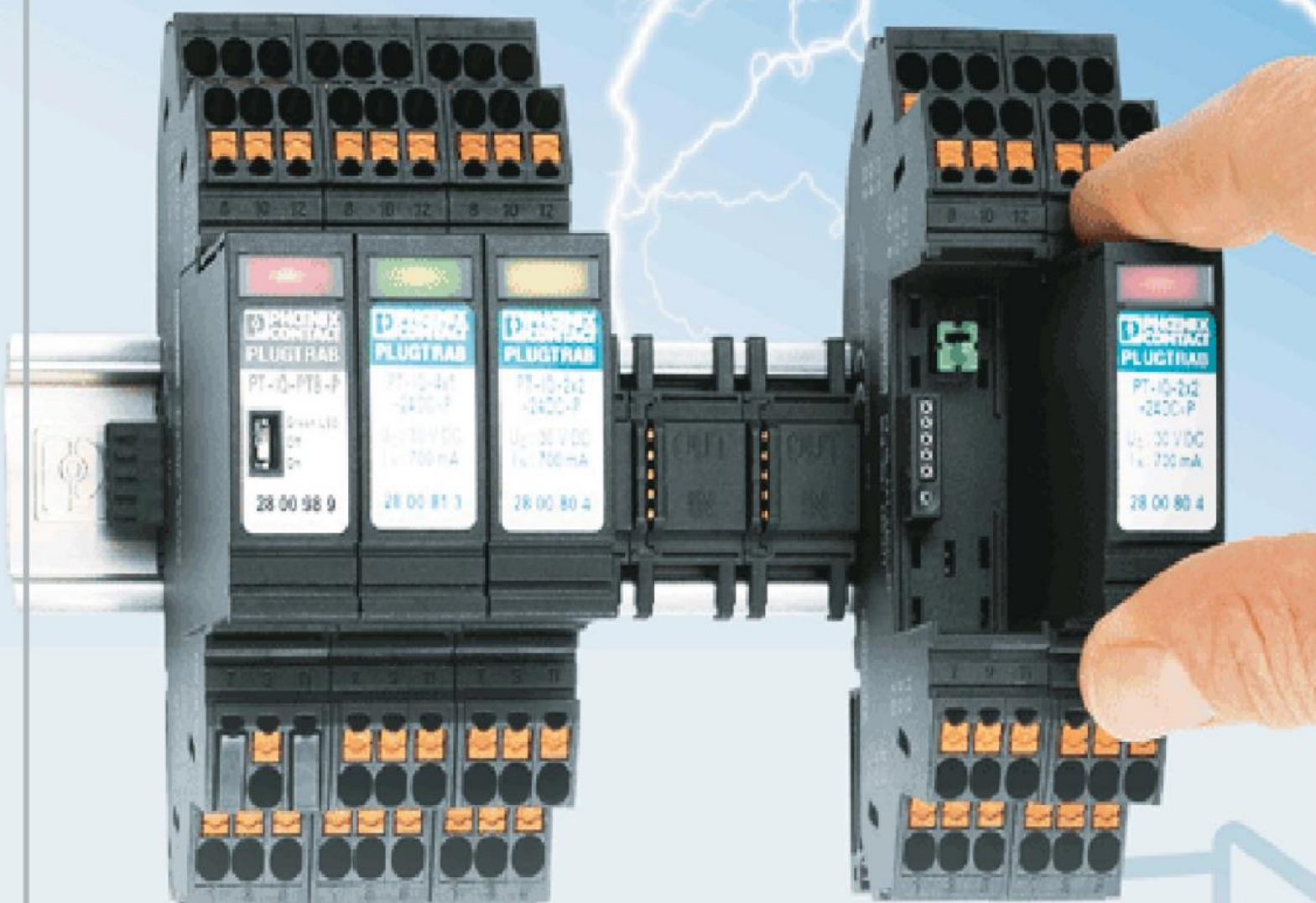


С.И. Марков



**МОЛНИЕЗАЩИТА:
ЗОНОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ.
ПРИМЕНЕНИЕ УЗИП**

С.И. Марков

**МОЛНИЕЗАЩИТА:
ЗОНОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ.
ПРИМЕНЕНИЕ УЗИП**

Санкт-Петербург
2014

Содержание

1. Молниезащита. Требования стандартов
2. Требования Стандартов МЭК к УЗИП
3. Требования ГОСТ к УЗИП
4. Схемы включения УЗИП
5. Очередность срабатывания УЗИП
6. Монтаж УЗИП
7. Дополнительная защита от КЗ
8. Методика выбора типа защитных устройств
9. Методика выбора УЗИП при воздушном вводе
10. Выбор защитных устройств: резюме
11. Особенности подключения УЗИП
12. Литература

1. Молниезащита. Требования стандартов

В последние годы наблюдается заметное увеличение грозовой активности на всей планете в целом, что обусловлено, по всей видимости, изменением климата.

Естественно, что это приводит к необходимости решения ряда вопросов, связанных с проблемой защиты от импульсных токов и перенапряжений.

Основными техническими мероприятиями в области защиты от импульсных перенапряжений, возникающих между различными элементами и составными частями изделия или объекта в целом при прямом или близком ударе молнии, являются:

- Создание системы внешней молниезащиты;
- Создание качественного заземляющего устройства для отвода на него импульсных токов молнии;
- Экранирование оборудования и линий, входящих в него, от воздействия электромагнитных полей, возникающих при протекании токов молнии по металлическим элементам системы молниезащиты, строительным металлоконструкциям и другим проводникам при близком размещении оборудования к ним;
- Создание системы уравнивания потенциалов внутри объекта путем присоединения к главной заземляющей шине (ГЗШ) с помощью потенциалоуравнивающих проводников всех металлических элементов и частей оборудования (за исключением токоведущих и сигнальных проводников)
- Установка на всех линиях, входящих в объект (или отдельно размещенное оборудование), устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), с целью уравнивания потенциалов токоведущих или сигнальных проводников относительно заземленных элементов и конструкций объекта. Иногда может понадобиться защита и внутренних

линий, соединяющих различное оборудование, например, шины постоянного тока на выходе выпрямителя и т.д.

Из вышесказанного следует, что проблема защиты от импульсных грозовых перенапряжений может быть решена только комплексным путем, при условии выполнения всех перечисленных технических мероприятий. Такой подход дает **зоновая концепция защиты**, разработанная в стандартах Международной Электротехнической Комиссией (МЭК), в которых изложены принципы защиты зданий и сооружений любого назначения от перенапряжений, позволяющие грамотно проектировать строительные конструкции и системы молниезащиты объекта, рационально размещать оборудование и прокладывать коммуникации. К ним в первую очередь относятся следующие стандарты:

- ИЕС-61024-1 (1990-04): «Молниезащита строительных конструкций. Часть 1. Основные принципы»

- ИЕС-61024-1-1 (1993-09): «Молниезащита строительных конструкций. Часть 1. Основные принципы. Руководство А: Выбор уровней защиты для молниезащитных систем»

- ИЕС-61312-1 (1995-05): «Защита от электромагнитного импульса молнии. Часть 1. Основные принципы».

Требования данных стандартов формируют зоновую концепцию молниезащиты, основные принципы которой:

- применение строительных конструкций с металлическими элементами (арматурой, каркасами, несущими элементами и т.п.), электрически связанными между собой и системой заземления и образующими экранирующую среду для уменьшения воздействия внешних электромагнитных влияний внутри объекта («клеть Фарадея»);

- наличие правильно выполненной системы заземления и выравнивания потенциалов;

- деление объекта на условные защитные зоны и применение специальных устройств защиты от перенапряжений (УЗИП);

- соблюдение правил размещения защищаемого оборудования и подключенных к нему проводников относительно другого оборудования и проводников, способных оказывать опасное воздействие или вызвать наводки.

В России на сегодняшний день взамен РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» утверждена и внесена в реестр действующих в электроэнергетике документов «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО-153-34.21.122-2003.

В основе новой инструкции – перечисленные выше стандарты МЭК, однако в нее не вошел ряд требований, в том числе к системам молниезащиты взрывоопасных объектов.

Принято решение о постепенном издании методических рекомендаций по вопросам, не рассмотренным в настоящей инструкции, в частности, по выбору схем и типов устройств защиты от импульсных перенапряжений для каждой конкретной электроустановки (УЗИП).

В настоящее время данная инструкция не прошла согласование в Министерстве юстиции РФ, поэтому может быть применена лишь в качестве рекомендательного документа. В следствии Госэнергонадзора рекомендовано одновременно пользоваться как этим документом, так и старым РД 34.21.122-87.

Наиболее сложная схема системы защиты должна выстраиваться для объектов, которые находятся на открытой местности и имеют в своем составе высокорасположенные элементы конструкции.

Это сельские коттеджи, промышленные здания с высокими трубами, антенно-мачтовые сооружения и т.п., в которые с большой степенью вероятности может ударить молния, а также объекты, имеющие воздушные вводы электропитания.

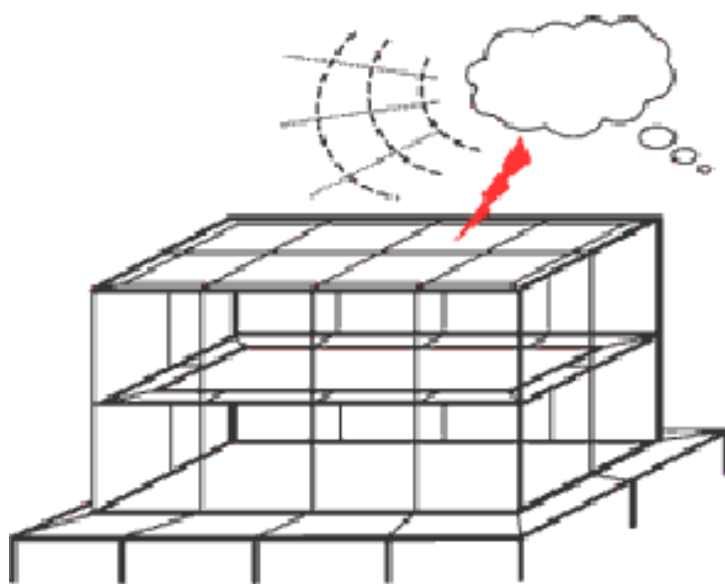
В случае, когда необходимо защитить здание, расположенное в населенном пункте городского типа, вопрос решается несколько проще. В

городских условиях удар молнии наиболее вероятен в трубы промышленных предприятий, ЛЭП, телевизионную вышку или отдельные наиболее высокие здания (особенно если на них установлены антенно-мачтовые сооружения базовых станций сотовой связи).

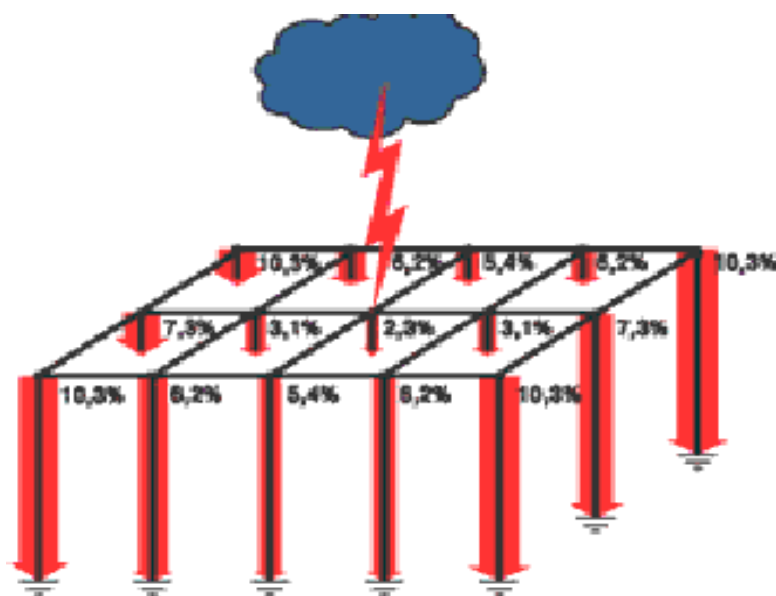
Токи молний могут воздействовать на объект прямым или косвенным способом при прямом попадании молнии в систему молниезащиты или находящиеся в непосредственной близости сооружения и деревья.

Но чаще всего проявляются вторичные воздействия при ударе молнии в удаленные объекты (ЛЭП, подстанции и т.п.), связанные какими-либо коммуникациями с защищаемым объектом, или при межоблачных разрядах, вызывающих импульсные токи больших величин в металлических элементах конструкций и коммуникациях.

Железобетонные конструкции зданий, выполняющие функцию естественного заземляющего устройства и имеющие электрическое соединение с системой выравнивания потенциалов, достаточно хорошо экранируют находящуюся внутри технику от электромагнитных воздействий (клеть Фарадея), отводя на землю большую часть тока молнии при прямом попадании в объект (рис.1 а, б).



а.



б.

Рис. 1.а,б. Функцию естественного заземляющего устройства выполняют железобетонные конструкции зданий, имеющие электрическое соединение с системой выравнивания потенциалов. Они отводят на землю большую часть тока молнии при прямом попадании в объект.

Стандарт IEC 61312-1 определяет зоны молниезащиты с точки зрения прямого и непрямого воздействия молнии:

- зона 0А – зона внешней среды объекта, все точки которой могут подвергаться прямому удару молнии (иметь непосредственный контакт с ее каналом) и воздействию возникающего при этом электромагнитного поля;
- зона 0В – зона внешней среды объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии, так как находятся в пространстве, защищенном системой внешней молниезащиты. Однако в данной зоне имеется воздействие неослабленного электромагнитного поля;
- зона 1 – внутренняя зона объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии. В этой зоне токи во всех токопроводящих частях имеют значительно меньшее значение по сравнению с зонами 0А и 0В. Электромагнитное поле также снижено по сравнению с зонами 0А и 0В за счет экранирующих свойств строительных конструкций;
- зона 2 и т.д.

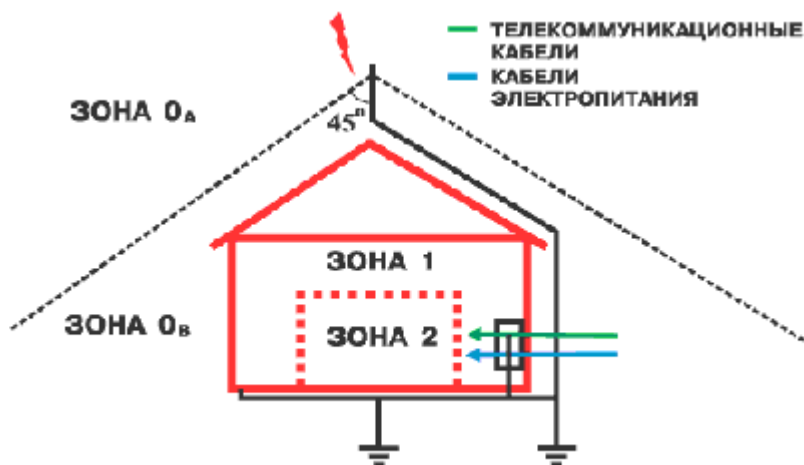


Рис. 2. Зоны молниезащиты.

Если требуется дальнейшее снижение разрядных токов или электромагнитного поля в местах размещения чувствительного оборудования, то необходимо проектировать так называемые последующие зоны. Критерий для этих зон определяется в соответствии с общими требованиями по ограничению внешних воздействий, влияющих на защищаемую систему. Действует общее правило, по которому с увеличением номера защитной зоны уменьшается влияние электромагнитного поля и грозового тока. На границах раздела отдельных зон необходимо обеспечить последовательное защитное соединение всех металлических частей и их периодический контроль. Способы образования связей на границах раздела между зонами 0А, 0В и 1 приведены в статье 3.1 стандарта IEC 61024-1. На распределение энергии электромагнитных полей внутри объекта влияют различные элементы строительных конструкций: отверстия или щели (например, окна, двери), обшивки из листовой стали (водосточные трубы, карнизы), а также места ввода-вывода кабелей электропитания, связи и других коммуникаций. На рисунке 2 приводится пример разделения защищаемого объекта на несколько зон. Кабели электропитания, связи и другие металлические коммуникации должны входить в защитную зону 1 в одной точке и своими экранными оболочками или металлическими частями подключаться к главной заземляющей шине на границе раздела зон 0А–0В и

зоны 1. Описанное выше разделение объекта на условные зоны позволяет на практике эффективно решать вопросы защиты электропитающих сетей до 1000 В, а также линий связи, компьютерных сетей и других коммуникаций объекта с помощью различных устройств защиты от импульсных перенапряжений или так называемой внутренней системы молниезащиты.

2. Требования Стандартов МЭК к УЗИП

Для гарантированной защиты объекта от перенапряжений, возникающих при стекании токов молнии на заземляющее устройство или при «приходе» волны перенапряжения по питающей сети (в случае далекого удара молнии), зоновой концепцией защиты предусмотрена трехступенчатая схема включения защитных устройств. Основные классы УЗИП для низковольтных электрических сетей, методики их испытаний и принципы применения приведены в следующих стандартах МЭК:

- IEC-61643-1 (1998): «Устройства защиты от импульсных перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 11. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний» (введен в действие в виде ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98);
- IEC-61643-12 (2002): «Устройства защиты от импульсных перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 12. Выбор и принципы применения».

Согласно этим документам, УЗИП, в зависимости от места установки и способности пропускать через себя различные импульсные токи, делятся на классы I, II и III (или B, C, D в немецком стандарте E DIN VDE 0675-6 (1989-11). Надо отметить, что все основные производители защитных устройств уже перешли на классификацию, предусмотренную стандартами МЭК, и буквенные обозначения практически никем не применяются. Основные требования к УЗИП разных классов приведены в таблице 1. Тип применяемых УЗИП и схема их установки выбирается исходя из оценки

риска прямого удара молнии или наводок от удаленного разряда. На выбор защиты от грозовых перенапряжений влияют:

- интенсивность ударов молнии в данном месте N_g (среднее годовое количество ударов молнии на 1 км^2 за год).

В странах Европы данную статистику проектировщик может легко получить с помощью автоматизированной системы определения места удара молнии. Данные системы состоят из большого количества датчиков, размещенных по всей территории Европы и образующих единую контролируемую сеть. Информация от датчиков в реальном масштабе времени поступает на контролирующие серверы и с помощью специального пароля доступна через Интернет. В условиях России данное значение можно получить, используя карты грозовой активности по регионам, но при этом полученный параметр будет весьма приблизительным;

- оценка уязвимости самой электроустановки.

Например, подземные системы электропитания по вполне понятным причинам считаются менее уязвимыми, чем воздушные;

- стоимость оборудования, подключенного к защищаемой электроустановке (данный фактор может стать важным критерием для усложнения или упрощения схемы защиты).

Таблица 1: Основные требования к УЗИП разных классов

Класс УЗИП	Назначение УЗИП
I (B)	Предназначены для защиты от прямых ударов молнии в систему молниезащиты здания (объекта) или воздушную линию электропередач (ЛЭП). Устанавливаются на вводе в здание во вводно-распределительном устройстве (ВРУ) или главном распределительном щите (ГРЩ). Нормируются импульсным током I_{imp} с формой волны 10/350 мкс.
II (C)	Предназначены для защиты токораспределительной сети объекта от коммутационных помех или как вторая ступень защиты при ударе молнии. Устанавливаются в распределительные щиты. Нормируются импульсным током с формой волны 8/20 мкс.
III (D)	Предназначены для защиты потребителей от остаточных бросков напряжений, защиты от дифференциальных (несимметричных) перенапряжений (например, между фазой и

	нулевым рабочим проводником в системе TN-S), фильтрации высокочастотных помех. Устанавливаются непосредственно возле потребителя. Могут иметь самую разнообразную конструкцию (в виде розеток, сетевых вилок, отдельных модулей для установки на DIN-рейку или навесным монтажом). Нормируются импульсным током с формой волны 8/20 мкС.
--	--

3. Требования ГОСТ к УЗИП

Согласно определению, приведенному в ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98): «Устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) – это устройство, которое предназначено для ограничения переходных перенапряжений и для отвода импульсов тока.

Это устройство содержит, по крайней мере, один нелинейный элемент». В качестве элементной базы для создания УЗИП, как правило, используют разрядники различных типов и оксидно-цинковые варисторы.

УЗИП на базе варисторов обеспечивают качественную защиту при их применении в 1-й ступени при амплитудах $I_{\text{imp}} = 20 \text{ кА}$ (10/350 мкС), что в большинстве случаев достаточно даже для воздушного ввода электропитающей линии в объект. Если требуется защитное устройство, стойкое к более высоким амплитудам грозовых токов, рекомендуется применить разрядники искрового типа, которые могут иметь значение $I_{\text{imp}} = 50\text{--}100 \text{ кА}$ (10/350 мкС).

Существующая взаимосвязь между зонами молниезащиты, классами защитных устройств и категориями стойкости изоляции оборудования к импульсным перенапряжениям показана на рис. 3.

УЗИП класса I устанавливаются на вводе в здание (во вводном щите, ГРЩ или же специальном боксе) после вводного автомата (на границе зоны 0 и зоны 1). УЗИП класса II располагают во вторичных распределительных щитах (например, в щитах выпрямителей, этажных или других щитах). Желательно устанавливать их до групповых автоматов. Устройства этого класса могут быть размещены на границе зон 1 и 2, возможно их размещение

в зоне 1 вместе с устройствами класса I. УЗИП класса III могут устанавливаться также в распределительных щитах или непосредственно возле потребителя (защитная зона 3).

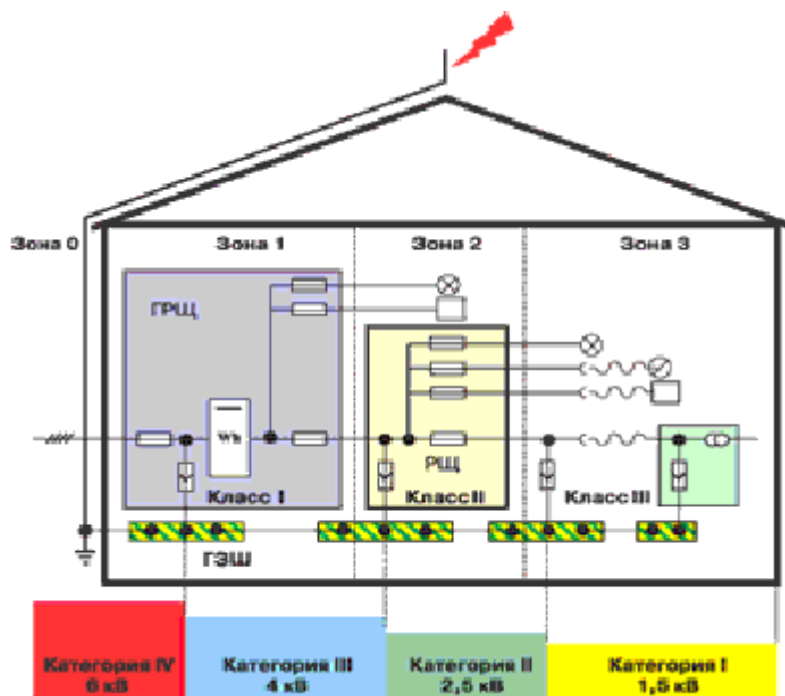


Рис. 3. Взаимосвязь между зонами молниезащиты, классами защитных устройств и категориями стойкости изоляции оборудования к импульсным перенапряжениям.

Если от места установки УЗИП до потребителя расстояние более 10–15 метров, желательно установить дополнительное устройство III класса в непосредственной близости от защищаемого оборудования, чтобы гарантированно устранить возможные наводки на указанных длинах кабеля. Одним из основных параметров УЗИП является уровень защиты (U_p) – максимальное значение падения напряжения на защитном устройстве при протекании через него импульсного тока разряда. Параметр характеризует способность устройства ограничивать появляющиеся на его клеммах перенапряжения и обычно определяется при протекании номинального импульсного разрядного тока (I_n). На рисунке 4 четко видно, что каждая

степень защиты обеспечивает выполнение требований по импульсной стойкости изоляции.

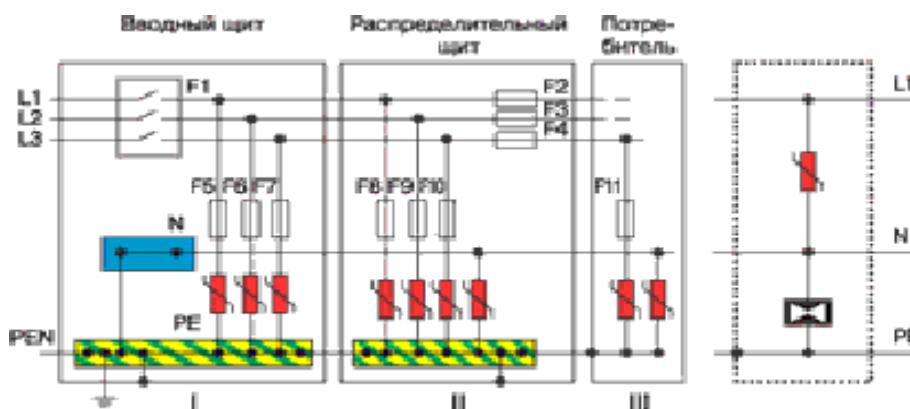


Рис. 4. Установка УЗИП в сети TN-C-S 220/380 В

4. Схемы включения УЗИП

Для того чтобы надежно защитить объект от воздействия любого вида перенапряжений, в первую очередь необходимо создать эффективную систему заземления и выравнивания потенциалов. При этом желателен переход на системы электропитания TN-S или TN-C-S с разделенными нулевым и защитным проводниками. Этот переход важен не только с точки зрения защиты от импульсных перенапряжений, но и для защиты людей от поражения электрическим током (возможно применение УЗО). Следующим шагом должна стать установка защитных устройств. Основные принципы применения УЗИП в отечественной нормативной базе рассмотрены в 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”. Это фактически первый стандарт МЭК по применению УЗИП, переведенный на русский язык и изданный в системе ГОСТ Р. В других стандартах МЭК более глубоко рассматривается проблема защиты от импульсных перенапряжений и некоторые из них также готовятся к изданию в системе ГОСТ Р. Предлагаемые ниже решения основаны на

требованиях именно этих стандартов.

Существуют две основных схемы включения УЗИП в электропитающую линию (рис. 5).

Схема (а) предназначена в первую очередь для защиты от симметричных (продольных) перенапряжений (провод–земля), схема (б) соответственно от несимметричных (поперечных) перенапряжений (провод–провод).

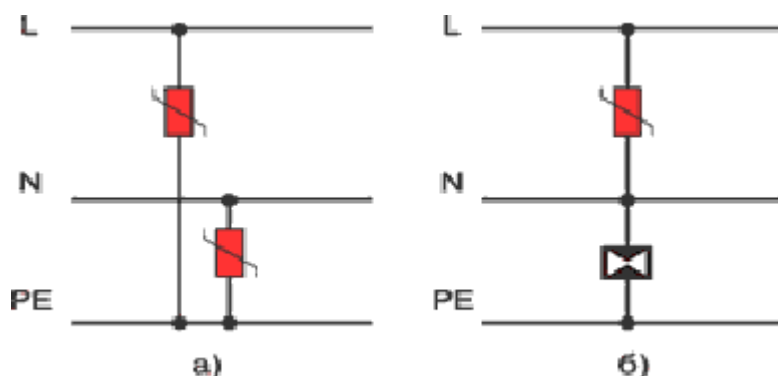


Рис.5. Схемы защиты от перенапряжений: а) симметричных, б) несимметричных.

Данные, полученные в целой серии экспериментов, а также результаты статистических исследований, проводимых фирмами-производителями УЗИП, показали более высокую опасность несимметричного перенапряжения (на клеммах электроприемников L/N) по сравнению с симметричным перенапряжением (на клеммах электроприемников L/PE и N/PE). При проектировании различных ступеней защиты возможно комбинирование этих схем.

Схема подключения УЗИП для наиболее часто применяемых сетей типа TN-C-S приведена на рисунке 5. Ограничители классов I и II включаются между токоведущими проводниками (L1, L2, L3, N) и нулевым защитным проводником (PE) для ограничения симметричных перенапряжений (провод–земля). УЗИП класса III могут включаться или по той же схеме, что и УЗИП классов I и II, или по схеме, обведенной

пунктирной линией, для ограничения несимметричных перенапряжений (провод–провод). Возможно также применение УЗИП в соответствии со схемой на рисунке 6.

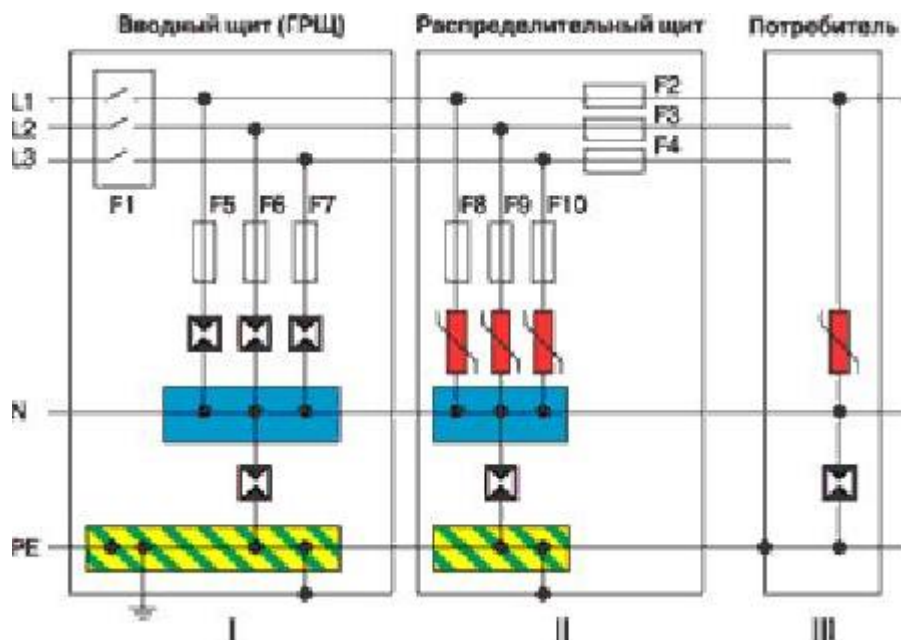


Рис. 6. Вариант установки УЗИП в сети TN-S.

5. Очередность срабатывания УЗИП

При установке защитных устройств необходимо, чтобы расстояние между соседними ступенями защиты было не менее 10 м по кабелю электропитания (рис.1). Выполнение этого требования очень важно для правильной работы (координации срабатывания) защитных устройств. В момент возникновения в силовом кабеле импульсного грозового перенапряжения с очень крутым фронтом, за счет увеличения индуктивного сопротивления металлических жил кабеля при протекании по ним импульса тока, на них возникает падение напряжения, которое оказывается приложенным к первому каскаду защиты. Таким образом достигается его первоочередное срабатывание (обеспечивается необходимая временная задержка в нарастании импульса перенапряжения на следующей ступени защиты). Такие же требования предъявляются при подключении третьей

ступени защиты. Размещая УЗИП на расстоянии ближе 10 м или рядом, необходимо использовать искусственную линию задержки в виде импульсного разделительного дросселя с индуктивностью не менее 6–15 мкГн. Выбор величины индуктивности зависит от того, каким образом осуществляется ввод электропитания в объект. При подземном вводе, когда в первом каскаде защиты установлены варисторы, величина индуктивности может быть меньше (порядка 6 мкГн). При воздушном вводе (в первой ступени установлены разрядники) это значение должно быть не менее 12–15 мкГн (рис. 7). Это объясняется разным временем срабатывания разрядников и варисторов.

При установке дросселей необходимо учитывать, что рабочие токи нагрузки в фазных проводниках не должны превышать указанные в их техническом паспорте предельно допустимые значения.

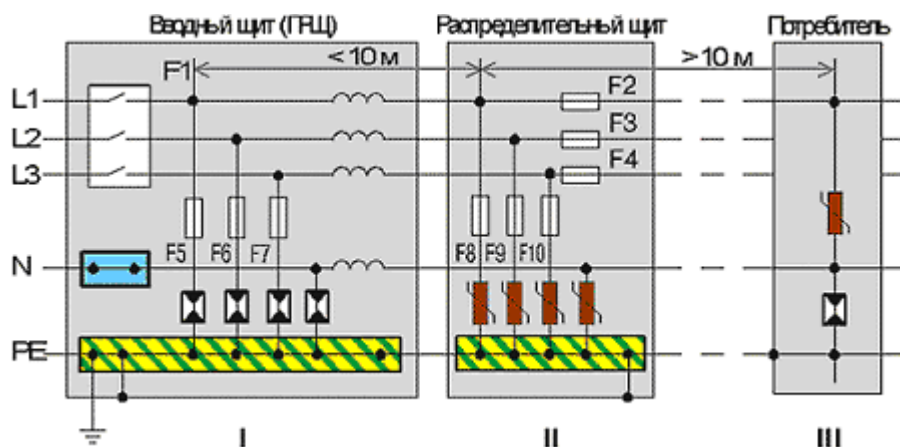


Рис. 7. Вариант установки защитных устройств в TN-Сеть с использованием дросселей.

6. Монтаж УЗИП

Устройства защиты могут размещаться в отдельном щитке, причем в одном щитке могут находиться ограничители перенапряжения всех трех классов. Это становится возможным в случае установки между ними

разделительных дросселей. Пример схемы подключения к электроустановке защитного щитка с двумя ступенями защиты приведен на рисунке 8. К нагрузочной стороне вводного автомата подключается вход щитка, к силовой стороне групповых автоматов – выход щитка. Заземление щитка должно осуществляться на главную заземляющую шину объекта или РЕ шину вводного щита (ГРЩ). Основные требования по монтажу и подключению главной заземляющей шины (ГЗШ) изложены в главе 1.7 ПУЭ (7-е издание), а также в Техническом циркуляре ассоциации «Росэлектромонтаж» № 6/2004 от 16.02.2004 «О выполнении основной системы уравнивания потенциалов на вводе в здание»*.

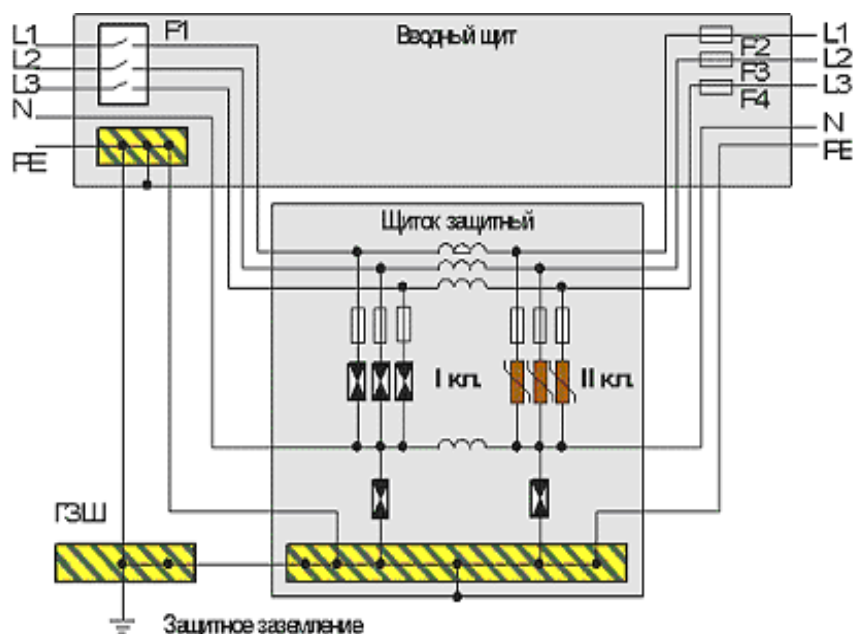


Рис. 8. Установка защитного щитка трёхфазную сеть.

При монтаже УЗИП необходимо учитывать то, что расстояния между ГЗШ, защитным щитком и вводным щитом объекта должны быть минимальные. РЕ проводники должны прокладываться возможно кратчайшими путями без образования петель и острых углов.

При подключении силовых кабелей к щитку необходимо избегать совместной прокладки защищенного и незащищенного участков кабеля, а также защищенного кабеля и кабеля заземления (рис. 9).

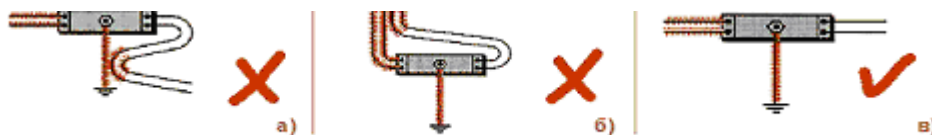


Рис. 9. Прокладка защищённых и влияющих проводников: а),б) – неправильная; в) – правильная.

7. Дополнительная защита от КЗ

Основным принципом схем включения защитных устройств является уравнивание потенциалов между двумя проводниками, одним из которых, как правило, является фазный проводник, а другим – нулевой рабочий или нулевой защитный проводник.

Между ними в случае выхода из строя УЗИП возможно возникновение короткого замыкания (КЗ), что приводит к выходу из строя электроустановки и даже к возникновению пожара.

Тепловая защита варисторных ограничителей (устройство отключения при перегреве варистора) срабатывает, как правило, при старении варистора, когда увеличиваются токи утечки, или при превышении фактического тока разряда через ограничитель над максимально допустимым.

В последнем случае воздействие кратковременно и варистор не обязательно выходит из строя, но при этом всё равно будет отключен от защищаемой цепи в результате выделения большого количества тепловой энергии. В некоторых случаях устройство можно даже восстановить с использованием старого варистора.

Несколько иная ситуация возникает в случае установившегося превышения действующего напряжения в сети над максимальным допустимым для данного УЗИП рабочим напряжением.

Пример такой ситуации: отгорание нулевого рабочего проводника при вводе в электроустановку, когда к нагрузке может оказаться приложенным межфазное напряжение 380 В. При этом варистор открывается и через него длительное время протекает ток, величина которого близка к току КЗ и может достигать нескольких сотен ампер.

Из практики известно, что устройство тепловой защиты не всегда срабатывает в подобных ситуациях. Кроме того, в составе УЗИП на базе разрядников нет устройства теплового отключения. В результате, от воздействия большого количества тепловой энергии защитное устройство, как правило, разрушается. Возможно даже возникновение дуги и замыкание клемм устройства на корпус шкафа или DIN-рейку при расплавлении пластмассы корпуса.

Поэтому для защиты электроустановки и УЗИП всех типов от режимов КЗ необходима дополнительная защита в виде предохранителей F5–F10 с характеристикой срабатывания gG или gL (классификация согласно ГОСТ Р 50339.0-92 (МЭК 60269-1-86) или VDE 0636 (Германия) соответственно), устанавливаемых в цепь последовательно с каждым УЗИП (рис. 1 и 2).

Данные предохранители предназначены для защиты токоведущих проводников и коммутационных устройств от перегрузок и КЗ и имеют довольно сложную внутреннюю конструкцию.

Особо следует отметить, что применение защитных автоматов в данной ситуации не гарантирует необходимый результат. Опыт эксплуатации показывает, что сами автоматические выключатели бывают повреждены импульсом тока при грозовом разряде. При этом может произойти приваривание контактов расцепителя друг к другу и появляется вероятность несрабатывания автомата при КЗ в нагрузке. Предохранитель полностью исключает подобную ситуацию.

К тому же правильный выбор номинала практически исключает вероятность перегорания предохранителя от прохождения через защитное устройство импульсного тока при ударе молнии. Надо понимать, что при отказе от установки предохранителей, в случае возникновения КЗ хотя бы в одном из ограничителей перенапряжения, сработает вводный автомат и электропитание потребителя будет прервано до устранения неисправности.

Применение предохранителей в цепи каждого ограничителя перенапряжений значительно уменьшает вероятность такой ситуации.

При выборе номиналов предохранителей следует руководствоваться рекомендациями производителя УЗИП. Номиналы общих и индивидуальных предохранителей определяются с учетом селективности их срабатывания и способности защитных устройств выдерживать расчетные токи КЗ для конкретной электроустановки (вопросы, связанные с методикой выбора номиналов предохранителей и возможностью применения автоматических выключателей, сейчас подробно изучаются).

8. Методика выбора типа защитных устройств

Система внутренней молниезащиты для электропитающей сети до 1000 В, состоящая из УЗИП разного типа, должна отводить грозовые токи или их большую часть без повреждения самих защитных устройств.

Для определения величины тока, проходящего через УЗИП первой ступени защиты в случае прямого удара молнии в здание с системой внешней молниезащиты, рекомендуется исходить из конфигурации системы заземления и уравнивания потенциалов здания, а также подведенных к нему коммуникаций.

На рис. 10 приводится классический пример распределения грозового тока в объекте, подвергнутом прямому удару молнии (МЭК 61024-1-1; МЭК 61643-12).

Методика расчета токов растекания приведена в ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98), приложение А. Чтобы установить, как распределяются токи между металлическими элементами конструкции здания при попадании молнии в систему внешней молниезащиты, необходимо рассчитать сопротивления заземляющих устройств, трубопроводов, электропитающего ввода, ввода кабелей связи и т.п.

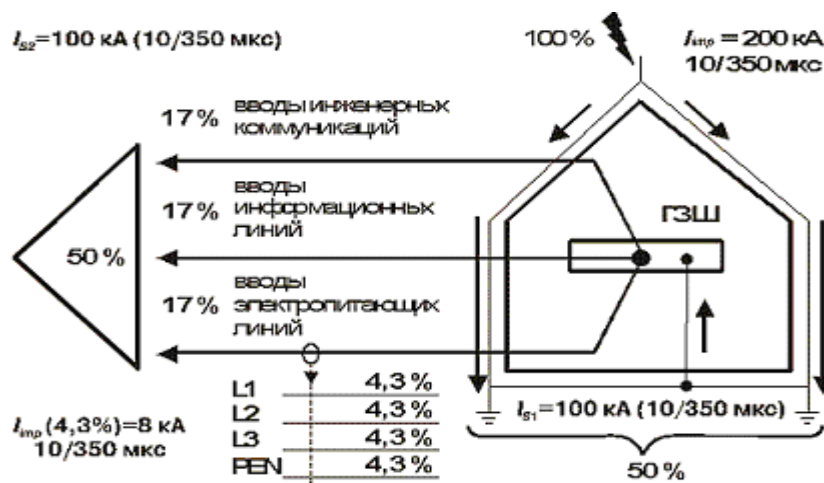


Рис. 10. Распределение токов молнии при прямом ударе в объект связи.

Если точный расчет затруднен, можно использовать так называемую квалифицированную оценку, исходящую из следующих рассуждений:

- расчет производится для пикового значения тока I_{imp} , взятого из таблицы 2.3 Инструкции СО-153-34.21.122-2003 в соответствии с выбранным уровнем защиты от прямого удара молнии. Например, для объектов с первым уровнем защиты $I_{imp} = 200 \text{ кА (10/350 мкс)}$;
- 50% от общего тока ($I_{imp} = 200 \text{ кА (10/350)} \text{ ® } IS1 = 100 \text{ кА (10/350)}$) отводится в землю через заземляющее устройство системы внешней молниезащиты;
- 50% от общего тока ($I_{imp} = 200 \text{ кА (10/350)} \text{ ® } IS2 = 100 \text{ кА (10/350)}$) разделится равномерно (приблизительно по 17%) между наружными вводами в объект трех основных видов коммуникаций: кабелями связи и передачи

информации, металлическими трубопроводами и проводами, например, ввода электрического питания 220/380 В.

Величина тока, проходящего через отдельные вводы, обозначается как I_i , при этом:

$$I_i = I_{S2} I_n,$$

где n равно числу вводов.

Для оценки тока I_V в отдельных жилах неэкранированного кабеля, ток в кабеле делится на количество проводов m :

$$I_V = I_i I_m.$$

Для правильного выбора типа защитных устройств и их основных параметров целесообразно руководствоваться следующим алгоритмом:

1) расчет производится исходя из максимального значения грозового тока I_{imp} (10/350 мкс) в зависимости от уровня защиты объекта от прямого удара молнии;

2) далее для каждого провода системы электропитания определяется (по приведенной выше методике) значение импульсного тока формы (10/350 мкс), который может в нем протекать и который должно гарантированно отвести защитное устройство класса I;

3) после этого выбирается защитное устройство с некоторым запасом (20–30%), учитывая возможную неравномерность растекания токов по различным проводникам.

В случае изменения исходных данных (числа вводов в объект, типа системы электропитания, количества проводов в кабеле и т.д.) итоговые значения могут существенно измениться как в сторону уменьшения импульсных токов, так и в сторону их возрастания. В случае применения экранированных кабелей большая часть токов растекается через экранные

оболочки, что подтверждает необходимость использования данных кабелей на объектах с повышенными требованиями к защищенности от удара молнии.

9. Методика выбора УЗИП при воздушном вводе

Приведенные ранее заключения истинны для объектов, оборудованных системой внешней молниезащиты и имеющих кабельный подземный ввод электропитания. Ситуация может серьезно усложниться в случае воздушного ввода электропитания. Элементарный расчет показывает, что при прямом попадании молнии с током $I_{\text{imp}} = 200 \text{ кА}$ (10/350 мкс) и при условии его равномерного распределения по четырем проводам системы TN-C импульсные токи в каждом проводе будут иметь значения около 50 кА. Стеkanie этих токов на землю будет осуществляться в две стороны: через оборудование низковольтной стороны подстанции и элементы электроустановки объекта в примерном соотношении 1:1.

Таким образом, в каждом проводе на вводе электропитающей установки объекта ток будет равен 25 кА (10/350 мкс). Если предположить, что равномерное растекание токов по какой-то причине не произошло, то это значение может возрасти до 45–50 кА и более.

УЗИП на базе варисторов обеспечивают качественную защиту при их применении в первой ступени при амплитудах величиной $I_{\text{imp}} = 20 \text{ кА}$ (10/350 мкс), что в большинстве случаев достаточно даже при воздушном вводе электропитающей линии в объект.

Если защитное устройство должно выдерживать более высокие амплитуды грозовых токов, рекомендуется применить разрядники искрового типа, которые могут иметь значение $I_{\text{imp}} = 50\text{--}100 \text{ кА}$ (10/350 мкс).

Однако при выборе искрового разрядника необходимо обращать внимание на такой параметр, как сопровождающий ток I_f , который протекает через разрядник после окончания импульса перенапряжения и

поддерживается самим источником тока, т.е. электроэнергетической системой. Фактически значение этого тока стремится к расчетному току КЗ (в точке установки разрядника для данной конкретной электроустановки). Поэтому в цепи «L-N; L-PE» нельзя применять газонаполненные (и другие) разрядники со значением I_f равным 100–300 А. В результате длительного воздействия сопровождающего тока они будут повреждены и могут вызвать пожар. Для установки в данную цепь необходимы разрядники со значением I_f , превышающим расчетный ток КЗ, т.е. от 2–3 кА и выше.

10. Выбор защитных устройств: резюме

В качестве первой ступени защиты рекомендуется:

При воздушном вводе электропитания (вне зависимости от наличия внешней системы молниезащиты – СМЗ, когда возможно прямое попадание молнии в провода ЛЭП в непосредственной близости от объекта) рекомендуется устанавливать грозовые разрядники. Они должны пропускать через себя импульсные токи формы 10/350 мкс с амплитудным значением 50–100 кА, гасить сопровождающие токи величиной более 4 кА и обеспечивать уровень защиты (U_p) менее 4 кВ (например, многозачорные угольные искровые разрядники без выброса ионизированных газов).

При подземном вводе электропитания (при наличии внешней системы молниезащиты, когда существует вероятность попадания молнии в молниеприемник СМЗ) можно установить варисторные защитные устройства, способные пропускать через себя импульсные токи формы 10/350 мкс с амплитудным значением 10–25 кА и обеспечивать уровень защиты $U_p = 4$ кВ и ниже. При этом желательно произвести предварительную оценку токов растекания по приведенной выше методике. При отсутствии внешней системы молниезащиты необходимо установить, так как прямой удар молнии в этом случае, как правило, приводит к динамическим воздействиям на строительные конструкции объекта, а также

может вызвать пожар за счет искрения и перекрытия воздушных промежутков между токопроводящими элементами объекта.

В качестве второй ступени защиты в цепях L–N используются устройства на базе варисторов с максимальным импульсным током 20–40 кА формы 8/20 мкс и уровнем защиты (U_p) менее 2,5 кВ. В цепях N–PE применяются газонаполненные металлокерамические разрядники, способные выдерживать импульсные токи с амплитудой 20–40 кА формы 8/20 мкс. Сопровождающие токи в цепях N–PE не возникают, поэтому в данном случае могут применяться разрядники с $I_{равн}$ 100–300 А.

В качестве третьей ступени защиты используются модули с максимальным импульсным током 6–10 кА формы 8/20 мкс и уровнем защиты (U_p) менее 1,5 кВ. Целесообразно применять комбинированные устройства с дополнительным помехоподавляющим фильтром в полосе частот 0,15–30 МГц.

Разделительные дроссели (если их применение необходимо) выбираются, исходя из величины максимальных рабочих токов нагрузки (например: 16, 32, 63 или 120 А).

Для объектов с подземным вводом электрического питания можно применять комбинированные устройства, отвечающие по своим входным параметрам требованиям к варисторным защитным устройствам I класса (импульс тока величиной 10–25 кА; форма 10/350 мкс). По своим выходным параметрам (уровень защиты (U_p) 1300–1700 В при номинальном импульсном токе, форма 8/20 мкс) они выполняют требования ко II классу защиты.

Подобные устройства позволяют отказаться от использования разделительных дросселей, т.к. всё устройство смонтировано в одном общем корпусе для установки на DIN-рейку. Размер корпуса при этом меняется в зависимости от количества защищаемых проводников и соответствует размеру от двух до семи стандартных типовых корпусов (для однофазной и трехфазной сети соответственно). Однако, в случае установки подобного

устройства на воздушном вводе электропитания, существует вероятность его выхода из строя при ударе молнии непосредственно в провода ЛЭП возле объекта.

11. Особенности подключения УЗИП

В некоторых ситуациях установки защиты только на вводе здания недостаточно для того, чтобы с большой степенью вероятности защитить такую категорию потребителей электроэнергии, как высокочувствительная электронная техника. Защитные устройства третьего класса в этом случае устанавливаются непосредственно возле защищаемого оборудования (на вводе в квартиру, офис). При использовании устройств защиты от импульсных перенапряжений необходимо учитывать некоторые особенности их подключения в схему электроустановки объекта.

В случае применения устройств защитного отключения (УЗО), УЗИП первого и второго класса должны быть включены до УЗО (по ходу энергии). Таким образом, их срабатывание не вызовет ложного отключения УЗО.

Устройства защиты третьего класса могут быть установлены после УЗО (по ходу энергии), но при этом должны использоваться устройства защитного отключения типа «S» (селективные) с временной задержкой срабатывания от импульсных помех (рис. 11).

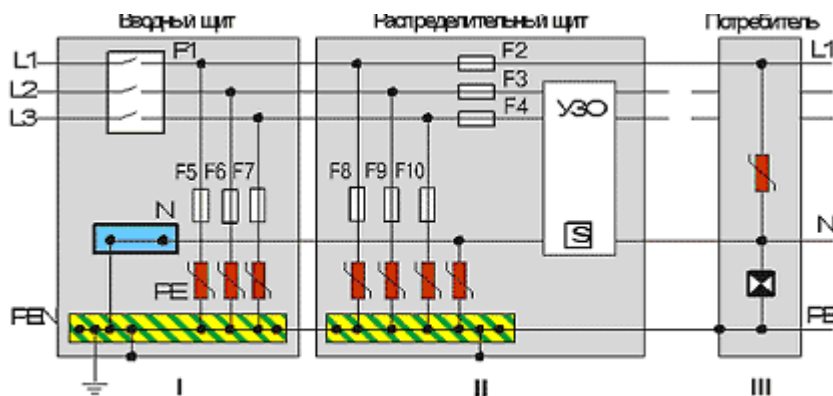


Рис. 11. Установка защитных устройств в TN-C-Сети 220/380 В.

При измерениях, производимых на электроустановке, когда методикой измерений предусматриваются испытания высокими напряжениями (например, проверка сопротивления изоляции проводов), необходимо отключать защитные устройства от электроустановки. Несоблюдение этого правила приведет к искажению результатов измерения или в худшем случае к выходу из строя устройств защиты от импульсных перенапряжений.

12. Литература

1. IEC-61024-1 (1990-04): Молниезащита строительных конструкций. Часть 1. Основные принципы. IEC-61024-1-1 (1993-09): Молниезащита строительных конструкций. Часть 1. Основные принципы. Руководство А: Выбор уровней защиты для молниезащитных систем.
2. IEC-61312-1 (1995-05): Защита от электромагнитного импульса молнии. Часть 1. Основные принципы.
3. IEC-61643-12 (2002): Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 12. Выбор и принципы применения.
4. ГОСТ Р 50571.19-2000 Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений.
5. ГОСТ Р 50571.20-2000 Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями.
6. ГОСТ Р 50571.21-2000 Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж оборудования. Раздел 548. Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации.
7. ГОСТ Р 50571.22-2000 Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации.
8. ГОСТ Р 50571.26-2002 Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений.
9. ГОСТ Р 51732-2001 Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия.

10. 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.
11. ГОСТ Р 50339.0 (МЭК 60269-1-86) Низковольтные плавкие предохранители.
12. «Молния и молниезащита». И.П. Кужекин, В.П. Ларионов, Е.Н. Прохоров, Москва, Знак. 2003 г.