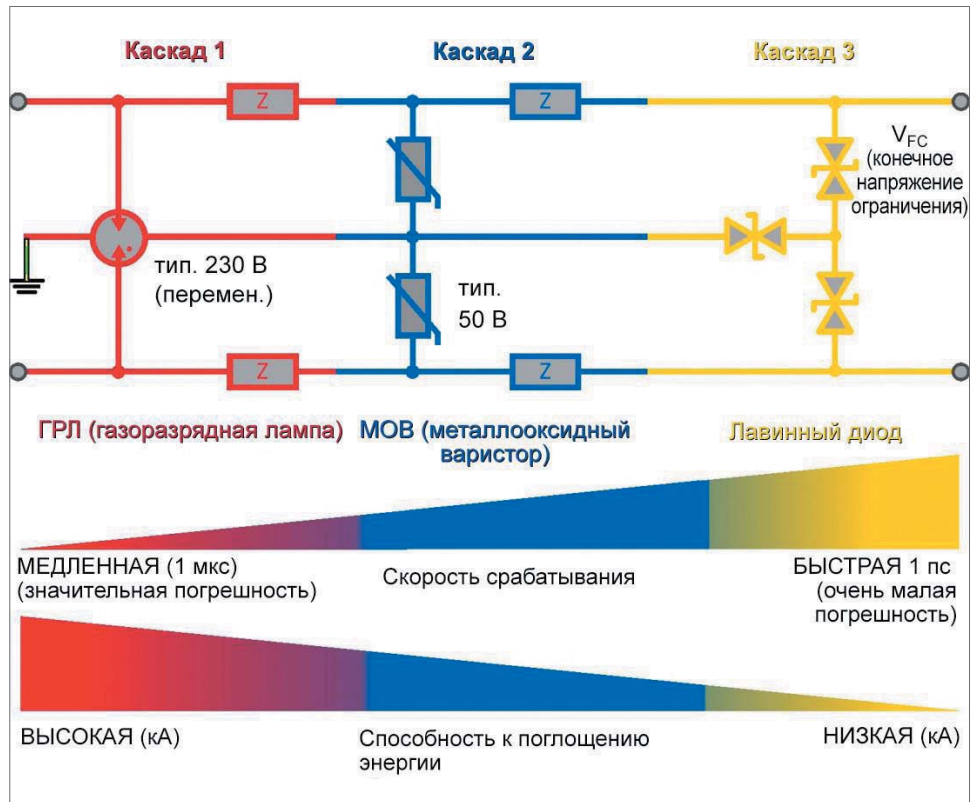


Рис. 44. Энергетические и временные характеристики

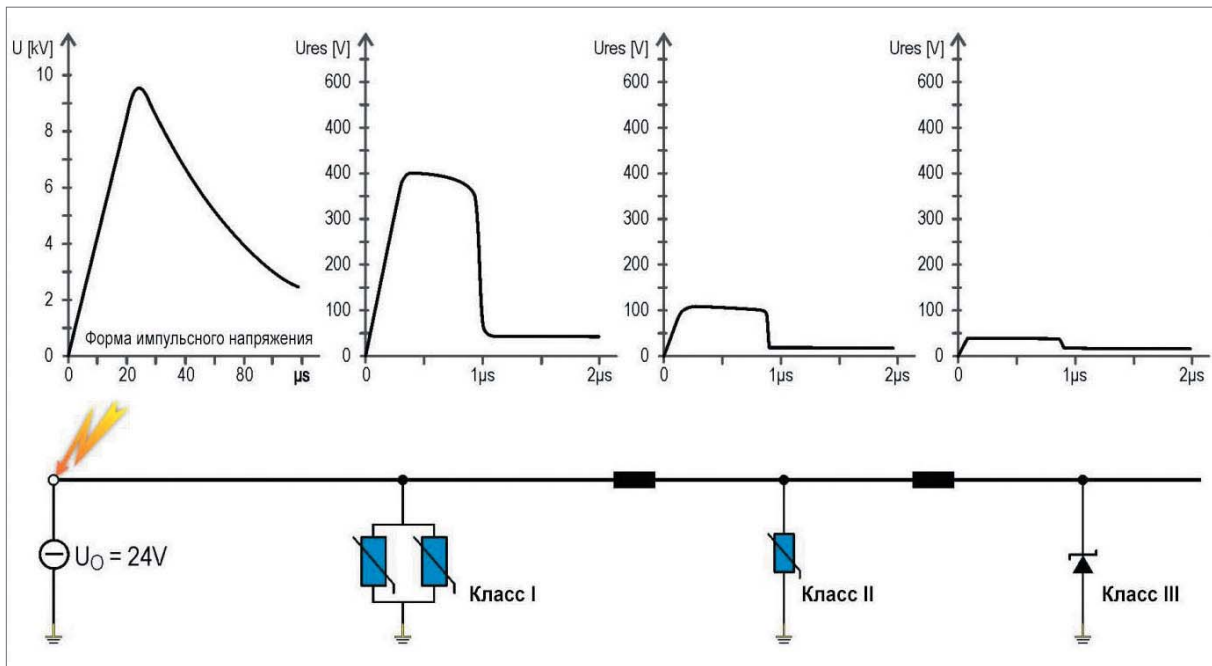


Рис. 45. Последовательность отдельных компонентов повышает скорость реакции на выходе.

Напряжение помехи со скоростью нарастания 1 кВ/мкс и пиковой амплитудой 10 кВ на выходе первого каскада ограничивается МОВ примерно до 400 В . Второй каскад, отделенный от первого посредством индуктивности, подавляет это напряжение примерно до 100 В . Этот импульс напряжения затем снижается примерно до 35 В (при напряжении сети $U_0 24 \text{ В}$) посредством заграждающего диода (рис. 45). Следовательно, последующие электронные компоненты подвергаются воздействию импульса напряжения с амплитудой примерно $1,5 \times U_0$.

5.1.2.1 Компоненты коммутации напряжения

Искровой разрядник

Искровой разрядник исторически был первым элементом, используемым в цепях защиты от перенапряжения. Этот компонент состоит из двух электродов с воздушным зазором между ними. Расстояние между электродами определяет напряжение пробоя. Когда напряжение между электродами превышает напряжение пробоя воздушного зазора, между электродами возникает «проводящий канал» (ионизированный воздух) и через пространство между электродами начинает протекать ток. Этот ток инициирует интенсивную тепловую ионизацию, сопротивление воздушного зазора падает и ток нарастает очень быстро. Главной проблемой при использовании воздушного разрядника является гашение электрической дуги в цепях источника питания после исчезновения тока импульсного перенапряжения.

Газоразрядная лампа

ГРЛ обычно состоит из двух или трех электродов в стеклянной или керамической трубке, заполненной инертным газом (неоном или аргоном) — рис. 46. Электроды расположены напротив друг друга на небольшом расстоянии. При использовании трех электродов средний электрод находится между двумя другими, расположенными на концах трубки. Средний электрод имеет небольшое отверстие, обеспечивающее прохождение тока между двумя крайними электродами. Существующие в продаже ГРЛ представляют собой керамические трубки с металлическими выводами.

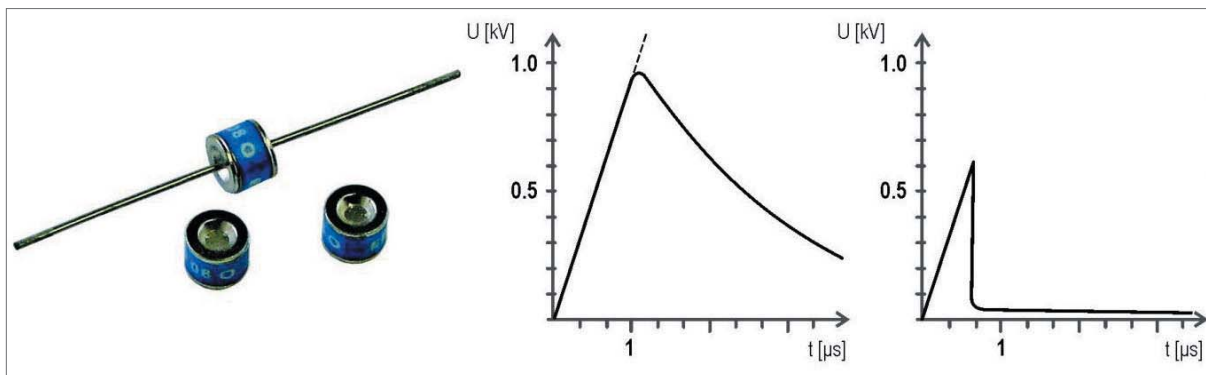


Рис. 46. Форма нарастания напряжения 1 кВ/мкс без компонента коммутации напряжения и с компонентом коммутации напряжения, обладающим импульсной характеристикой (пиковая амплитуда 1 кВ ограничивается примерно до $600\text{--}700 \text{ В}$)

Типовая ВАХ газоразрядной лампы показана на рис. 42. Проблема при использовании ГРП заключается в возникновении электрической дуги и последующего тока в сети электропитания (ток с частотой питающей электросети продолжает протекать после исчезновения импульсного перенапряжения). Использование MOV последовательно с ГРП дает определенные преимущества.



Рис. 47. Пример самогасящегося искрового разрядника

5.1.2.2 Компоненты ограничения напряжения

Металлооксидный варистор

При очень низком напряжении MOV обладает способностью индикации блокировки проводимости. Когда на выводы MOV поступает более высокое напряжение, сопротивление MOV падает очень незначительно (рис. 50). Поэтому MOV классифицируется, как резистор, обладающий значительной нелинейностью. Электрические свойства, описываемые в этом разделе, определяются физическими размерами (толщиной, площадью и объемом) варистора. Статическая симметричная вольтамперная характеристика (рис. 48) может быть смоделирована в трех областях. В первой области, известной как область утечки, при малых значениях силы тока ВАХ приблизительно линейна. Варистор ведет себя как разомкнутая цепь, имеющая высокое сопротивление порядка 10^9 Ом. Ток в этой области зависит от температуры — это особенно сильно проявляется при низком напряжении. Ток утечки становится значительным при увеличении температуры. Емкость в этой области остается примерно одинаковой в широком диапазоне напряжения и частоты. Емкость снижается, когда напряжение приближается к номинальному напряжению варистора. Емкость варисторов, существующих в продаже, обычно составляет несколько нанофарад и зависит от диаметра и толщины дисков. При увеличении напряжения варистор начинает проводить ток. Температура оказывает влияние на номинальное напряжение варистора. При очень высоких значениях силы тока ток через варистор начинает стремиться к линейному или омическому закону (область нарастания). В этой области температура не оказывает значительного влияния на ВАХ. Главное преимущество варисторов заключается в соотношении энергия/стоимость. По этой причине варисторы стали существенным компонентом при проектировании устройств защиты от импульсного перенапряжения.

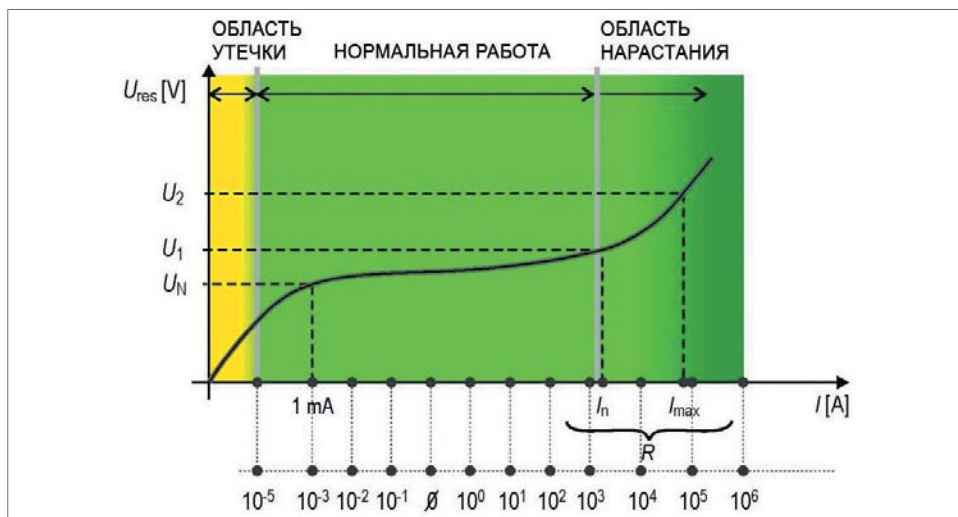


Рис. 48. Типовая ВАХ металлооксидного варистора и три области работы варистора



Рис. 49. Блоки металлооксидных варисторов

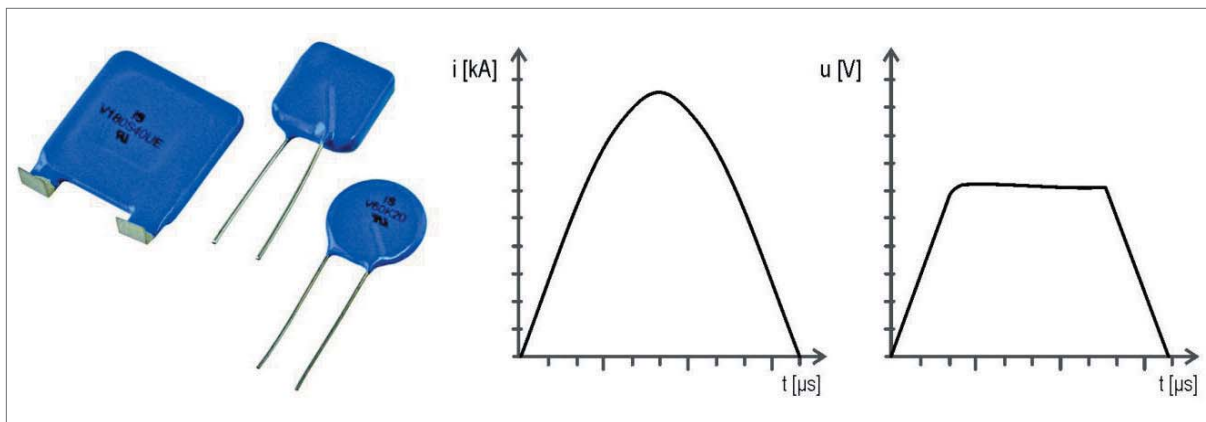


Рис. 50. Характеристика металлооксидного варистора (MOV) при импульсе тока 8/20 мкс

Диод подавления выбросов напряжения (TVS)

Диод подавления выбросов напряжения (рис. 51) может реагировать на импульсы перенапряжения быстрее, чем другие общие компоненты защиты от перенапряжения, такие как варисторы или газоразрядные лампы. Фактически ограничение возникает в течение примерно одной пикосекунды, но на практике индуктивность проводов, идущих к устройству, увеличивает это значение. Это делает диоды подавления выбросов напряжения полезными для защиты от очень быстрых и часто губительных переходных импульсов напряжения. Эти быстрые переходные импульсы перенапряжения присутствуют во всех электросетях и могут быть вызваны либо внутренними, либо внешними событиями, такими как удар молнии или искрение щеток электродвигателя.

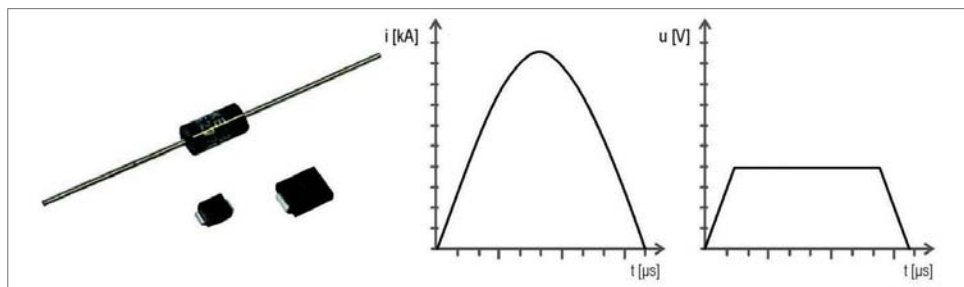


Рис. 51. Характеристика металлооксидного варистора (МОВ) при импульсе тока 8/20 мкс

5.2 Характеристики устройств защиты от импульсного перенапряжения

В процессе выбора УЗИП важно, чтобы выбранное устройство принадлежало к требуемому классу поглощения энергии и обладало определенными электрическими параметрами. Классификация УЗИП осуществляется посредством определения общих характеристик устройства и требуемых условий его установки. С другой стороны электрические параметры описывают свойства УЗИП, необходимые для его установки в заданной системе, и его реакцию на различные импульсы перенапряжения, возникающие в системе.

5.2.1 Классификация УЗИП

Топология конструкции:	Согласно этому критерию УЗИП классифицируются следующим образом: компоненты коммутации напряжения, компоненты ограничения напряжения, а также последовательно или параллельно включенные компоненты обоих типов.
Количество разъемов:	УЗИП с одним разъемом, УЗИП с двумя разъемами.
Класс:	Защита от импульсного перенапряжения в соответствии со стандартами IEC определяется тремя классами (рис. 52):

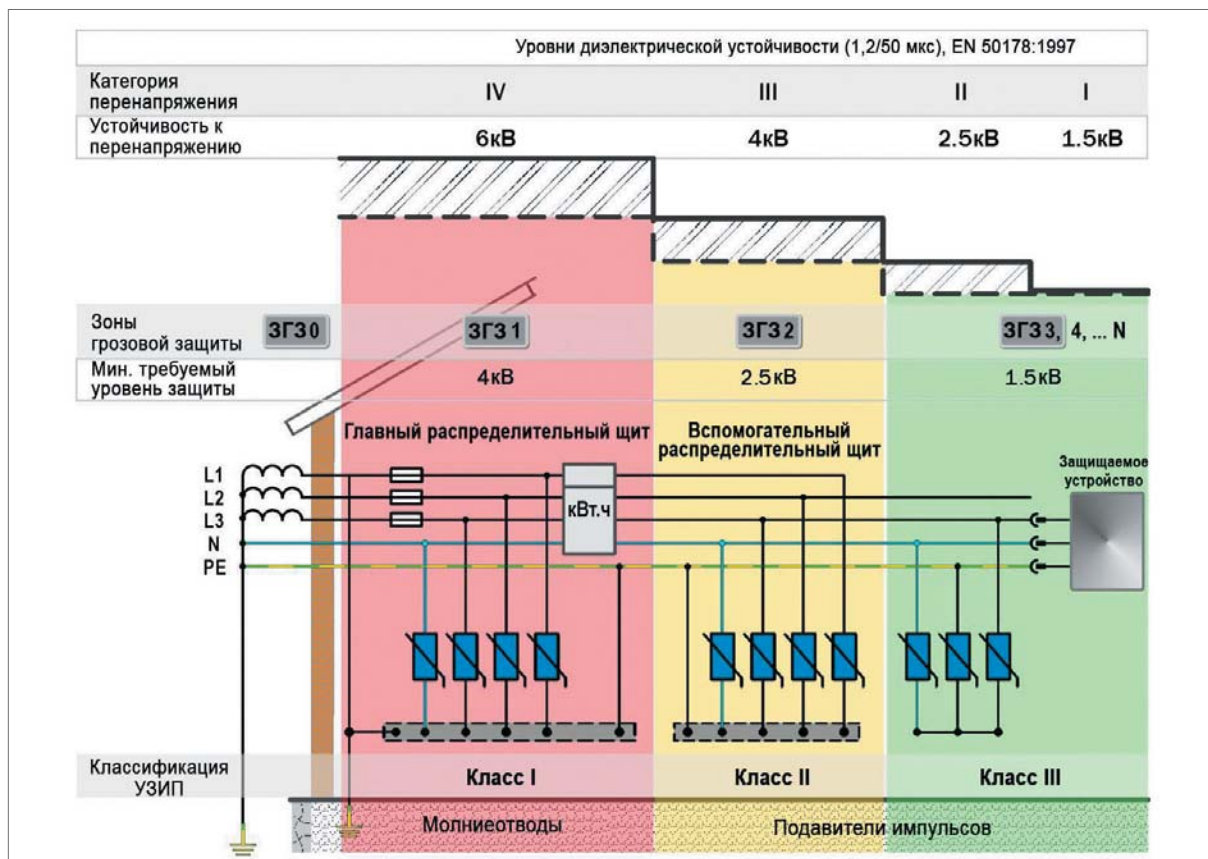


Рис. 52. Защита от импульсного перенапряжения в соответствии со стандартами IEC

Класс I: задача этого каскада заключается в защите от прямого и косвенного попадания молнии, а также компенсация потенциала точки ввода в строение. Для испытания устройств защиты этого класса используется испытательный импульс 10/350 мкс (рис. 53).

Класс II: УЗИП этого класса предназначены для защиты от побочных эффектов ударов молний и подавления остаточных напряжений после устройств защиты класса I. Для испытания устройств защиты класса II используется испытательный импульс 8/20 мкс (рис. 54).

Класс III: Устройства класса III устанавливаются между вспомогательным распределительным щитом и конечными потребителями, а также в розетках электропитания. В корпусах некоторых более чувствительных потребителей устанавливаются свои собственные устройства защиты от импульсного перенапряжения. Задачей устройств класса III является защита от коммутационного перенапряжения и подавление остаточного напряжения после устройств классов I и II. Для процедур испытания используются испытательные импульсы 1,2/50 мкс (рис. 55) и 8/20 мкс.

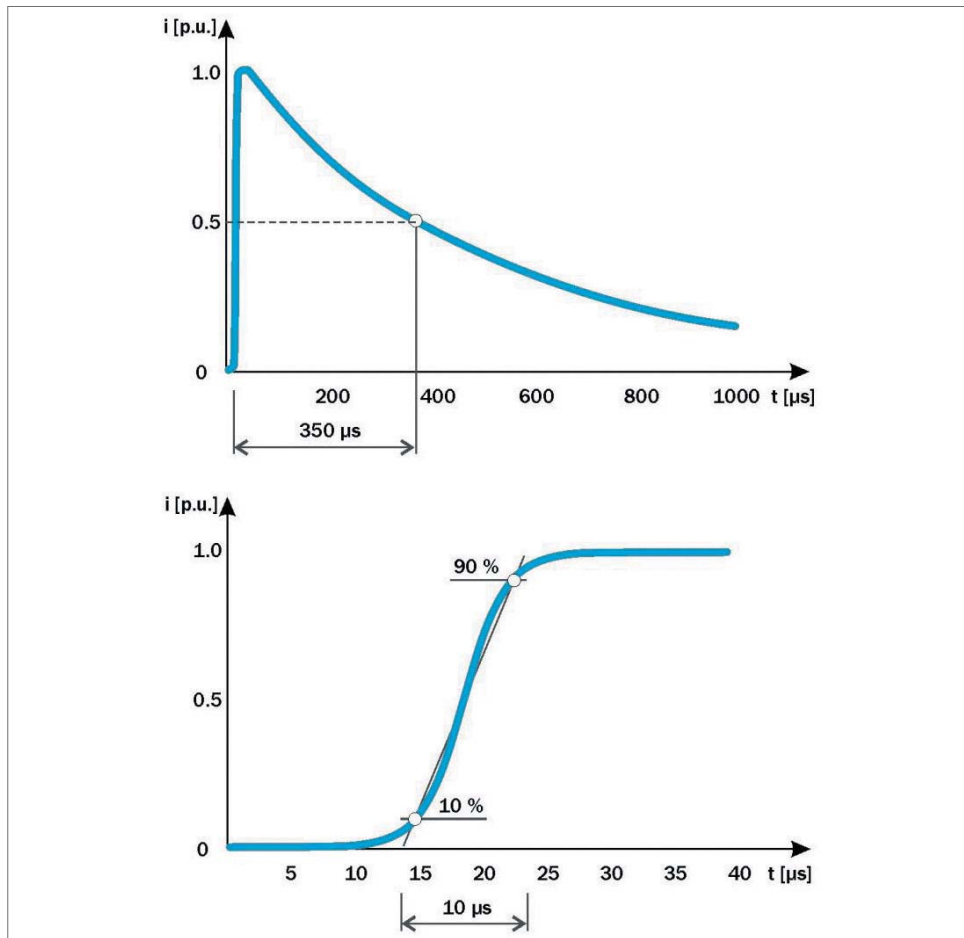


Рис. 53. Стандартная форма импульса тока молнии 10/350 мкс

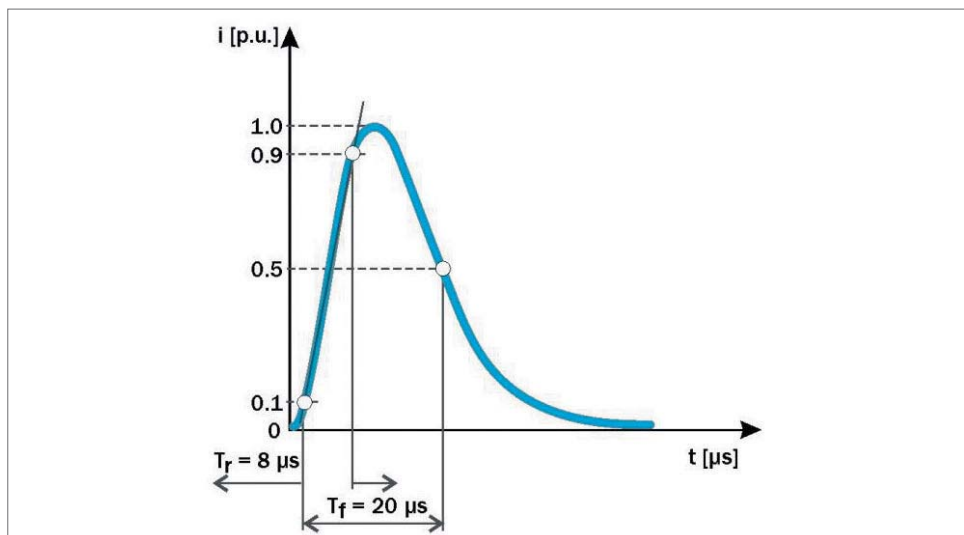


Рис. 54. Стандартная форма импульса перенапряжения 8/20 мкс

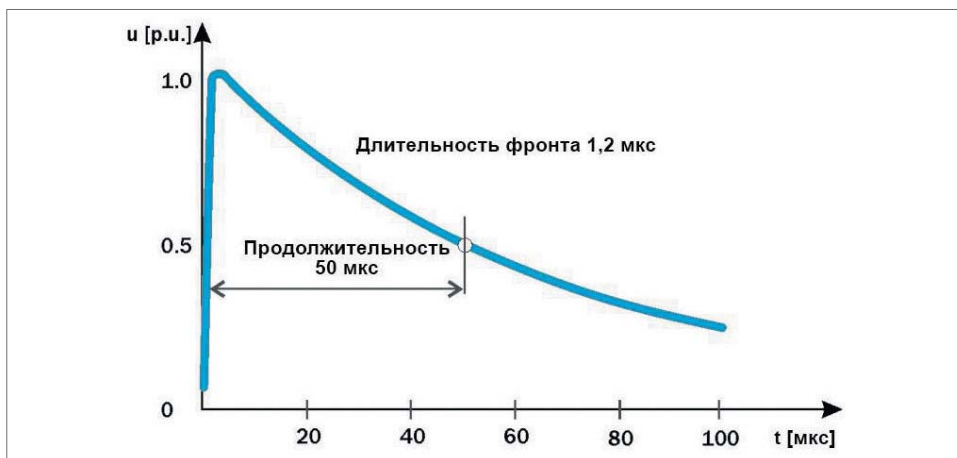
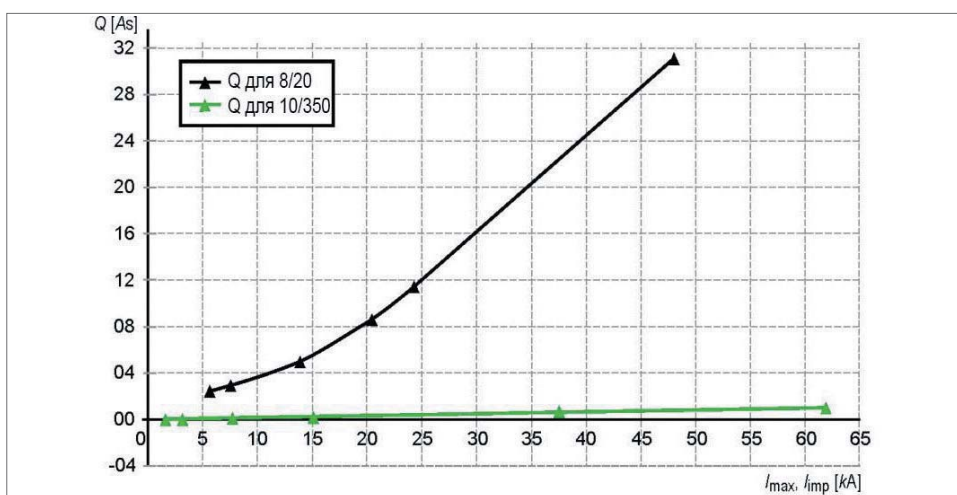


Рис. 55. Стандартная форма импульса напряжения молнии 1,2/50 мкс



Рис. 56. Соотношение между импульсами перенапряжения 8/20 и 10/350

Рис. 57. Соотношение заряда Q между I_{max} (8/20) и I_{imp} (10/350)

Расположение:	в помещениях и на открытом воздухе;
Доступность:	с доступом, без доступа;
Метод монтажа:	постоянный или портативный;
Размыкатель:	расположение (наружный, внутренний, наружный и внутренний, отсутствует); функция (тепловая защита, ток утечки, перегрузка по току — установка устройства токовой защиты реализуется во избежание перегрева и разрушения УЗИП, если УЗИП не обладает возможностью прерывания тока короткого замыкания источника питания).

5.2.2 Электрические параметры УЗИП

Максимальное длительное рабочее напряжение U_C

U_C представляет величину максимального среднеквадратического или постоянного напряжения, которое может длительное время поступать на выводы УЗИП.

Временное перенапряжение U_{TOV}

U_{TOV} представляет величину напряжения источника питания относительно большой длительности, действующее на определенном участке сети. Обычно оно сопоставлено с выполнением коммутации или короткими замыканиями, а также нелинейным поведением. Более подробное описание U_{TOV} содержится в разделе 2.2.

Номинальный ток разряда I_n (только для классов I и II)

Максимальное значение, которое достигает ток, протекающий через УЗИП, когда на УЗИП поступает импульс тока 8/20 мкс. Этот параметр используется для классификации УЗИП для испытаний класса II, а также для предварительной проверки УЗИП перед испытаниями классов I и II (рис. 54).

Ток импульса I_{imp} для испытаний класса I

Используется для классификации УЗИП для испытаний класса I и представляет пиковое значение тока (I_{peak}) и заряда (Q) при испытаниях согласно процедуре проверки в рабочем режиме. Этот ток соответствует более длительным импульсам (10/350 мкс), представленным на рис. 53. Соотношение между импульсами тока 10/350 и 8/20 показано на рис. 56 и 57.

Номинальный ток разряда I_{max} для испытаний класса II

Эта величина тока используется при проверке в рабочем режиме для испытаний класса II. Она сопоставлена с максимальным значением тока разряда, которое очень редко может возникать в цепях, в которых устанавливается УЗИП. I_{max} соответствует испытаниям класса II.

Комбинированный импульс для испытаний класса III

Импульс, характеризуемый заданной амплитудой напряжения (U_{oc}) и формой в условиях обрыва цепи, а также заданной амплитудой тока (I_{cw}) и формой в условиях короткого замыкания (рис. 55).

Уровень защиты по напряжению U_p

Этот параметр характеризует работу УЗИП в режиме ограничения напряжения на его выводах после возникновения импульсного перенапряжения. Уровень защиты по напряжению задается производителем и не может быть превышен:

- измеряемым напряжением ограничения, определяемым для искрового пробоя по переднему фронту импульса (если применимо), и измеряемым напряжением ограничения, определяемым по измерению остаточного напряжения с амплитудой, соответствующей I_n и/или I_{imp} соответственно для испытательных классов II и/или I;
- измеряемым напряжением ограничения при U_{oc} , определяемым для комбинированного импульса при испытаниях класса III.

Величина этого напряжения равна или превышает наибольшее значение измеряемого напряжения ограничения. Это чрезвычайно важный параметр в процедуре выбора УЗИП; меньшее значение уровня U_p обеспечивает лучшую защиту.

Деградация

Деградация представляет изменение исходных характеристик УЗИП после воздействия импульсного перенапряжения.

Режимы отказа

Эти режимы используются для определения совместимости УЗИП с другим оборудованием, определения возможностей применения и выбора устройств, применяемых совместно с УЗИП. Режим отказа зависит от амплитуды количества и формы импульсов тока и напряжения, устойчивости системы электропитания к коротким замыканиям и величины напряжения, применяемого к УЗИП в момент отказа. Существуют два режима отказа УЗИП: короткое замыкание и обрыв цепи. Источник питания защищаемого устройства не будет отключен после срабатывания УЗИП, если размыкатель установлен в шунтирующей цепи последовательно с УЗИП (рис. 58).

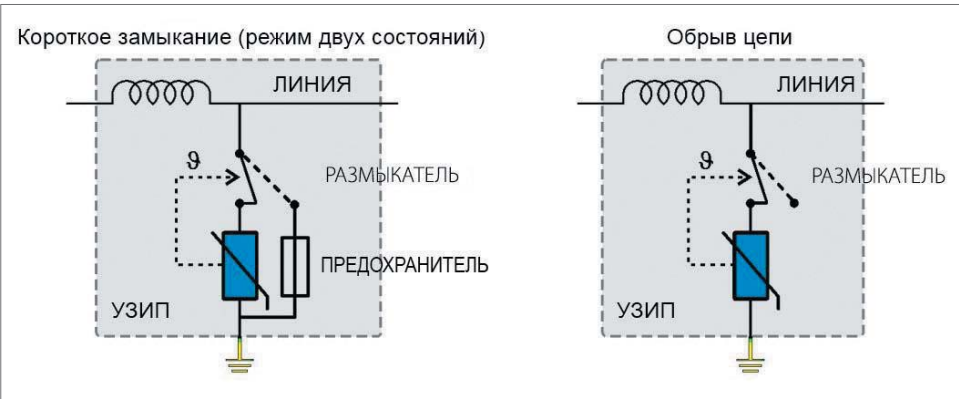


Рис. 58а, б. Режимы отказа УЗИП с металлооксидным варистором

Устойчивость к коротким замыканиям:

- 1. Максимальный непрерывный ток нагрузки (для УЗИП с двумя разъемами или УЗИП с одним разъемом с отдельными клеммами входа и выхода).
- 2. Падение напряжения (для УЗИП с двумя разъемами или УЗИП с одним разъемом с отдельными клеммами входа и выхода).

5.3 Выбор подходящего номинала резервного предохранителя

Разрядник		предохранитель 10/350 (кА)	ISKRA ZAŠČITE Продукты
Форма импульса 8/20 (кА)	Форма импульса 10/350 (кА)		
13.0	3.0	50	
21.7	5.0	63	
43.3	10.0	125	PROTEC C
56.3	13.0	160	PROTEC B2S
65.0	15.0	200	
86.6	20.0	225	
108.3	25.0	250	PROTEC BS, PROBLOC BS
129.9	30.0	315	
151.6	35.0	315	
173.2	40.0	400	PROTEC BS
200	50.0	500	PROTEC BS

Таблица 7. Выбор резервного предохранителя

Ток срабатывания резервного предохранителя должен быть выбран в зависимости от максимального тока разряда для определенного типа УЗИП. Резервный предохранитель является частью электрической системы во избежание перегрева и/или разрушения в случае, если УЗИП не сможет прервать ток короткого замыкания источника питания. Номинал резервного предохранителя должен быть указан производителем УЗИП, и пользователь не должен изменять его.

5.4 Выбор УЗИП

Процедура выбора и установки УЗИП в низковольтной электrorаспределительной системе внутри строения (жилого здания, промышленной постройки, базовой станции сотовой связи, телевышки и т.д.) определяется параметрами низковольтной системы электропитания, а также характеристиками оборудования, установленного в защищаемом объекте. Такие характеристики определяют параметры УЗИП, их количество и расположение внутри защищаемого строения. Стандарт IEC 61643 определяет общую процедуру установки УЗИП в низковольтных электrorаспределительных системах. Процедура выбора УЗИП, приведенная здесь, соответствует этому стандарту и другим стандартам IEC в данной сфере. Общая диаграмма последовательности выбора и установки УЗИП показана на рис. 59.

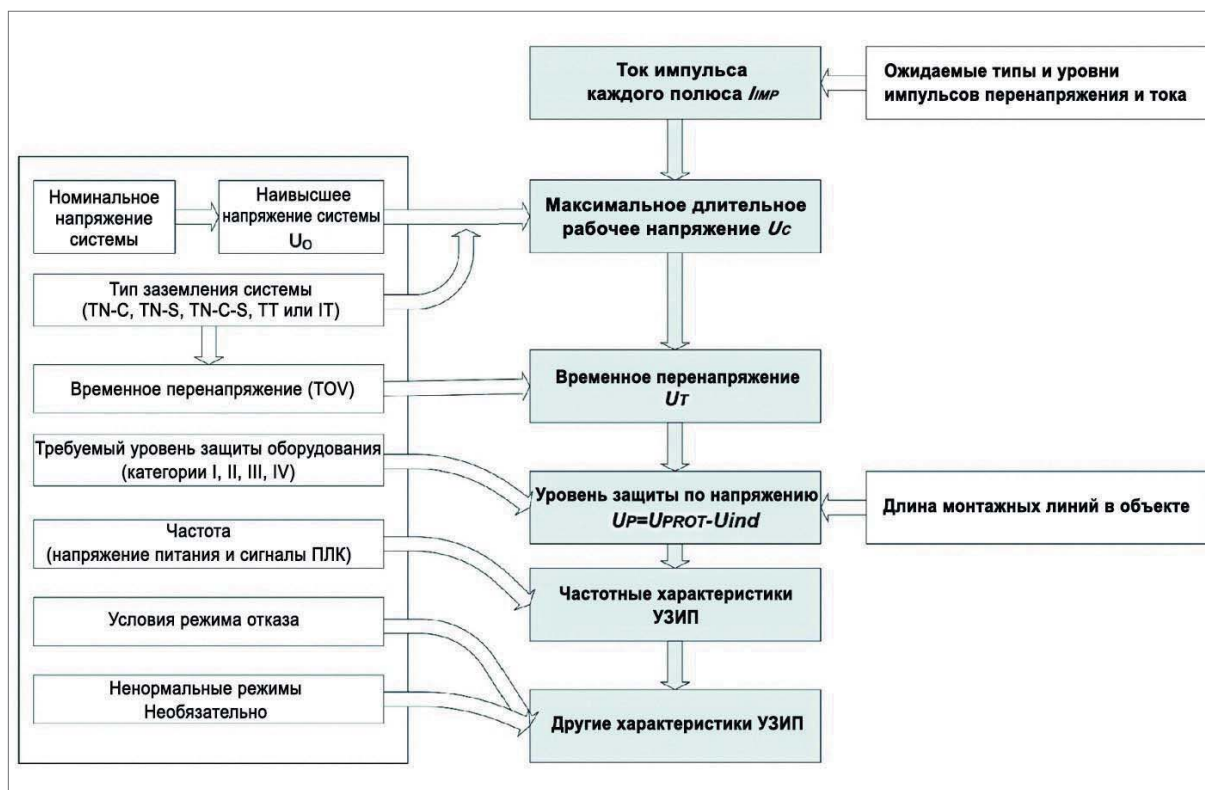


Рис. 59. Диаграмма процедуры выбора УЗИП

Выбор УЗИП осуществляется по следующим этапам:

5.4.1 Ожидаемые типы и уровни импульсов перенапряжения и тока

Основной риск повреждения оборудования, подключенного к линиям электропитания, создают прямые и не прямые удары молний. Поэтому первым этапом при выборе УЗИП является прогнозирование требуемых типов и уровней таких импульсов перенапряжения и тока. Выбранные УЗИП должны выдерживать прогнозируемые уровни напряжения и тока с достаточно высокой надежностью.

УЗИП испытываются, используя стандартные импульсы тока (10/350 мкс и 8/20 мкс) и напряжения 1,2/50 мкс. Амплитуда этих импульсов перенапряжения зависит от класса УЗИП и типовой модели, используемой для защиты.

Линии электропитания у главного электrorаспределительного щита подвергаются частичным прямым разрядам вследствие удара молнии. В этих цепях необходимо использовать УЗИП класса I. УЗИП класса I подходят для импульсов тока 10/350 мкс. Величина импульсов тока в этих цепях зависит от расположения объекта, наличия внешней системы защиты от молний, сопротивления заземления и присутствия вблизи других объектов.

Существует три типовые модели, используемые для определения ожидаемых величин импульсов тока на входе защищаемого строения:

- Модель строения, подверженного воздействию (дом с внешней грозовой защитой, базовые станции сотовой связи, гидротехнические сооружения, телерадиовещательные передатчики и т.д.) (рис. 60). Модель 1 должна использоваться для объектов с установленными внешними системами грозовой защиты.
- Модель двух строений (с равным сопротивлением заземления), расположенных поблизости (рис. 61). Первый объект оборудован внешней системой грозовой защиты, а второй не оборудован.
- Модель двух или нескольких строений (с различным сопротивлением заземления). В таком случае распределение тока зависит от сопротивления заземления определенного объекта.



Рис. 60. Распределение тока в случае попадания молнии в строение с установленной внешней системой грозовой защиты

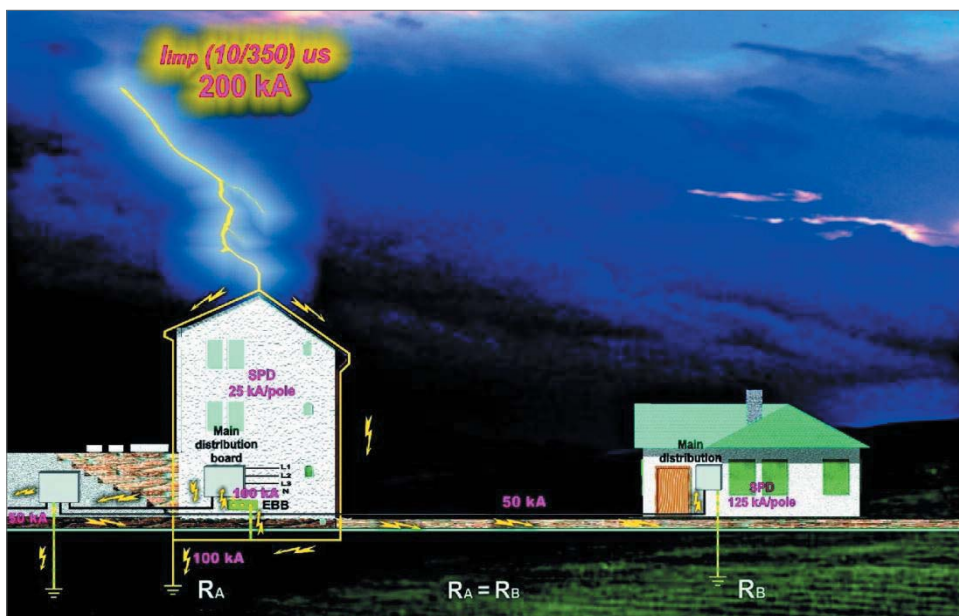


Рис. 61. Распределение тока при наличии объектов поблизости (равное сопротивление заземления)

Необходимо выбрать подходящую модель для собственных задач и определить ток полюсов I_{imp} /полюс (для некоторых систем также ток между нулевым проводом и защитным заземлением). Для трехфазной системы ТТ требуется ток $I_{N-PE} = 4 I_{imp}$ /полюс, а для однофазной системы ТТ $I_{N-PE} = 2 I_{imp}$ /полюс. Требуемые значения приведены в таблице 8.

Режимы защиты	Ток импульса (кА) (импульс 10/350)
I_{imp} /полюс (L-N или N-PE) (12,5 кА/полюс является минимальным требуемым значением согласно стандарту IEC 60364-5-53: 2012-03)	25 кА (см. рис. 60)
Для системы ТТ I_{imp} /полюс (N-PE) (50 кА в трехфазной системе или 25 кА в однофазной системе является минимальным требуемым значением согласно стандарту IEC 60364-5-53: 2012-03)	100 кА в случае L-N = 25 кА/полюс (см. рис. 60)
I_{in} /полюс (L-N или N-PE) (5 кА/полюс является минимальным требуемым значением согласно стандарту IEC 60364-5-53: 2012-03)	5 кА
Для системы ТТ I_{in} /полюс (N-PE) (20 кА в трехфазной системе или 10 кА в однофазной системе является минимальным требуемым значением согласно стандарту IEC 60364-5-53: 2012-03)	20 кА в случае L-N = 5 кА/полюс

Таблица 8. Величины тока

5.4.2 Характеристики низковольтной системы электропитания

Параметры низковольтной электрораспределительной системы, требуемые для определения этого этапа, приведены в таблице 9. Проектировщик системы защиты от импульсного перенапряжения должен вписать эти параметры низковольтной системы питания в таблицу. Эти значения являются отправными параметрами в процессе выбора УЗИП.

Параметр системы	Значение параметра системы
Тип системы заземления (TN-C, TN-S, TN-C-S, TT или IT)	TN-S в большинстве случаев в Европе
Номинальное напряжение системы (230/400) и наивысшее напряжение системы	230/400 В (среднеквадратическое значение)
Частота напряжения питания системы и других высокочастотных сигналов	50 Гц
Временное перенапряжение в низковольтной системе электропитания	441 В (среднеkv.) для всех систем L - N, см. таблицу 1
Требуемые уровни защиты по напряжению для защищаемого оборудования (определяются категориями перенапряжения: I, II, III и IV), см. рис. 52	< 4,0 кВ
Условия режима отказа (определение приоритета: бесперебойное питание или защита), см. рис. 58	Размыкание цепи, бесперебойное питания Параметр системы
Ненормальные условия (условия окружающей среды, некоторые условия в системе)	Температура внеш. среды расширенный диапазон: от -40 до +70°C

Таблица 9.Параметры низковольтной электрораспределительной системы

5.4.3 Определение категории диэлектрической прочности защищаемых устройств

Защищаемые устройства в строениях обладают различными категориями диэлектрической прочности. Величины диэлектрической прочности указываются производителем конкретного оборудования. В таблице 10 приведены стандартизированные величины уровней диэлектрической прочности для различных категорий и мест установки в объекте.

Минимальный требуемый уровень защиты представляет начальное значение в процессе проектирования защиты от перенапряжения. Последующие расчеты

основываются на этом значении. Оно представляет чувствительность защищаемых электроприборов к импульсам перенапряжения. Диэлектрическую прочность большинства чувствительных устройств следует определять согласно таблице 11.

Категория перенапряжения	Диэлектрическая прочность (кВ)	Место установки
IV	6.0	Пункт подключения оборудования
III	4.0	Распределительный щит
II	2.5	Розетка питания
I	1.5	Устройство

Таблица 10: Уровни диэлектрической прочности

Диэлектрическая прочность устройства U_i (кВ), см. рис. 52	2,5 кВ Категория перенапряжения II
--	---------------------------------------

Таблица 11: Диэлектрическая прочность устройства U_i

5.4.4 Определение уровня защиты в месте установки УЗИП

Вообще предпочтительнее устанавливать УЗИП на входе объекта во избежание распределения тока по проводникам, расположенным внутри строения. Этот подход обеспечивает защиту систем электропитания внутри строения. Если уровень защиты УЗИП первого этапа неприемлем или оборудование располагается за пределами защитного расстояния от места установки УЗИП на входе (у главного распределительного щита), на вспомогательном распределительном щите и в розетках питания должны устанавливаться УЗИП второго класса. Напряжение U_{prot} , поступающее на устройство, не должно превышать диэлектрическую прочность:

$$U_{prot} \leq U_i$$

Напряжение U_{PROT} является суммой уровня защиты УЗИП U_p и индуктивного перепада напряжения, возникающего на проводниках, соединяющих УЗИП с защищаемым устройством:

$$U_{prot} = U_p + U_{ind} = U_p + L di/dt \leq U_i$$

Из последнего выражения уровень защиты УЗИП (кВ) определяется как:

$$U_p = U_{prot} - U_{ind} = U_{prot} - L di/dt$$

Распределенная индуктивность типового проводника составляет примерно 1 мкГн/м, что при скорости нарастания тока 1 кА/мкс создает напряжение примерно 1 кВ на погонный метр. Используя последнее выражение, можно определить требуемый уровень защиты УЗИП у ввода в строение.

УЗИП класса I, устанавливаемые у главного распределительного щита, предназначены для защиты оборудования, классифицируемого для установки в категориях III и IV (таблица 12).

**Требуемый уровень защиты
УЗИП U_p (кВ), см. рис. 52**

1,5 кВ
Категория перенапряжения II

Таблица 12. Требуемый уровень защиты УЗИП U_p

Необходимость установки дополнительного УЗИП зависит от фактического уровня защиты выбранного устройства, уровня защиты УЗИП класса I и индуцируемого напряжения U_{ind} в проводнике между УЗИП и защищаемыми электроприборами (рис. 62). Уровень защиты УЗИП с классом I можно узнать по каталогу, а расстояние между УЗИП и защищаемым оборудованием можно найти в проектной документации защищаемого строения. Если условие

$$UPROT = U_p + U_{ind} \leq U_i/2$$

не удовлетворяется, необходимо установить дополнительное УЗИП.

У вспомогательного распределительного щита необходимо установить УЗИП класса II. Такие устройства предназначены для защиты от воздействия индуцируемого напряжения. Установка УЗИП класса III осуществляется, используя такую же процедуру и условия:

$$UPROT(\text{после класса II}) = U_p(\text{класс II}) + U_{ind} \leq U_i/2$$

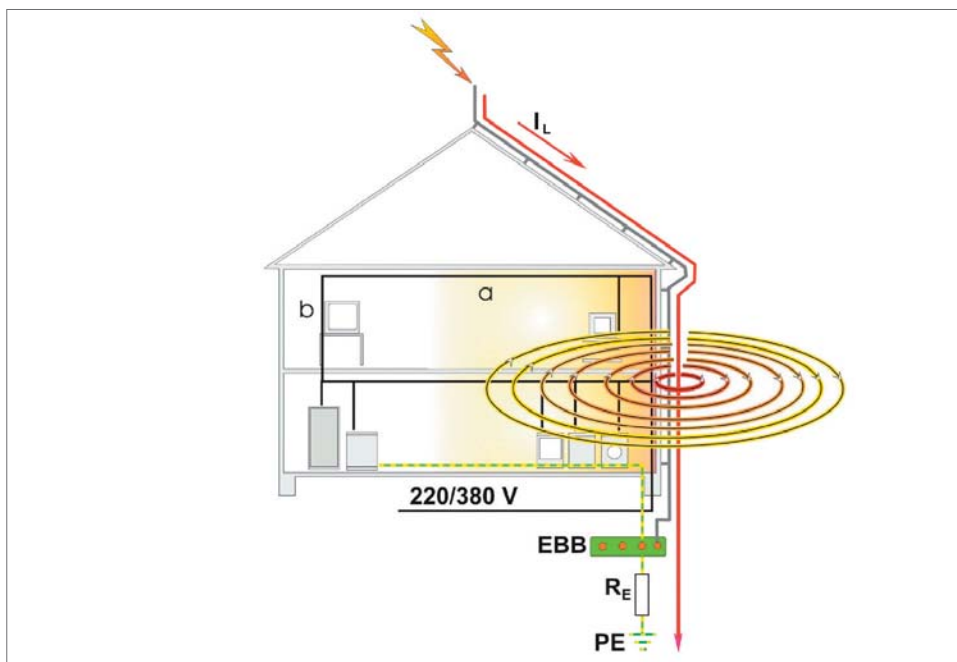


Рис. 62. Индукция напряжения в электрической системе вследствие тока молнии в токоотводе

5.4.5 Выбор УЗИП

Вышеописанные четыре этапа позволяют определить необходимые параметры для выбора УЗИП. На этой стадии полученные параметры используются для правильного выбора УЗИП. Процесс выбора УЗИП осуществляется, используя параметры в таком же порядке, как на этих четырех этапах. Поэтому первым параметром для выбора УЗИП является импульсный ток полюсов и, возможно, ток между нулевым проводом и защитным заземлением системы ТТ.

Другие полученные параметры из таблиц 9 и 10 определяют другие характеристики УЗИП, расположенного у главного электрораспределительного щита. Выбор УЗИП класса II основывается на условии, что номинальный ток разряда каждого полюса I_n больше 5 кА 8/20 мкс, а ток между нулевым проводом и защитным заземлением в случае системы ТТ больше 10 кА 8/20 мкс в однофазной системе, либо 20 кА 8/20 мкс в трехфазной системе. Параметр I_n используется при классификации УЗИП класса II.

5.4.6 Установка УЗИП и анализ их влияния на защиту, обеспечиваемую УЗИП

Установка УЗИП с различными системами заземления описывается в разделе 3.7. УЗИП класса I должны устанавливаться на главном электрораспределительном щите или у других точек ввода в строение. УЗИП класса II главным образом устанавливаются на вспомогательных распределительных щитах, расположенных в отдельных помещениях здания. При необходимости в сетевые розетки устанавливаются УЗИП класса III.

Для обеспечения оптимальной защиты от перенапряжения соединительные провода УЗИП должны быть как можно короче. Значительная длина проводов снижает эффективность защиты УЗИП. На рис. 63 показаны рекомендуемые схемы подключения УЗИП и максимальная длина проводов.

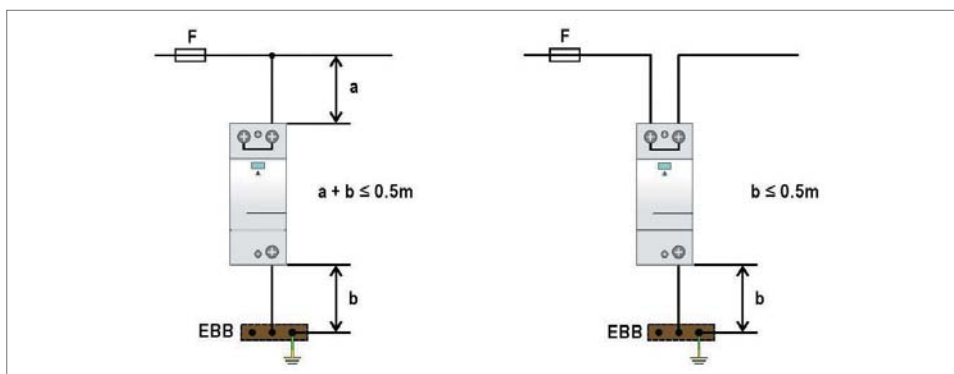


Рис. 63а, б. Пример правильного подключения и максимальная длина соединительных проводов.

Лучше использовать схему б, позволяющую значительно снизить влияние индуктивности. Площадь поперечного сечения провода заземления, используемого для подключения УЗИП, должна быть не меньше 16 мм² для УЗИП класса I и 6 мм² для классов II и III.





6. Применение

6.1 Жилые дома

ОТДЕЛЬНЫЙ ДОМ

На основе диаграмм количества грозовых дней в году и расчетов по грозовой защите было найдено, что для изолированного объекта (без близкорасположенных строений) размером 11 x 11 м, расположенного в среде с высокой среднегодовой плотностью гроз на квадратный километр, требуется уровень защиты I. Предполагается, что строение спроектировано в соответствии со всеми параметрами, относящимися к этому уровню.

Проверка всей системы грозовой защиты выполняется по методу катящейся сферы. Воображаемая сфера катится по поверхности громоотводов, экранирующих проводов, ограждения подстанций и других заземленных объектов, которые могут обеспечивать экранирование от молний. Любой объект/оборудование считается защищенным от прямого попадания молнии, если он остается ниже поверхности сферы. Для уровня грозовой защиты I радиус сферы составляет 20 метров (рис. 31).

Проектирование надлежащей грозовой защиты

На крыше (рис. 31) устанавливается защитная сеть (5 x 5 метров) с дополнительной мачтой воздушного электрода для защиты спутниковой антенны. Мачта воздушного электрода защищает спутниковую антенну по методу определенного неизменного угла (изолированное решение).

Таким образом, антенна расположена в зоне 0B, а остальная часть крыши находится в зоне 0A. Сбоку здания также наблюдается распределение зон 0A и 0B. Учитывая размеры строения, существует четыре пути прохождения разряда.

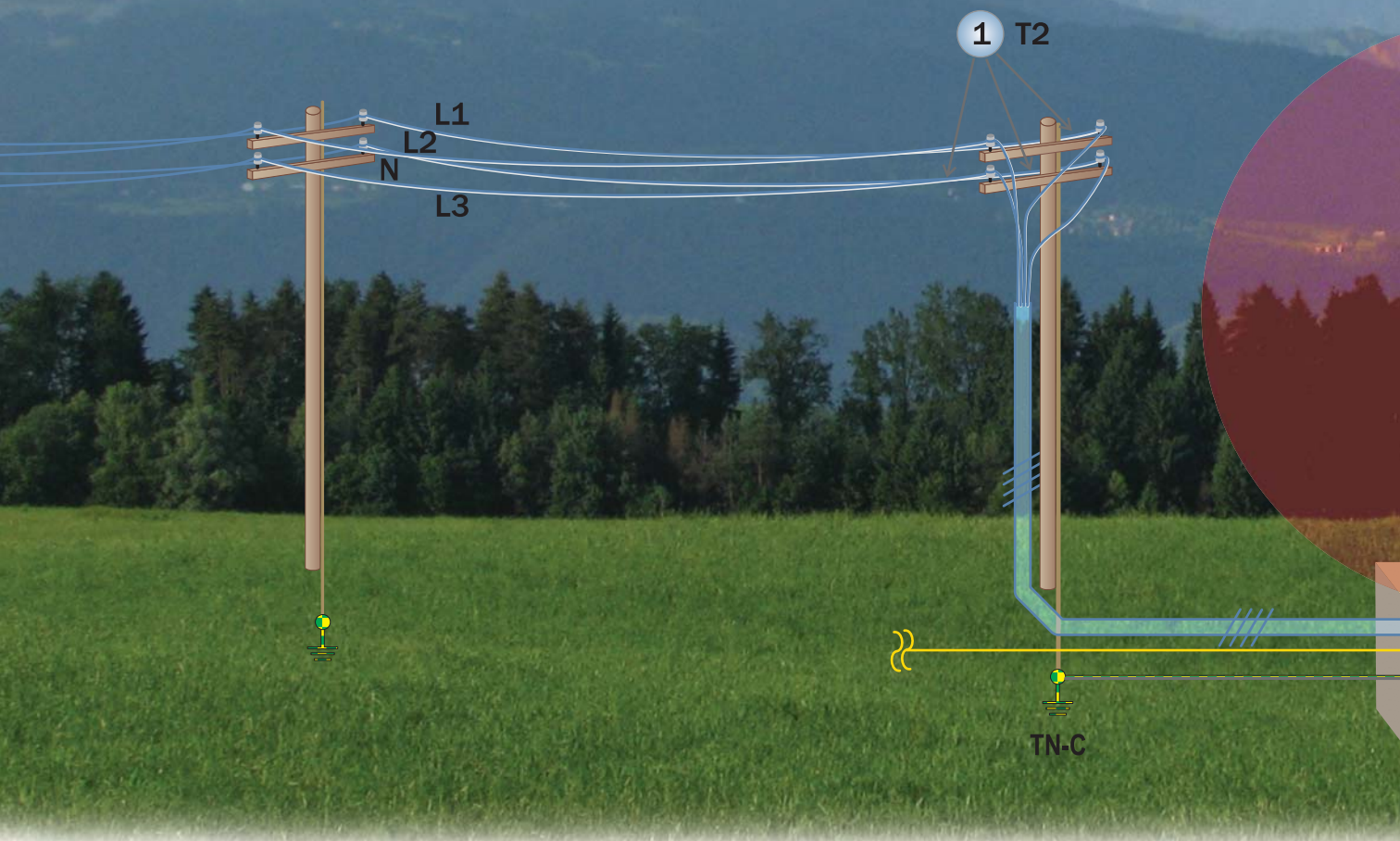
Все металлические детали строения соединены с шиной заземления, подключенной к главному заземлению и заземляющему кольцу, предотвращая опасность образования шагового потенциала и напряжения прикосновения вследствие повышения потенциала заземления в случае удара молнии. Сопротивление заземления постройки меньше 10 Ом, что соответствует рекомендациям

стандарта IEC 62305 - 4. Поскольку ток молнии достигает 200 кА, он распределяется согласно принципу 50-50 % (рис. 60); ток 100 кА проходит в землю, а еще 100 кА проходит через шину заземления в систему. В соответствии с рекомендациями используется УЗИП класса I (3) с прочностью $I_{imp} = 25$ кА (100 кА/4 провода в системе TNS), которое устанавливается в электрораспределительном шкафу дома. Во вспомогательном распределительном шкафу (в доме) установлен искровой разрядник класса II (4). После вспомогательного распределительного щита определена зона ЗГЗ 2.

Подземный кабель каналов связи у входа в здание защищается разделительной шиной и соответствующим устройством защиты (5) для каждой витой пары. Затем кабель связи подходит к компьютеру, защиту которого обеспечивает комбинированное устройство класса III (7) для линий питания и данных xDSL (ЗГЗ 3). На смонтированном кабельном канале, к которому подключены различные потребители, установлена розетка со встроенным защитным устройством класса III (9). Коаксиальный кабель, который проходит в здание от спутниковой антенны и идет к ресиверу, защищается у ввода в здание (8), а также у ресивера (8). Телевизор защищается, как по гнезду антенны, так и по линиям питания, комбинированным устройством защиты класса III (6). Защита входа антенны обеспечивается устройством класса C2 с $I_n = 5$ кА в соответствии со стандартом EN 61643-21.

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ И ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЩИТЫ

Главный распределительный щит расположен перед зданием, т.е. в зоне 0А, и поэтому требует использования разрядников класса I (2) так же, как в сегменте (3). Кроме того, низковольтные воздушные линии защищаются специальными кремниевыми разрядниками, устойчивыми к погодным воздействиям (1), вблизи перехода к подземной кабельной системе. Частота установки защитных устройств зависит от политики компании-поставщика электроэнергии, расчетов, законодательства, финансов и т.д.



1 T2, Класс II

PROTEC AQS 40

$U_c = 275V$
 $I_n = 20kA$
 $I_{max} = 40kA$
 $U_p < 1.4 kV$
 $IP \geq 67$



2 3 T1, Класс I

SAFETEC B(R) 25 (PROTEC B2S(R) 12.5)

$U_c = 275V$
 $I_n = 25kA$
 $I_{max} = 100kA (60kA)$
 $I_{imp} = 25kA (min. 12.5kA)$
 $U_p < 1.3 kV (1.5kA)$
 Устойчив к кратковременному перенапряжению



4 T2, Класс II

SAFETEC C(R) 40

$U_c = 275V$
 $I_n = 20kA$
 $I_{max} = 40kA$
 $U_p < 1.6 kV$

Устойчив к кратковременному перенапряжению



5 C2

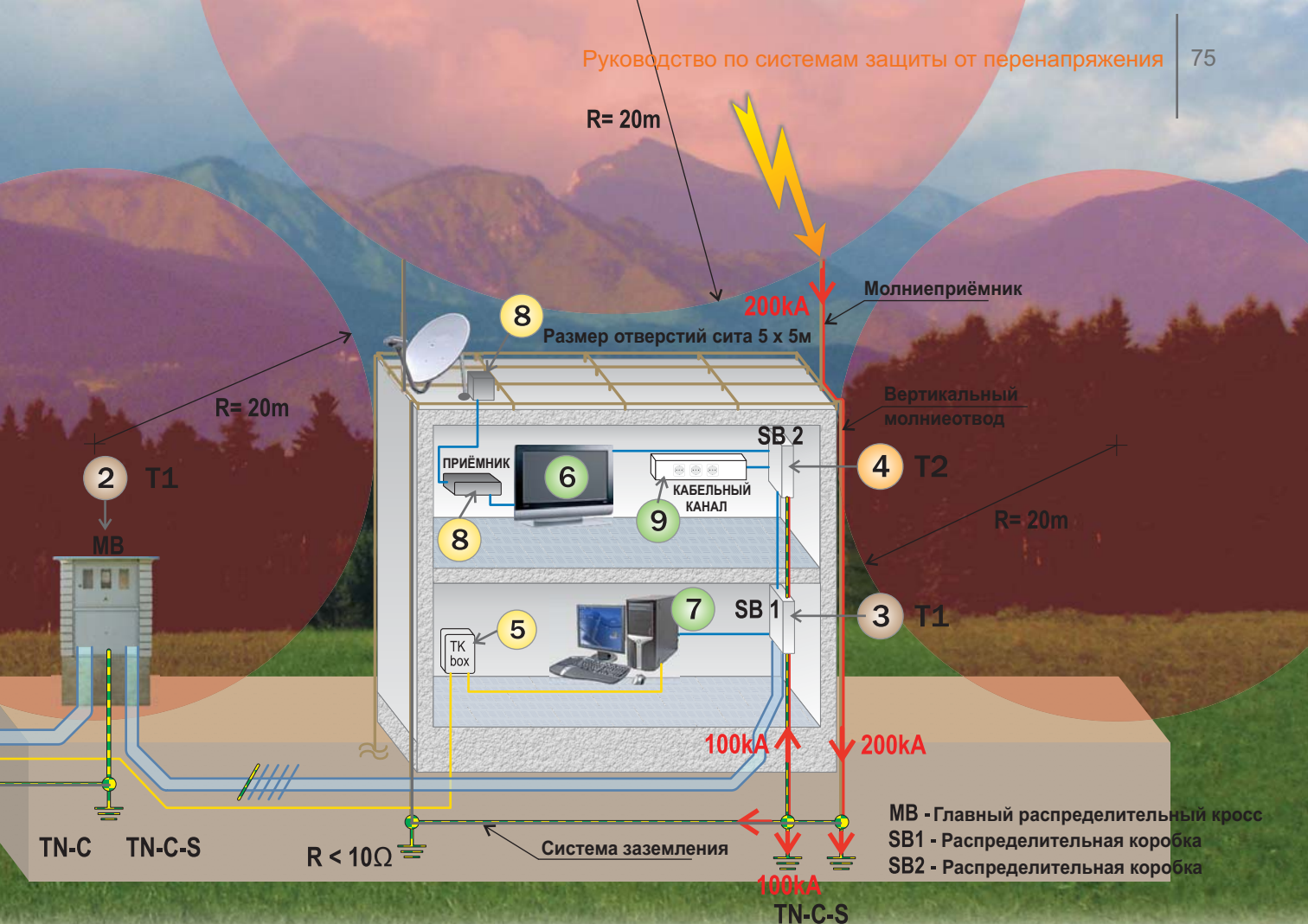
LPA 08 K1 xDSL защиты от перенапряжения

$U_c = 180V$
 $I_n = 5kA$
 $I_{max} = 10kA$
 $U_p < 0.3V$

LL/K плинт + K1 заземляющая шина
 NMI-22-1 монтажная скоба



Рисунок 64: Пример защиты от перенапряжений на один дом



6 T3, Класс III/C2

ZES 1M+5S

Питание $U_c = 250V$
 $U_{oc} = 3.0kV$
 $U_p < 1.0 kV$

Данные $U_c = 50V$
 $I_n = 5kA$
 $U_p < 0.7kV$



7 T3, Класс III/C2

ZE 200 xDSL

Питание $U_c = 275V$
 $I_n = 16A$
 $U_{oc}/I_{sc} = 6kV/3kA$
 $U_p < 1.5kV$

Данные $U_c = 175VDC$
 $I_n = 2.5kA$
 $U_p < 0.3kV$



8 C2

ССР-F коаксиальные защиты

Питание $U_c = 180V$
 $I_n = 10kA$
 $I_{max} = 20kA$
 $U_p < 0.7kV$



9 T3, Класс III

MPE - Mini

Питание $U_c = 275V$
 $U_{oc}/I_{sc} = 6kV/3kA$
 $U_p < 0.8kV$



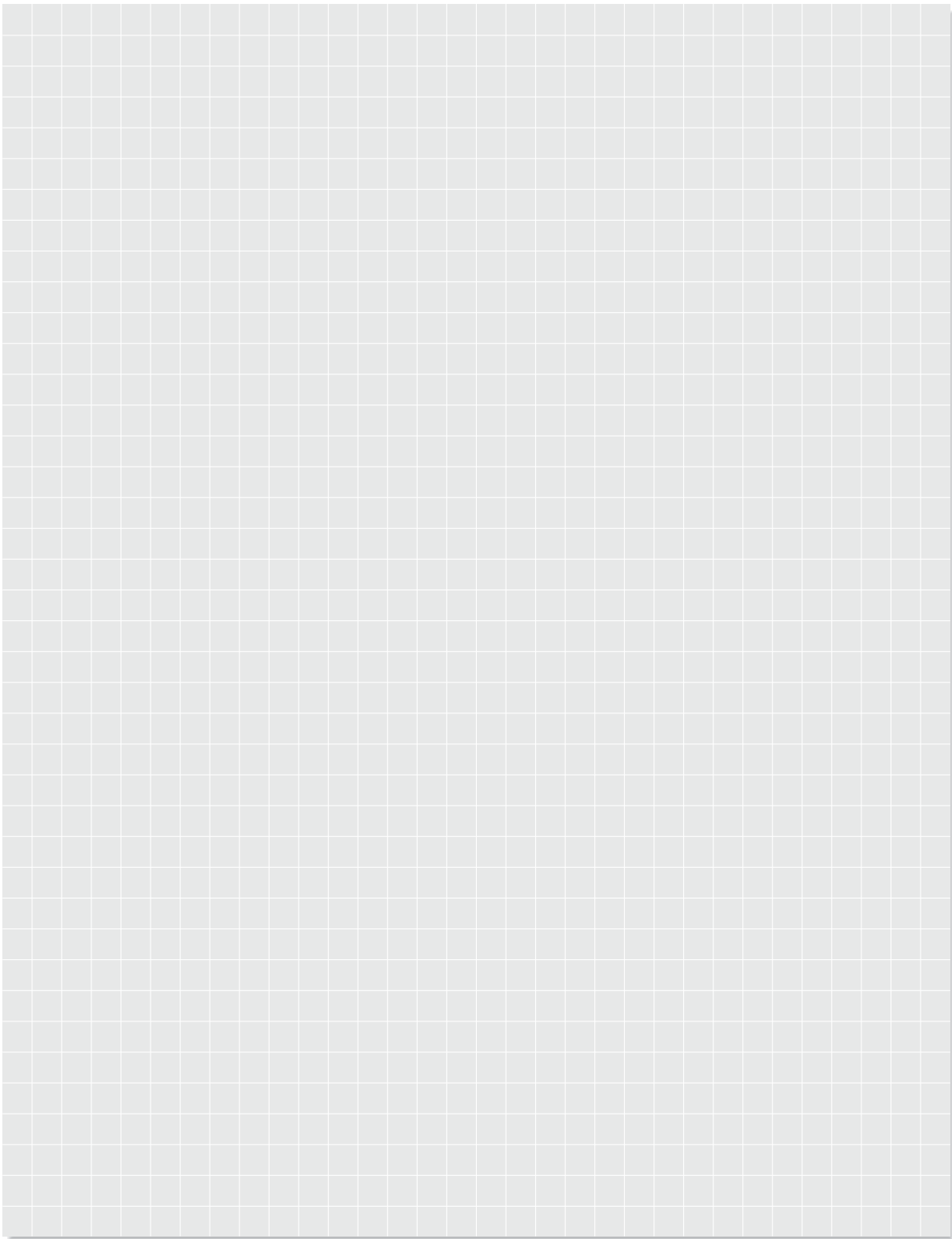
СОДЕРЖАНИЕ – РИСУНКИ

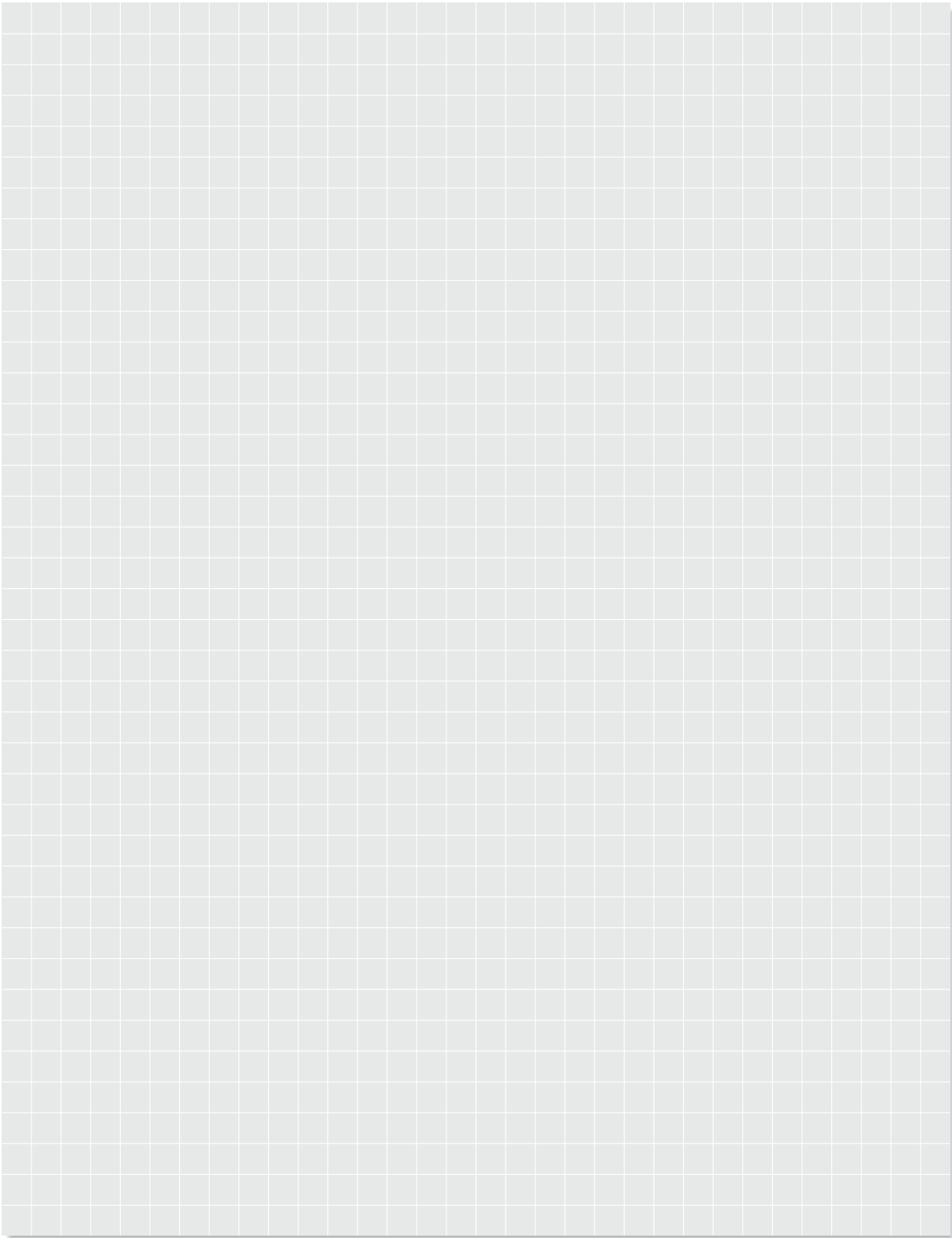
Рис. 1а:	Стандартная разновидность перенапряжения — ВПН	3
Рис. 1b, 1с:	Различные виды импульсов перенапряжения	4
Рис. 2:	Статистическое распределение амплитуды разрядов	11
Рис. 3а, 3b, 3с:	Стандартные осциллограммы импульсов тока грозовых разрядов	12
Рис. 4:	Различные типы связи между двумя электрическими системами	14
Рис. 5:	Индукция напряжения вблизи спускающегося токоотвода, в который ударила молния	15
Рис. 6:	Коммутационное перенапряжение	16
Рис. 7:	Перенапряжение вследствие коммутации конденсаторов	17
Рис. 8:	Импульсный ток электростатического разряда	18
Рис. 9:	Система TN-C (ER — сопротивление заземления, CI — сопротивление проводника)	22
Рис. 10:	Система TN-S	23
Рис. 11:	Система TN-C-S (с устройством защиты от токовой перегрузки - УЗТП)	23
Рис. 12:	Система TT	24
Рис. 13:	Система IT	25
Рис. 14:	Размыкание посредством плавкого предохранителя	27
Рис. 15:	Отсутствие токовой защиты	27
Рис. 16:	Напряжение прикосновения	28
Рис. 17:	Установка УЗО	28
Рис. 18:	Система TT — соединение 3+1	28
Рис. 19:	Система TT — соединение 4+0	28
Рис. 20:	Гальваническая развязка между линиями N и PE	29
Рис. 21:	УЗИП TN-C (3+0)	29
Рис. 22:	УЗИП TN-S (4+0)	29
Рис. 23:	УЗИП TT (3+1)	29
Рис. 24:	УЗИП TT (4+0)	29
Рис. 25:	УЗИП IT (3+0); примечание: $U_c = 3 U_{ref}$	30
Рис. 26:	Карта количества грозовых дней в году	33
Рис. 27:	Распределение тока удара молнии	35
Рис. 28:	Метод сетки	37
Рис. 29:	Высота воздушного электрода (IEC 62305-3, 2010)	38
Рис. 30:	Грозовая защита дымохода посредством стержня Франклина	38
Рис. 31:	Защита от грозовых разрядов типа I	39
Рис. 32:	Защита от грозовых разрядов типа II	39

Рис. 33:	Метод катящейся сферы (IEC 62305 3; 2010)	40
Рис. 34:	Грозозащита (IEC 62305-1; 2010)	41
Рис. 35:	Эффекты молнии	43
Рис. 36:	Принцип выравнивания потенциалов (Blitzschutz, Montage-handbuch, VDB)	44
Рис. 37:	Электрическая шина заземления	44
Рис. 38:	Условия работы УЗИП	45
Рис. 39:	Правильно спроектированная система заземления и выравнивания потенциалов (Blitzschutz, Montage-handbuch, VDB)	46
Рис. 40:	Включение элемента защиты от перенапряжения последовательно с линией	48
Рис. 41:	Включение элемента защиты от перенапряжения параллельно с защищаемым оборудованием	48
Рис. 42:	ВАХ элементов коммутации напряжения	49
Рис. 43:	ВАХ некоторых элементов ограничения напряжения	49
Рис. 44:	Энергетические и временные характеристики	51
Рис. 45:	Последовательность отдельных компонентов повышает скорость реакции на выходе	51
Рис. 46:	Форма нарастания напряжения 1 кВ/мксВ без компонента коммутации напряжения и с компонентом коммутации напряжения, обладающим импульсной характеристикой (пиковая амплитуда 1 кВ ограничивается примерно до 600-700 В)	52
Рис. 47:	Пример самогасящегося искрового разрядника	53
Рис. 48:	Типовая ВАХ металлооксидного варистора и три области работы варистора	54
Рис. 49:	Блоки металлооксидных варисторов	54
Рис. 50:	Характеристика металлооксидного варистора (MOV) при импульсе тока 8/20 мкс	54
Рис. 51:	Характеристика металлооксидного варистора (MOV) при импульсе тока 8/20 мкс	55
Рис. 52:	Защита от импульсного перенапряжения в соответствии со стандартами IEC	56
Рис. 53:	Стандартная форма импульса тока молнии 10/350 мкс	57
Рис. 54:	Стандартная форма импульса перенапряжения 8/20 мкс	57
Рис. 55:	Стандартная форма импульса напряжения молнии 1,2/50 мкс	58
Рис. 56:	Соотношение между импульсами перенапряжения 8/20 и 10/350	58
Рис. 57:	Соотношение заряда Q между I_{max} (8/20) и I_{imp} (10/350)	58
Рис. 58a, b:	Режимы отказа УЗИП с металлооксидным варистором	61
Рис. 59:	Диаграмма процедуры выбора УЗИП	62
Рис. 60:	Распределение тока в случае попадания молнии в строение с установленной внешней системой грозовой защиты	64
Рис. 61:	Распределение тока при наличии объектов поблизости (равное сопротивление заземления)	64
Рис. 62:	Индукция напряжения в электрической системе вследствие тока молнии в токоотводе	68
Рис. 63a, b:	Пример правильного подключения и максимальная длина соединительных проводов	69

СОДЕРЖАНИЕ – ТАБЛИЦЫ

Таблица 1:	Временное перенапряжение при различных типах заземления нулевого провода, типах замыканий и их расположении (выдержка из документа IEC 61643-11, ред. 1)	26
Таблица 2:	Компоненты риска (IEC 62305-2; 2010)	32
Таблица 3:	Максимальные параметры тока молнии (IEC 62305-1; 2010)	34
Таблица 4:	Соотношение между уровнями грозовой защиты (УГЗ) и классом СГЗ (IEC 62305-3; 2010)	36
Таблица 5:	Максимальные значения радиуса катящейся сферы, размера сетки и защитного угла в соответствии с классами СГЗ (IEC 62305 - 3, 2010)	37
Таблица 6:	Характеристики элементов УЗИП	50
Таблица 7:	Выбор резервного предохранителя	61
Таблица 8:	Величины тока	65
Таблица 9:	Параметры низковольтной электrorаспределительной системы	66
Таблица 10:	Уровни диэлектрической прочности	67
Таблица 11:	Диэлектрическая прочность устройства U_i	67
Таблица 12:	Требуемый уровень защиты УЗИП U_p	68





Почему ISKRA ZAŠČITE?

КОМПЛЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАЩИТ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ



Защита от молнии



Защита от перенапряжений



Консультирование



Оценка риска

ОПЕРАТИВНАЯ ПОДДЕРЖКА



Техническое обучение и консультирование



Быстрый ответ на технические вопросы



Благоприятные сроки поставки



Сервисное обслуживание после поставки

ШИРОКИЙ СПЕКТР СОБСТВЕННОЙ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ



Низкое напряжение



Среднее напряжение



Компьютерные сети



Линии передачи данных



Телекоммуникации



Малые и большие объемы



Оперативный запуск производства новой продукции



Высококвалифицированный персонал



Высокое быстродействие на изменения



Короткое время подготовки

ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ПО ЗАКАЗУ РЕШЕНИЯ

- Отечественный (EU) производитель варисторов и собственная разработка газоразрядников
- Собственная лаборатория испытаний
- 20% работников в отделе разработки



Более 20 лет производство расположено в Европе

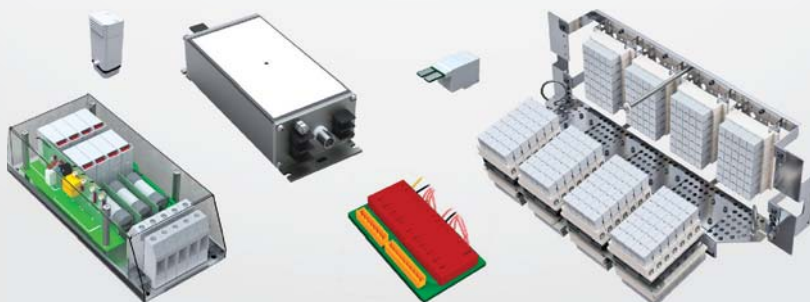


100% функциональный контроль и прослеживаемость



ISO 9001 и в процесс приобретения ISO 14000

НАДЁЖНАЯ КОМПАНИЯ





ISKRA ZAŠČITE

ISKRA ZAŠČITE d.o.o., Surge Voltage Protection Systems, Engineering and Cooperation

Stegne 23a, 1521 Ljubljana, Slovenia, EU

T: 00386(1)5003 100; Ф: 00386(1)5003 236

E: sales@iskrazascite.si

www.iskrazascite.si

Издан: ISKRA ZAŠČITE, d.o.o. / Март 2013 / Издание 1.0 /
Авторское право: Все права защищены