

О применении устройств для защиты от импульсных перенапряжений в электроустановках жилых и общественных зданий

Г.К.Шварц, ОАО концерн “Энергомера”

Грозовые (молниевые) разряды могут приводить, как указано в ГОСТ Р 51317.4.5-99, к появлению микросекундных импульсных напряжений, обладающей большой энергией:

- при непосредственном ударе молнии в наружную (вне здания) цепь. Импульс напряжения образуется вследствие протекания большого тока разряда по наружной цепи и цепи заземления;

- при косвенном ударе молнии (внутри облака, между облаками или в находящиеся вблизи объекты). Образующиеся при этом электромагнитные поля индуцируют напряжения или токи в проводниках наружных и (или) внутренних цепей;

- при ударе молнии в грунт. Разрядный ток, протекая по земле, может создать разность потенциалов в системе заземления.

Коммутационные импульсы напряжения могут появляться в результате:

- переключений в мощных системах энергоснабжения, например, при коммутациях конденсаторных батарей;

- переключений в системах электроснабжения в непосредственной близости от электроустановок зданий или изменений нагрузки в электрических распределительных системах;

- резонансных колебаний напряжения в электрических сетях, обусловленных работой таких переключающих приборов, как тиристоры;

- повреждений в системах, например, при коротких замыканиях на землю и дуговых разрядах в электрических установках.

В ГОСТ 13109-97 указано, что в сетях напряжением 380 В могут быть грозовые импульсные напряжения величиной до 10 кВ в воздушной линии питания и до 6 кВ - во внутренней проводке зданий и сооружений. В связи с этим в ПУЭ (глава 7.1 – издание седьмое) установлено, что при воздушном вводе в жилые, общественные и другие здания должны устанавливаться ограничители импульсных перенапряжений. В сети напряжением 380 В могут быть не только грозовые, но и коммутационные импульсные напряжения с амплитудой до 4,5 кВ, причем грозовые и коммутационные напряжения имеют место как при воздушных, так и при кабельных линиях питания.

В последние годы появился ряд стандартов РФ, касающихся вопросов защиты электроустановок зданий от грозовых и коммутационных перенапряжений (ГОСТ Р 50571.19-2000), защиты от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями (ГОСТ Р 50571.20-2000), выбора и монтажа устройств для защиты от импульсных перенапряжений в электроустановках зданий (ГОСТ Р 50571.26-2002), требований к работоспособности и методов испытаний устройств для защиты от импульсных перенапряжений – УЗИП (ГОСТ Р 51992-2002). В настоящее время решается вопрос о выпуске других стандартов, в частности, государственного стандарта РФ на основе публикации МЭК 61643-12-2002, определяющей принципы выбора и использования устройств для защиты от импульсных перенапряжений, подключаемых к низковольтным сетям.

Использование УЗИП в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации, в дополнение к требованиям ГОСТ Р 50571.21 – 2000 и ГОСТ Р 50571.22 – 2000 о защите оборудования информационных технологий от сбоев, позволит снизить воздействие помех на это оборудование.

К сожалению, использование указанных выше стандартов затруднено. Это связано и с трудностями получения новых стандартов, особенно публикаций МЭК, и со сложностью пользования стандартами, каждый из которых затрагивает только часть вопросов, и с терминологией, новой для российских специалистов, иногда не выдержанной даже в пределах одного стандарта и часто не увязанной с другими отечественными стандартами. В связи с этим видится необходимым создание единого документа - рекомендаций по применению устройств для защиты от импульсных перенапряжений в электроустановках жилых и общественных зданий, дающих специалистам, занимающимся проектированием,

монтажом, испытаниями и эксплуатацией электроустановок зданий, представление о вопросах применения указанных устройств для защиты от вторичных воздействий молнии в этих электроустановках.

Прилагаемый проект рекомендаций не претендует на полноту освещения всех вопросов, связанных с применением УЗИП, и не может быть использован вместо государственных стандартов и других нормативных документов. Замечания и предложения по проекту рекомендаций будут с благодарностью приняты.

Рекомендации по применению устройств для защиты от импульсных перенапряжений в электроустановках жилых и общественных зданий

1 Область применения

Рекомендации распространяются на электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий и устанавливают меры по обеспечению электробезопасности и сохранности имущества при воздействии грозовых и коммутационных перенапряжений.

Для снижения воздействий на электроустановку прямых ударов молнии должны быть выполнены требования государственных стандартов, ПУЭ, других нормативных документов, которые предусматривают соответствующую защиту. В необходимых случаях первичная защита может быть дополнена вторичной защитой, в том числе использованием устройств для защиты от импульсных перенапряжений. В рекомендациях рассмотрены вопросы вторичной защиты от импульсных перенапряжений в электроустановках систем TN - S и TN - C - S с номинальным напряжением 380/220 В, применяемых в жилых и общественных зданиях.

Рекомендации предназначены для проектных, монтажных, пуско-наладочных и эксплуатационных организаций.

2 Нормативные ссылки

Рекомендации основаны на следующих действующих нормативных документах:

[1] **ГОСТ 13109-97** Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

[2] **ГОСТ Р 50571.19-2000 (МЭК 60364-4-443-95)** Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений.

[3] **ГОСТ Р 50571.20-2000 (МЭК 60364-4-444-96)** Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями.

[4] **ГОСТ Р 50571.26-2002 (МЭК 60364-5-534-97)** Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений.

[5] **ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98)** Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Часть 1. Требования к работоспособности и методы испытаний.

[6] **Правила устройства электроустановок.** Раздел 6. Раздел 7. Глава 7.1. Глава 7.2. - Москва, "Издательство НЦ ЭНАС", 1999.

[7] **МЭК 61643-12-2002** Низковольтные устройства для защиты от перенапряжений. Часть 12. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах – Принципы выбора и применения.

[8] **Инструкция** по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, утвержденная приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 280.

3 Определения

В рекомендациях используют следующие основные термины, определения которых взяты из вышеуказанных нормативных документов:

3.1 устройство для защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП): Устройство, которое предназначено для ограничения переходных перенапряжений и отвода импульсов тока. Это устройство содержит, по крайней мере, один нелинейный элемент. [5]

3.2 УЗИП коммутирующего типа: УЗИП, которое в отсутствие перенапряжения сохраняет высокое полное сопротивление, но может мгновенно изменить его на низкое в ответ на скачок напряжения. Такие УЗИП называют “разрядники”. [5]

3.3 УЗИП ограничивающего типа: УЗИП, которое в отсутствие перенапряжения сохраняет высокое полное сопротивление, но постепенно снижает его с возрастанием волны тока и напряжения. Такие УЗИП называют “ограничители”. [5]

3.4 УЗИП комбинированного типа: УЗИП, содержащее элементы как коммутирующего, так и ограничивающего типов. [5]

3.5 уровень напряжения защиты U_p : Параметр, характеризующий УЗИП в части ограничения напряжения на его выводах. [5]

3.6 разъединитель УЗИП: Устройство, предназначенное для отсоединения УЗИП от силовой системы. [5]

В рекомендациях так же используют другие термины, определения которых даны в соответствующих документах, указанных в квадратных скобках.

4 Общие положения

4.1 Первичную защиту от прямых молниевых разрядов осуществляют внешней молниезащитной системой, выполняемой в соответствии с требованиями государственных стандартов, ПУЭ, инструкции [8] и других нормативных документов. УЗИП наряду с другими мерами (разделение на зоны защиты, экранирование, соединения металлических элементов, заземление) применяют для вторичной защиты от грозовых импульсов тока и напряжения в низковольтных цепях электроустановок зданий

4.2 УЗИП при проверке их работоспособности разделяют на три класса импульсных испытаний. Испытания класса I предполагают имитацию прямых грозовых импульсов тока. УЗИП, подвергаемые таким испытаниям, предназначены для отвода части молниевых разряда. Обычно УЗИП класса I рекомендуют для установки на вводах в здания, оборудованные системой молниезащиты. Оценка импульсного тока через УЗИП приведена в приложении А.

Испытания классов II и III предполагают имитацию наведенных грозовых импульсов тока, а также грозовых импульсов напряжения и импульсов тока с ограниченными пиковыми значениями. При испытании по классу II через УЗИП пропускают импульс тока, при испытании по классу III к УЗИП прикладывают импульс напряжения, а протекающий через него ток зависит от характеристики УЗИП. УЗИП класса II или класса III обычно рекомендуют для установки в местах, в которых отсутствует возможность прямого попадания молнии.

4.3 УЗИП коммутирующего и комбинированного типов обычно подвергают испытаниям класса I, УЗИП ограничивающего типа обычно подвергают испытаниям класса III.

4.4 При применении УЗИП коммутирующего и комбинированного типов необходимо учитывать наличие сопровождающего тока [5], который подается от питающей сети и проходит через УЗИП после протекания импульса разрядного тока. Сопровождающий ток

может повлечь нежелательное срабатывание защитных аппаратов от сверхтока, установленных в питающей сети до УЗИП.

5 Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение

5.1 Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение – есть импульсное выдерживаемое напряжение, установленное изготовителем для оборудования или его части, которое характеризует указанную способность его изоляции к сопротивлению от перенапряжений. [2]

5.2 Электрооборудование по способности его изоляции выдерживать периодически возникающее импульсное напряжение во время грозových или коммутационных перенапряжений разделяют на четыре категории перенапряжений (категории импульсных выдерживаемых напряжений).

Оборудование категории I – специальное оборудование, которое, будучи присоединено к существующим электроустановкам зданий, нуждается в дополнительных устройствах защиты от импульсных перенапряжений. Эти УЗИП могут быть встроены в оборудование категории I или расположены между этим оборудованием и остальной частью электроустановки. Пример такого оборудования – персональные компьютеры, которые подключены к питающей сети через удлинители со встроенными УЗИП.

Оборудование категории II - оборудование, которое присоединяется к существующим электроустановкам зданий посредством штепсельных розеток и других аналогичных соединителей. Примеры такого оборудования – бытовые электроприборы, радиоэлектронные приборы, переносной инструмент.

Оборудование категории III - оборудование, установленное внутри зданий, которое составляет часть конкретной электроустановки здания и доступно для обычных лиц и необученного персонала. Примеры такого оборудования – распределительные щитки, проводка, выключатели и розетки, электроплиты.

Оборудование категории IV - оборудование, установленное вблизи от электроустановок зданий (внутри или снаружи) перед главным распределительным щитом, которым может быть вводно-распределительное устройство для многоэтажных зданий или квартирный щиток для индивидуальных зданий. Примеры такого оборудования – электрические счетчики, первичные аппараты защиты от сверхтоков, УЗИП, размещенные во вводных устройствах и доступные только квалифицированному персоналу.

5.3 Категории перенапряжений характеризуют различную степень пригодности электрооборудования с точки зрения его длительной эксплуатации и допустимого риска отказов при импульсных перенапряжениях.

В таблице 1 приведено номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, установленное для различных категорий перенапряжений для трехфазных систем напряжением 380/220 В.

Таблица 1

Категория перенапряжений	IV	III	II	I
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, кВ	6,0	4,0	2,5	1,5

5.3 Использование электрооборудования, имеющего импульсное выдерживаемое напряжение ниже указанного, оправдано только тогда, когда допустим повышенный риск повреждения изоляции и материальные потери из-за выхода из строя этого оборудования меньше повышения стоимости такого же оборудования более высокой категории перенапряжений.

6 Требования по применению УЗИП

6.1 Условия применения УЗИП

6.1.1 При выборе УЗИП для вторичной защиты от импульсных перенапряжений учитывают следующие условия:

- не рассматривают прямых ударов молнии в электроустановки зданий и в воздушные линии питающей сети напряжением 380/220 В.
- в большинстве случаев не учитывают коммутационные импульсные перенапряжения, так как в электроустановках зданий маловероятно появление коммутационных перенапряжений выше, чем номинальное импульсное напряжение категории перенапряжений II.

6.1.2 Применение УЗИП требуется в следующих случаях:

а) если электроустановка получает питание от воздушной линии, а число грозовых дней в году не превышает 25, но возможна повышенная опасность или повышенный риск (например, взрывоопасные или пожароопасные помещения);

б) если электроустановка получает питание от воздушной линии или включает в себя наружную проводку, а число грозовых дней в году превышает 25.

В РФ при воздушном вводе в жилые и общественные здания установка УЗИП является обязательной. [6]

6.1.3 Применение УЗИП не требуется, если электроустановка получает питание только от кабеля, проложенного в земле, или от кабеля, броня которого заземлена, а импульсное выдерживаемое напряжение электрооборудования не меньше указанного в таблице 1 для соответствующей категории;

Но и в этих случаях рекомендуется применение УЗИП, если:

- электроустановка размещена в здании, имеющем систему молниезащиты, или вблизи от системы молниезащиты;
- длина кабеля недостаточна для надлежащего затухания грозового импульса напряжения, появившегося в воздушной части питающей сети при воздействии молнии;
- на подземный кабель может воздействовать прямой удар молнии при высоком удельном сопротивлении почвы;
- высота здания или его размеры достаточно велики или оно размещено таким образом, что повышена вероятность прямого удара молнии в здание, который может привести к большим материальным потерям;
- имеется риск прямого удара молнии в другие входящие и отходящие цепи (телефонные линии, антенные системы и т.п.), что может привести к переходу импульса напряжения из этих цепей на электрооборудование здания;
- имеются другие виды наружного обеспечения здания, проходящие в воздухе (металлические трубы газоснабжения, водопровода, канализации, воздухопроводы вентиляции и кондиционирования).

Когда несколько зданий обеспечивается энергией от одной питающей сети или имеют общий заземлитель, то электрические цепи тех зданий, которые не имеют УЗИП, могут быть подвержены повышенным импульсным перенапряжениям.

6.2 Требования к выбору УЗИП и защиты при его повреждении

6.2.1 Уровень напряжения защиты УЗИП, размещаемых в электроустановках зданий, должен соответствовать категории перенапряжений II, то есть должен быть не выше 2,5 кВ. При выборе уровня напряжения защиты УЗИП должен учитываться уровень стойкости электрооборудования к перенапряжениям.

6.2.2 Максимальное длительное рабочее напряжение (U_c) УЗИП должно быть согласовано с возможным временным перенапряжением (временное перенапряжение - "повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1 U_{ном}$ продолжительностью более 10 мс, возникающее в системах электроснабжения при коммутациях или коротких замы-

каниях” [1]). При обрыве нулевого рабочего или совмещенного проводника в трехфазных сетях и при значительной несимметрии фазных нагрузок уровень временных перенапряжений может достигать значений междупазного напряжения (380 В), а его длительность – нескольких часов [1]. В связи с этим в системах TN рабочее напряжение УЗИП должно быть не ниже 242 В для надежной работы УЗИП в нормальных режимах и не ниже 380 В для исключения возможности выхода из строя УЗИП при неблагоприятном стечении обстоятельств. Предпочтительные значения напряжения U_c УЗИП выбирают из ряда: 250, 260, 275, 280, 320, 420 В, при этом необходимо иметь в виду, что меньшему значению напряжения U_c соответствует и меньший уровень защиты УЗИП, но при этом возрастает риск выхода УЗИП из строя при временных перенапряжениях.

6.2.3 УЗИП класса испытаний I и II, установленные на вводе электроустановки, должны выдерживать испытание номинальным разрядным током не менее 5 кА. УЗИП класса испытаний III должны выдерживать испытание комбинированной волной, создаваемой генератором с напряжением разомкнутой цепи U_{oc} не менее 10,0 кВ и с током короткозамкнутой цепи не менее 5 кА.

6.2.4 УЗИП должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51992-2002.

6.2.5 Механические и климатические условия эксплуатации УЗИП должны соответствовать условиям, указанным в информационных материалах изготовителя УЗИП.

6.2.6 Последовательно с УЗИП должны устанавливаться разъединители УЗИП – плавкие предохранители, автоматические выключатели, УЗО или другие устройства, которые должны обеспечивать эффективную защиту от сверхтоков в случае повреждения УЗИП. Коммутационная способность разъединителя УЗИП должна соответствовать условному току короткого замыкания защищаемой цепи. Рекомендации по выбору разъединителей должны содержаться в информационных материалах изготовителя УЗИП.

Разъединители УЗИП могут устанавливаться в цепи соединительных проводников УЗИП. В этом случае срабатывание разъединителя при выходе УЗИП из строя не приводит к прекращению подачи электропитания на электроустановку, но электроустановка может длительно находиться без защиты от грозовых и коммутационных импульсов напряжений. Если не допускается работа электроустановки без защиты от импульсных перенапряжений, то в качестве разъединителей УЗИП могут быть использованы защитные аппараты в цепи нагрузки, а нагрузка должна быть подключена к выводам УЗИП согласно п.7.4.

6.2.7 Если УЗИП установлены на вводе электроустановки и расположены после УЗО (со стороны нагрузки), то должны применяться УЗО типа S, устойчивые к импульсным токам до 3 кА, чтобы избежать нежелательных отключений при импульсах тока на землю, протекающих через УЗИП.

6.2.8 Сигнализация о том, что УЗИП вышел из строя и больше не осуществляет функцию защиты от импульсных перенапряжений, должна обеспечиваться или встроенным индикатором состояния УЗИП [5] или разъединителем УЗИП по п.6.2.6.

6.3 Требования к месту размещения и к месту установки УЗИП

6.3.1 УЗИП должны размещаться во вводном устройстве в здание или в квартирном щитке индивидуального жилого дома. УЗИП устанавливают как можно ближе к вводу питающей сети. В некоторых случаях может потребоваться установка УЗИП в отдельные групповые цепи, например, в розеточные.

6.3.2 В системе TN - C - S УЗИП должны быть установлены между каждым фазным проводником и проводником PEN или проводником N.

В системе TN - S УЗИП должны быть установлены между каждым фазным проводником и главной заземляющей шиной или главным заземляющим зажимом (выбирают самое короткое расстояние), а также между нулевым рабочим и нулевым защитным проводниками. В системе TN - S оптимальная защита может быть обеспечена установкой УЗИП между каждым фазным проводником и нулевым рабочим проводником, а также

между нулевым защитным и нулевым рабочим проводниками. Такая установка УЗИП позволяет снизить риск от повреждения импульсным перенапряжением электронных элементов электробытовых приборов.

6.3.3 В некоторых особых случаях, например, когда:

- имеется очень чувствительное к перенапряжениям и достаточно дорогое оборудование (радиоэлектронные приборы, компьютеры);
- расстояние между УЗИП, размещенным на входе, и оборудованием, которое надо защищать, слишком велико;
- имеются электромагнитные поля внутри сооружения, создаваемые разрядами молнии и внутренними источниками помех,

может потребоваться дополнительная защита от импульсных перенапряжений установкой УЗИП в распределительные щитки (в розетки, в удлинители) вблизи оборудования, подлежащего защите. При последовательном размещении нескольких УЗИП для получения наибольшего эффекта должна быть осуществлена их взаимная координация. Меры по координации УЗИП должны быть приведены в информационных материалах изготовителя или определены проектировщиком электроустановки опытным, расчетным или иным приемлемым способом. Координация может не выполняться при последовательном включении одинаковых УЗИП ограничивающего типа, соединенных проводниками длиной более 10 м.

Если уровень напряжения защиты УЗИП, установленного на вводе электроустановки, на 20% ниже номинального импульсного выдерживаемого напряжения оборудования категории перенапряжений II, то применение дополнительных УЗИП при отсутствии внутри здания источников мощных электромагнитных полей обычно не требуется.

7 Требования по монтажу УЗИП

7.1 УЗИП должны быть установлены и подсоединены согласно инструкциям изготовителя так, чтобы избежать опасности возгорания или взрыва в случае выхода УЗИП из строя.

7.2 При установке в пожароопасных и взрывоопасных местах УЗИП должны иметь оболочку с соответствующей степенью защиты.

7.3 Для повышения уровня защиты соединительные проводники от выводов УЗИП к цепи питания должны быть как можно короче (предпочтительна общая длина проводников к одному УЗИП не более 0,5 м). Соединительными считают проводники, осуществляющие подсоединения УЗИП согласно указанному в п.6.3.2. Соединительные проводники должны быть медными и иметь сечение не менее 4мм².

7.4 Предпочтительно применение соединительных проводников V-образной формы, когда проводники цепи нагрузки подключены непосредственно к выводам УЗИП. При невозможности применения проводников V-образной формы соединительные проводники от выводов УЗИП и разъединителя УЗИП к цепи питания должны быть проложены параллельно друг другу на наименьшем расстоянии между собой. Это позволяет уменьшить напряжение на соединительных проводниках и на разъединителе УЗИП при протекании импульсов тока через УЗИП. Варианты присоединения УЗИП приведены в приложении В.

8 Проверка УЗИП при эксплуатации

8.1 В процессе эксплуатации необходимо внешним осмотром проверять отсутствие повреждений УЗИП, проводить контроль встроенных индикаторов состояния УЗИП (при их наличии) и разъединителей УЗИП, заменять неисправные УЗИП.

8.2 Текущие проверки УЗИП в объеме, указанном изготовителем, должны проводиться при каждом выявлении срабатывания разъединителей УЗИП, но не реже одного раза в год.

8.3 Периодические проверки УЗИП (не реже одного раза в 6 лет) должны проводиться в объеме, установленном в “Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей” для разрядников и ограничителей перенапряжения, с учетом информации изготовителя УЗИП.

Приложение А

Оценка импульсного тока УЗИП класса испытаний I при прямом попадании молнии в молниевотвод здания

Для оценки импульсного тока УЗИП класса испытаний I при прямом попадании молнии в молниеприемник здания принимают, что 50% тока молнии I уходит в землю через заземлитель внешней молниезащитной системы, а 50% - через металлические части подключенных к зданию коммуникаций (кабели электрических цепей и цепей связи, металлические трубы холодного и горячего водоснабжения, канализации, газоснабжения, отопления).

Значение тока I_i в каждой из этих частей рассчитывают по формуле: $I_i = 0,5 I:n$, где n – число коммуникационных частей.

Значение тока I_v в каждом проводнике кабеля питающей электрической сети определяют делением тока I_i на число проводников, оно должно быть не меньше допустимого импульсного тока УЗИП.

Пример. При пиковом токе молний до 100 кА, наблюдающемся при более чем в 99% случаев прямых поражений молниями, при наличии входящих в здание кабеля электропитания, металлических водопроводной и газовой труб, при питании от четырехпроводной сети ток в каждом проводнике кабеля составит 4,2 кА ($100 \text{ кА}:2:3:4$). Импульсный ток УЗИП с учетом п.6.2.3 должен быть не менее 5 кА.

Примечание. Более точно значение тока I_v в каждом проводнике кабеля питающей электрической сети может быть определено расчетным путем с учетом реальных величин сопротивлений заземлителей (естественных и искусственных), длин и сечений заземляющих проводников, других параметров конкретной электроустановки.

Приложение В

Варианты присоединения УЗИП

На рис В.1 приведен вариант присоединения УЗИП с помощью соединительных проводников V-образной формы, на рис.В.2 – присоединение УЗИП к разъединителю УЗИП и к цепи питания.

