



**Мирослав ЗЕЛЕНКЕВИЧ,
Александр ГОНЧАРОВ**

Защита **от импульсных** **перенапряжений** **в системах электропитания:** **опыт Европы**

Защита объектов от импульсных перенапряжений — очень важный вопрос, которому ранее уделялось крайне мало внимания. Однако эти вопросы тщательно рассматриваются в базовых европейских стандартах, в частности EN 62305, а также в украинском варианте ДСТУ EN 62305:2012. Для всестороннего раскрытия темы авторы используют также ссылки на другие нормативные акты.

Молнии представляют собой опасность не только из-за того, что они могут поразить здания и людей. При попадании мощного электрического разряда в линии электропередачи, которые подходят к дому или сооружению, возникают импульсные перенапряжения (ИП), опасные как для внутренней проводки дома, так и для внутреннего электронного оборудования (компьютеры, бытовая техника и др.). При этом опасность остается, если удар молнии происходит даже на каком-то значительном расстоянии от здания (говорят о длине до 20 км). Ежегодно по электрическим проводам в дом может поступать до десятка таких импульсов. Для борьбы с ними следует устанавливать специальные устройства, которые получили название УЗИП (устройства защиты от импульсных перенапряжений).

В некоторых случаях можно обойтись внутренней молниезащитой, не устанавливая внешнюю. Но если она уже имеется,

то в этом случае опасность от ИП во много раз выше, так как при ударе молнии импульс тока проходит непосредственно в землю рядом с домом и вызывает индуктивные наводки на проводниках внутренней электрической сети дома, а также на сигнальных проводниках (при наличии систем видеонаблюдения, охранной сигнализации, СКС). Так что при оборудовании дома системой внешней молниезащиты крайне необходимо устанавливать и внутреннюю — риски от ущерба без этого непомерно велики.

Основными источниками перенапряжения в цепях электрического питания являются коммутационные процессы в энергетической сети, а также атмосферные разряды. Нежелательная энергия импульсных перенапряжений (ИП), спровоцированных ударом молнии, проникает в цепи электрического питания в результате:

▶ непосредственного, гальванического воздействия полного или частичного тока молнии, который появляется в установ-

ках во время попадания молнии в строительный объект или в подходящие к нему наружные линии (электропитания, телекоммуникационные);

▶ косвенного воздействия тока молнии путем электромагнитной индукции — индуцированные ИП, возникающие вследствие воздействия электромагнитного импульса молнии во время разрядов вблизи объекта или присоединенных к объекту наружных линий, а также в результате прохождения тока молнии через систему внешней молниезащиты.

Решение о необходимости применения защиты от ИП на строительном объекте, а также о классе ее эффективности принимается на основании:

▶ результатов анализа риска угроз, вызванных достигающими земли атмосферными разрядами, проведенного согласно положениям нормы EN 62305-2: «Защита от удара молнии. Управление риском»

или

▶ требований нормы HD 60364-4-443: «Электроустанов-

ки на строительных объектах — Защита для обеспечения безопасности — Защита от нарушений напряжения и электромагнитных нарушений — Защита от атмосферных или коммутационных перенапряжений».

Требования последнего документа относятся к защите электропроводки от ИП, вызванных атмосферными разрядами, проходящими по воздушным линиям электропередачи, а также возникших в результате коммутационных перенапряжений. Норма не касается случаев перенапряжений, вызванных непосредственным попаданием разряда молнии в рассматриваемый объект или разрядом вблизи объекта.

В соответствии с требованиями нормы EN 62305-2 основной критерий, определяющий необходимость применения устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) (SPD, Surge Protection Device) для защиты рассматриваемого объекта, вытекает из зависимости:

$$R > R_T$$

где R — полный риск (риск угрозы поражения объекта прямым попаданием разряда молнии), R_T — допустимый риск.

Из этого следует, что если рассчитанный в соответствии с требованиями нормы EN 62305-2 риск поражения объекта прямым попаданием разряда молнии превышает величину допустимого риска, то необходимо применение средств защиты для ограничения этого риска до безопасного (допустимого) уровня.

На практике, в зависимости от конечных результатов анализа, оказывается, что:

а) для объектов с малой площадью сбора разрядов молнии (зоны стягивания объекта) достаточным средством для защиты объекта может быть применение только УЗИП без необходимости использования внешней молниезащиты;

б) если возникает необходимость применения внешней молниезащиты (LPS, Lightning Protection System), то такой объ-

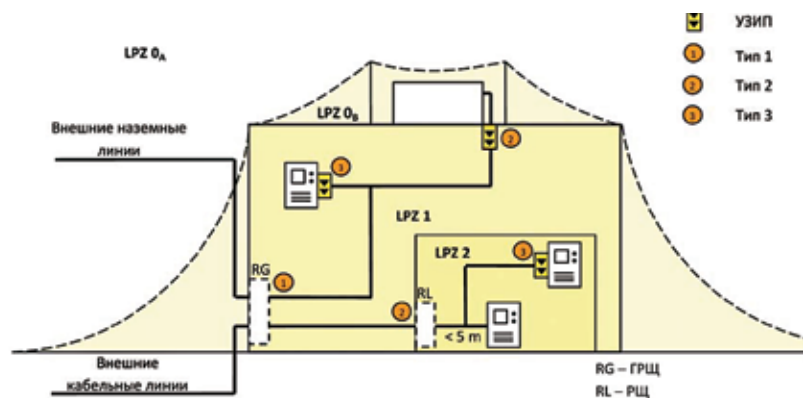


Рис. 1. Концепция зональной защиты от перенапряжения

ект нужно обязательно защищать также с помощью УЗИП.

Зональная концепция защиты

Концепция защиты, представленная в серии норм EN 62305, основывается на разделении объекта на зоны молниезащиты (LPZ, Lightning Protection Zone), среди которых можно выделить:

► **LPZ 0_a** — зона снаружи объекта, в которой встречается угроза прямого попадания молнии и, как следствие, воздействия полного тока молнии и полного магнитного поля;

► **LPZ 0_b** — зона вне объекта, в которой нет угрозы прямого попадания молнии, но возможно воздействие частичного тока молнии или индуцированных

токов, а также полного магнитного поля;

► **LPZ 1...N** — зоны внутри объекта, в которых нет угрозы прямого попадания молнии, но возможно воздействие ограниченного тока молнии или индуцированных токов, а также полного или ослабленного магнитного поля.

Идея зональной защиты представлена на рис. 1.

Зона LPZ 1, как правило, находится внутри объекта и ограничена его наружными стенами, зоны LPZ 2 и выше могут быть определены для отдельных этажей, территорий или помещений объекта.

На границах зон LPZ 1 и выше ИП должны быть ограничены при помощи УЗИП для опреде-

Таблица 1. Требуемые уровни номинального напряжения стойкости оборудования по HD 60364-4-443

Номинальное напряжение ¹⁾ (трехфазная сеть), В	Требуемое напряжение стойкости для соответствующей категории и определенного места размещения оборудования, присоединенного к линии электропитания			
	Главный распределительный щит	Распределительные щиты	Непосредственное подключение потребителя	
	Уровень стойкости к импульсным перенапряжениям ²⁾ , кВ			
	Категория IV	Категория III	Категория II	Категория I
230/400	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000	Уровни, зависящие от конструкции сети			
Категория I — адресованная конструкторам оборудования				
Категория II — адресованная комитетам технических стандартов, разрабатывающим нормы для оборудования, подключенного к сети электропитания				
Категория III — адресованная комитетам стандартов, разрабатывающим нормы в сфере подбора электрических параметров для оборудования, а также для специальных изделий				
Категория IV — адресованная энергетическим предприятиям и инженерам, контролирующим сети				

¹⁾ соответствует IEC 60038

²⁾ максимальный уровень импульсного перенапряжения между рабочими жилами и РЕ

Таблица 2. Основная информация об УЗИП, отвечающих разным классам ударных испытаний

Тип SPD	Класс испытаний	Характеристика ограничителя	
Тип 1	Класс I (B)	Применение	✓ понижение импульсов токов молнии при прямых ударах ✓ применяются в главном распределительном щите на границе зон LPZ 0/1
		Импульсные испытания	→ импульсом тока $I_{\text{имп}}$, имитирующим ток молнии, определенный предельной величиной $I_{\text{макс}}$ зарядом Q, а также энергией W/R, импульсом в форме 10/350 мкс → номинальным разгрузочным током I_n (8/20 мкс) → ударом напряжения 1,2/50 мкс
Тип 2	Класс II (C)	Применение	✓ ограничение индуцированных перенапряжений между: → фазными проводами L1, L2, L3 и защитным проводом PE → нейтральными проводами N и защитным PE ✓ применяются в локальных распределительных щитах на границе зон LPZ 1 и выше, а также на границе зон LPZ 0_B/1, если внешние линии полностью находятся в защитной зоне LPZ 0_B
		Импульсные испытания	→ номинальным импульсом тока I_n (8/20 мкс) → максимальным импульсом тока $I_{\text{макс}}$ (8/20 мкс) → импульсным напряжением 1,2/50 мкс
Тип 3	Класс III (D)	Применение	✓ ограничение перенапряжений между: → фазным проводом L и нейтральным N → нейтральными проводами N, фазным L и защитным PE ✓ применяются непосредственно перед защищаемым оборудованием
		Импульсные испытания	✓ комбинированным импульсом (импульс напряжения формы 1,2/50 мкс; импульс тока формы 8/20 мкс)

Тип 1, 2, 3 — обозначение типа SPD в соответствии с EN 61643-11

Класс I, II, III — обозначение класса испытаний в соответствии с EN 61643-11

Класс B, C, D — обозначение класса испытаний в соответствии с DIN VDE V 0675 Teil 6

ленных в данной зоне уровней безопасных напряжений. В этом случае применяется правило SEP (Single Entry Point), в соответствии с которым все питающие и слаботочные кабели, а также другие проводящие системы (например, металлические водопроводные, газовые или отопительные трубы) должны входить в защитное пространство на границе зон LPZ 0/1 по мере возможности в одном месте и быть соединены гальванически (непосредственно или косвенно при помощи УЗИП) с *главной шиной выравнивания потенциалов*. Линии питания, соединенные с наземными энергетическими линиями или частично проходящие в зоне LPZ 0_A, должны быть защищены на границе зон LPZ 0/1 УЗИП, которые в состоянии отвести частичный ток молнии (типа 1). Применение УЗИП типа 2 на границе зон LPZ 0/1 допустимо в случае защиты кабельных линий электропитания или наружных линий, которые полностью проходят в зоне LPZ 0_B. В случае, когда объект оснащен системой внешней молниезащиты, обязательно следует применять УЗИП типа 1. Детальные характеристики и свойства различных типов этих приборов рассмотрены в следующем разделе.

Подбор ограничителей перенапряжения

Общее правило защиты от ИП заключается в ограничении перенапряжения до величины, которая будет ниже уровня устойчивости защищаемого оборудования. Требуемые в соответствии с положениями нормы HD 60364-4-443 уровни устойчивости представлены в **табл. 1**.

Из таблицы видно, например, что оборудование, питающееся от главного распределительного щита (ГРЩ) низкого напряжения сети 230/400 В, должно выдерживать перенапряжения с уровнем до 2,5 кВ. Специально защищенное оборудование, ввиду чувствительности его электронных систем, характеризуется более низким уровнем устойчивости (1,5 кВ). К тому же всегда следует учитывать дополнительное падение напряжения, возникающее в кабелях электропитания, соединяющих УЗИП с защищаемым оборудованием. Его значения могут достигать значительных уровней в случае при расстоянии, превышающем 0,5 м.

Оборудование для ограничения перенапряжения, применяемое в распределительных сетях низкого напряжения (до 10000 В) внутри строительных

объектов, должно быть подвержено испытаниям класса I, II или III (**табл. 2**).

В связи с различными характеристиками, определенными во время испытаний по имитации ударов молнии, это оборудование делится на три типа.

УЗИП типа 1 (ранее класс B) предназначены для применения на границе зон LPZ 0_A/1, например, в главном распределительном щите как первый уровень защиты от ИП. Их задачей является ограничение ИП больших энергий и недопущение проникновения в оборудование внутри здания. УЗИП типа 1 предназначены для защиты внутреннего оборудования объекта от тока молнии, который может появиться в случае непосредственного ее удара в наружные энергетические линии или систему молниезащиты объекта. Испытывается импульсным током $I_{\text{имп}}$, имитирующим импульс тока молнии формой 10/350 мкс. Типичный уровень напряжения защиты ограничителей типа 1 не превышает величины 4000 В.

УЗИП типа 2 (ранее класс C) применяются в качестве второй степени защиты. Их задачей является защита от индуцированных перенапряжений, а также ослабление остаточных перена-

пряжений после УЗИП типа 1. Они предназначены для применения внутри зон LPZ 1, а также на границах зон LPZ 0_B/1 при условии, что все наружные линии находятся в защитной зоне LPZ 0_B. Для создания УЗИП типа 2 чаще всего используются варисторы — элементы на основе поликристаллического полупроводника, созданные с использованием оксида цинка. Испытания прибора проводятся импульсами тока формой 8/20 мкс. Характеризуются уровнем защиты, соответствующим I или II категории стойкости (соответственно 2,5 кВ или 1,5 кВ).

УЗИП типа 3 (ранее класс D) обеспечивают защиту оборудования от последствий близлежащих и отдаленных атмосферных разрядов (несколько сотен метров от объекта), индуцирующих ИП в линиях питания и оборудовании внутри объектов, а также от коммутационных перенапряжений, возникающих в электропроводке внутри объекта. Они предназначены для применения в непосредственной близости от оборудования. Подвергаются комбинированным испытаниям: импульсами формой 1,2/50 мкс и 8/20 мкс.

Трехуровневая система защиты от перенапряжения

Типичная, общеприменимая трехуровневая схема защиты оборудования электропитания 230/400 В, выполненного в системе TN-C-S, представлена на рис. 2.

Представленная схема защиты от ИП сети 230/400 В содержит:

▶ элементы **первого уровня защиты**, способные отвести ток молнии при прямом попадании в объект;

▶ элементы так называемой **конечной защиты**, ограничивающие энергию ИП, проходящую через первый уровень защиты, а также энергию индуцированного перенапряжения в сети питания внутреннего оборудования.

Элементы первого уровня

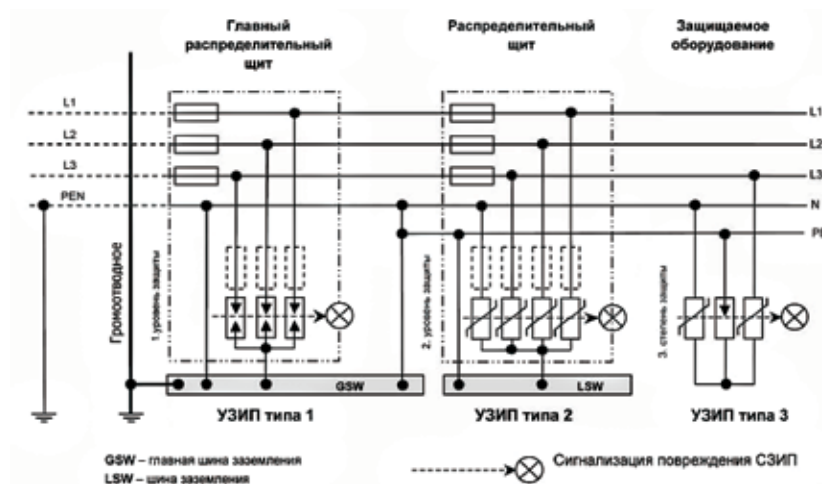


Рис. 2. Пример использования УЗИП разного типа в сети электропитания TN-C-S

кабелей электропитания в здание — лучше всего на кабельном стыке или в главном распределительном щите, т.е. на границе LPZ 0/1. Элементы конечной защиты устанавливаются непосредственно в цепях питания защищаемого оборудования. На рис. 2 представлены три уровня защиты:

▶ первый уровень ограничивает ИП до уровня 2,5 кВ и устанавливается в главном распределительном щите на границе LPZ 0/1;

▶ второй уровень ограничивает ИП до уровня 1,5 кВ и устанавливается в распределительных щитах на границе LPZ 1/2;

▶ третий уровень ограничивает ИП до величины, выдерживаемой конечным оборудованием, и устанавливается вблизи защищаемых объектов.

Таким образом, последовательное применение нормативных правил позволяет обезопасить объекты от последствий воздействия атмосферных разрядов и коммутационных перенапряжений. При проектировании многоступенчатой защиты от ИП всегда следует учитывать соответствующую энергетическую координацию УЗИП (последовательность соединяемых элементов) и защищаемого оборудования.

Хотелось бы отдельно отметить, что 100%-ное выполнение своих функций любой системой защиты от перенапряже-

ний возможно только при наличии качественного заземления. Особенность такого заземления в том, что должно быть обеспечено наименьшее расстояние от заземляющей шины, к которой непосредственно присоединены УЗИП, до заземлителя, находящегося в грунте. Это позволяет избежать возникновения повторных наводок в цепях питания и линиях передачи информации.

Важность защиты от импульсных перенапряжений с помощью УЗИП невозможно переоценить. Тем более что до настоящего момента этим вопросам не уделялось должного внимания. Надеемся, что изложенный материал поможет глубже понять принципы построения систем внутренней молниезащиты зданий и сооружений.

Мирослав ЗЕЛЕНКЕВИЧ,
преподаватель учебного центра
Польской палаты охранных
систем, к.т.н., член Союза
польских электриков
в области молниезащиты
и электромагнитной
совместимости,
член Польского комитета
по молниезащите,
член Института инженеров
по электротехнике и электронике
(IEEE, США);

Александр ГОНЧАРОВ,
директор компании
Watson-Energo,
www.watson-energo.com