

Разнообразие условий и решений по применению УЗИП



Использование устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) требует определенных знаний. В статье разъясняются ключевые моменты, связанные с выбором и применением УЗИП.

АО «НПО «Стример», г. Санкт-Петербург

Выбор устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) даже для тех, кто знаком с назначением устройства, обычно связан с множеством вопросов при определении конструкции, модульности, электрических параметров, схемы подключения и места установки УЗИП. Помимо вопросов о функциональности, волнуют озвученные интернет-пространством риски повысить вероятность возгорания шитка, неоправданно отключить нагрузку, израсходовать преждевременно ресурс рабочих элементов, пропустить мимо счетчика ток утечки или снизить надежность всей схемы из-за установки в нее аппарата под названием УЗИП.

Следует отметить, что международные документы, например [1, 2], сосредоточены не на обосновании применения УЗИП, а исключительно на выборе их параметров, поскольку установка УЗИП практикуется наравне с выключателями, реле напряжения, УЗО. И основная проблема для потребителя — это сделать выбор между УЗИП для защиты от разрушающего, но редкого прямого воздействия молнии и УЗИП для защиты от менее мощного, но более частого индуктированного воздействия.

При этом многолетний опыт работы компании АО «НПО «Стример» на рынке низковольтной молниезащиты показывает актуальность разъяснения российским потребителям некоторых

ключевых моментов, связанных с выбором и применением УЗИП.

Назначение и принцип работы УЗИП

УЗИП — аппаратное средство многократного действия, предназначенное для ограничения перенапряжений микросекундной длительности на безопасном для оборудования уровне с нужным быстродействием. Область применения УЗИП — внутренняя защита от вторичных воздействий молнии изоляции кабельных линий и оборудования напряжением до 1000 В переменного тока и до 1500 В постоянного тока.

В момент удара молнии — непосредственно в объект «под управлением» внешней молниезащиты, в питающую линию или в землю поблизости — возникает задача предотвратить последствия растекания тока молнии. Кондуктивные и индуктированные перенапряжения, сопровождающие ток молнии, распространяются по питающим и информационным кабелям, создавая разность потенциалов между рабочими и заземляющим проводниками. Приложенное в итоге к оборудованию перенапряжение может превысить его импульсную стойкость и привести к повреждению.

Назначение УЗИП схоже с назначением высоковольтных устройств молниезащиты линий электропередачи — мультикамерных разрядников типа РМК [3] и нелинейных огра-

нителей перенапряжения (ОПН), которые подключаются параллельно изоляторам и предотвращают их перекрытие.

Принцип работы УЗИП основан на свойствах его нелинейных рабочих элементов — варисторов, разрядников и диодов. При появлении волны перенапряжения пробивается искровой промежуток разрядника или «открывается» варистор, УЗИП резко снижает сопротивление и пропускает ток молнии, ограничивая тем самым перенапряжение на оборудовании. Уровень этого ограничения определяется разрядным или остаточным напряжением УЗИП. После окончания импульса УЗИП восстанавливает свое высокое сопротивление и не оказывает влияния на рабочие характеристики сети.

УЗИП не предназначены для решения ряда задач, смежных с обсуждаемой, а именно:

- ▶ УЗИП не работает с электромагнитным импульсом ядерного взрыва, где длительность нарастания фронта волны исчисляется единицами наносекунд, потому что рабочие элементы УЗИП обладают гораздо меньшим быстродействием — порядка 100 нс у разрядников и 25 нс у варисторов;

- ▶ УЗИП не сможет защитить сеть при длительных стационарных перенапряжениях;

- ▶ УЗИП не коммутирует нагрузку, не заменяет УЗО, УДТ, реле напряжения или фильтры;

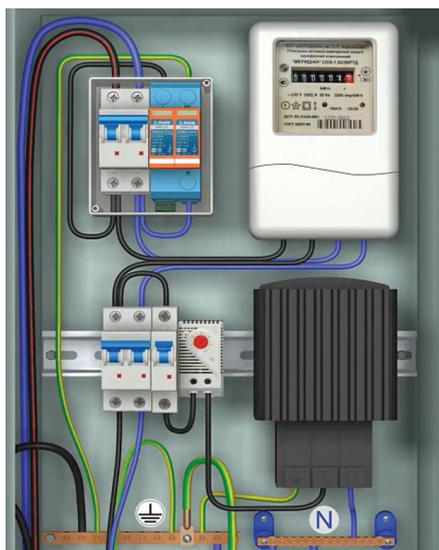


Рис. 1. Монтаж УЗИП на DIN-рейку

► в УЗИП нет индикатора срабатывания и встроенного счетчика импульсов (хотя такие разработки уже ведутся).

Предпосылки для применения УЗИП

Установка УЗИП обязательна, если:

► объект имеет систему внешней молниезащиты. Это подразумевает, что выполненная на этапе проектирования оценка, например по методикам [4, 5], показала высокий риск поражения объекта молнией;

► отказ оборудования из-за влияния перенапряжений несет угрозу жизни или здоровью людей, окружающей среде, нарушает деятельность ответственных систем (дата-центров, медицинских центров, АЗС, средств обеспечения безопасности, источников энергоснабжения, коммунальных, коммерческих, культурных и промышленных предприятий и т. д.);

► здание относится к категории высотных (высотные здания могут поражаться молнией ежегодно, а наиболее опасными становятся нисходящие молнии, которые прорываются ниже кровли и поражают боковые поверхности здания).

В остальных случаях решение об установке УЗИП принимается на основе технико-экономического анализа. Суммарные затраты на замену/ремонт поврежденного оборудования с учетом ожидаемого количества прямых и удаленных ударов молнии в объект за срок его эксплуатации сравниваются с затратами на установку комплекта УЗИП. Применение УЗИП целесообразно, если стоимость оборудования превышает стоимость защиты.

Выбор конструктивного исполнения УЗИП

Выбор начинается с определения типа защищаемого объекта и форм-

фактора УЗИП. За небольшим исключением, силовые и информационные УЗИП монтируются в щиток на DIN-рейку (рис. 1). Таким способом можно установить сразу нужное количество модулей УЗИП для сети 230/380 В с любой системой заземления. Другим вариантом силового УЗИП внутренней установки является штепсельный тип, когда УЗИП включается в розетку 230 В с заземляющим контактом (рис. 2а), причем эта розетка может располагаться как во вводном щитке, так и в любом помещении. Остальные варианты имеют специальное назначение, например УЗИП для защиты светодиодного освещения, который монтируется снаружи опоры в разрыв питающего кабеля (рис. 2б). Для нужд РЖД широко применяются УЗИП с креплением под винт на двухштырные клеммы (рис. 2в).

Конструктивное разнообразие УЗИП, кроме того, связано с вариациями числа модулей в одном устрой-



а

б

в

Рис. 2. Формфакторы УЗИП: а – штепсельное для установки в розетку; б – с креплением на опору освещения для защиты LED-светильников; в – с креплением к двухштырной клемме для защиты оборудования РЖД

стве и опцией сменного модуля с рабочим элементом. Условие сменности рабочего модуля не должно быть приоритетным при выборе УЗИП. Число необходимых модулей УЗИП определяется количеством защищаемых проводников и обеспечивается одним УЗИП в монолитном корпусе или набирается одномодульными устройствами. Если разделение PEN-проводника выполнено рядом с точкой установки УЗИП, то модуль между N- и PE-проводниками не устанавливается.

Для выбора конкретной модели УЗИП нужно выстроить концепцию защиты, определившись с компоновочной и электрической схемами объекта, его прилегающей территорией и категориями защищаемого оборудования. Это даст ответ на вопросы о схеме защиты (одиночное УЗИП, несколько одиночных УЗИП, каскадная схема) и классах испытаний УЗИП.

Выбор УЗИП по классу испытаний

УЗИП для защиты оборудования по цепям питания классифицируются по классам испытаний I, II и III. Класс испытаний характеризует способность УЗИП поглощать энергию импульсов тока молнии, сохраняя работоспособность и не изменяя уровень защиты. Информационным УЗИП для этой же цели присваиваются категории.

Для формализации испытательной процедуры в стандартах принято, что импульс с формой 10/350 мкс моделирует ток молнии при прямом ударе, сопровождающемся кондуктивными перенапряжениями, а импульс с формой 8/20 мкс – ток молнии при удаленном ударе, сопровождающемся индуктированными перенапряжениями.

Основное отличие силовых УЗИП I класса (и информационных УЗИП категории D1) заключается в том, что они проходят дополнительные испытания импульсом 10/350 мкс, удельная энергия которого в 17 раз больше, чем у импульса 8/20 мкс, используемого для многократных испытаний УЗИП всех классов и категорий. Если УЗИП выдержал испытание током 10/350 мкс с любой амплитудой, ему присваивается I класс.

Соответственно, если прямой удар молнии (ПУМ) в объект или элемент электроустановки не ожидается, то

для ограничения индуктированных перенапряжений достаточно УЗИП класса II, а если объект оснащен системой внешней молниезащиты или питающая линия выполнена СИП, то нужно УЗИП класса I. УЗИП же класса III обычно позиционируется как дополнительное средство для защиты особо помехочувствительного оборудования, если УЗИП I или II классов обеспечивают недостаточно глубокое ограничение перенапряжения, или расстояние по кабелю между основным УЗИП и оборудованием превышает 30–50 м.

Совмещение классов I+II или II+III подразумевает, что устройство имеет высокую стойкость к току молнии и глубокий уровень ограничения перенапряжения, причем конструктивно это не означает наличия внутри УЗИП рабочих элементов разных классов. На практике задачи обеспечения высокой пропускной способности тока молнии и низкого уровня ограничения перенапряжения являются скорее взаимоисключающими, поэтому применение УЗИП класса I+II или II+III не должно внушать иллюзию универсальной защиты от всех проблем. Маркировка же УЗИП классом испытаний I+II+III должна рассматриваться как чисто коммерческая.

Выбор максимального рабочего напряжения и параметров тока молнии

Линейка УЗИП одного класса может содержать несколько модификаций, различающихся максимальным длительным рабочим напряжением U_c . В любом случае, U_c не должно быть ниже наибольшего рабочего напряжения системы. Предпочтительные значения U_c для сетей 220/380 В приводит стандарт [6]: 255; 275; 320; 385; 400; 420 В. Воздействие максимального длительного рабочего напряжения не должно изменять характеристики УЗИП в нормальных условиях. Этот параметр очень важен, особенно для УЗИП на базе варисторов, потому что от него зависит работоспособность УЗИП в течение срока службы. В то же время параметры выдерживаемых импульсных токов (I_{imp} , I_n , I_{max}) обычно предлагаются с большим запасом, заложенным производителем для повышения конкурентоспособности и коммерческой позиции продукта на рынке.

Согласно [7], для каждого модуля УЗИП принимаются следующие зна-

чения импульсного I_{imp} тока 10/350 мкс и номинального I_n разрядного тока 8/20 мкс:

▸ для УЗИП I+II класса $I_{imp} = 12,5$ кА;

▸ для УЗИП II класса $I_n = 5$ кА в качестве минимального значения, $I_n = 20$ кА как оптимальное значение, обеспечивающее более продолжительный срок службы.

Основные правила применения УЗИП

Применяются две основные схемы включения УЗИП, обозначаемые как X + Y. Если Y = 0 (схемы 2 + 0, 3 + 0, 4 + 0), то модули УЗИП соединяют каждый рабочий проводник с PE-проводником. Такая схема предназначена для защиты от синфазных перенапряжений (провод – земля), когда помеха развивается со стороны заземляющего устройства, например, при ударе молнии в молниеприемник. Если Y = 1 (схемы 1 + 1, 3 + 1), то один модуль УЗИП подключается между нейтральным и PE-проводником, остальные – между фазными и нейтральным проводниками. Такая схема применяется для защиты от дифференциальных перенапряжений, когда помеха развивается по фазным проводникам (провод – провод), а также во всех случаях, когда источник помех не определен. Схема (1 + 0), подразумевающая одномодульное УЗИП, может упрощенно обозначаться как (1).

Применение УЗИП на базе разрядников для защиты фазных проводников ограничено из-за сопровождающего тока сети, который потечет через разрядник по окончании импульсного тока. Прервать сопровождающий ток, величина которого примерно равна току КЗ электроустановки, способен только разрядник специальной конструкции, обычно такие разрядники являются многоззорными. Желательно, чтобы способность гашения сопровождающего тока у такого разрядника была не ниже 5 кА. Применение УЗИП на базе стандартного двухэлектродного газонаполненного разрядника допускается только для выравнивания потенциалов между N- и PE-проводниками в системах TT или TN, где отсутствует источник для поддержания тока КЗ, либо в сетях, где ожидаемый ток КЗ не превышает 100 А.

В системах постоянного тока для защиты полюсов, как правило, не применяются УЗИП на базе разряд-

ников из-за отсутствия перехода тока через ноль и связанной с этим проблемы гашения сопровождающего тока. Исключение — защита фотоэлектрических систем на стороне постоянного тока, где сопровождающий ток источника (ФЭ батарея) не превышает 100 А [8].

Риск отключения нагрузки в случае повреждения УЗИП можно снизить, если последовательно с устройством защиты включить предохранители типа gG с номиналом, рекомендованным производителем УЗИП. Однако в случае невозможности обеспечения селективности между предохранителем в цепи УЗИП и вышестоящим выключателем, предохранитель не устанавливаются. Отсутствие предохранителя оправданно допускается, потому что УЗИП на базе варисторов всегда содержат встроенный расцепитель, а УЗИП на базе разрядников не подвержены деградации и обладают высокой механической и электрической прочностью.

Вероятна ситуация, когда в оборудовании (светильники, источники питания, видекамеры и др.) уже встроена защита от импульсных перенапряжений, это может быть варистор или комбинация варисторов и разрядников. Надо иметь в виду, что встроенная защита не способна работать во всем диапазоне параметров молниевых воздействий. Кроме того, перед встроенной защитой устанавливаются предохранители с низким номиналом, которые выходят из строя при срабатывании встроенной защиты и протекании тока молнии. Грамотно подобранное внешнее УЗИП позволит сохранить в работе оборудование с существенно большей надежностью.

Варисторы – ключевой рабочий элемент УЗИП

Варистор представляет собой резистор, сопротивление которого нелинейно зависит от напряжения: чем выше напряжение, тем меньше сопротивление. В отличие от разрядника, остаточное напряжение (уровень защиты U_p) варистора определяется максимальным значением протекающего через него тока, то есть зависит от его вольтамперной характеристики (ВАХ): чем ниже ток, тем ниже напряжение ограничения и тем выгоднее смотрится УЗИП. Поэтому важно понимать, при каком значении тока мар-

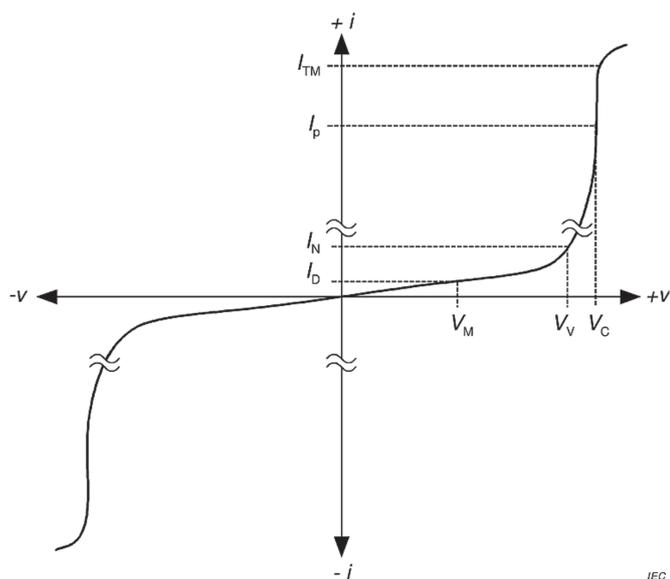


Рис. 3. Условная ВАХ варистора из стандарта 61643-331: V_M – максимальное длительное напряжение, I_D – ток утечки при V_M , V_V – классификационное напряжение варистора (при постоянном токе $I_N = 1$ мА), V_C – остаточное напряжение при токе I_p , I_{TM} – амплитуда максимального разрядного тока

кируется уровень защиты УЗИП на базе варисторов. ГОСТ [6] содержит указания, что остаточное напряжение всегда определяется при воздействии тока 8/20 мкс, но для УЗИП I класса его амплитуда должна соответствовать уровню импульсного тока $I_{имп}$, а для УЗИП II класса – уровню номинального разрядного тока I_n . Соответственно, при измерении уровня защиты УЗИП I+II класса появляется неявная возможность выбора значения тока в пользу меньшего из двух значений и получения тем самым более низкого U_p .

Схематично ВАХ варистора показана на рис. 3, где обозначения параметров соответствуют принятым в стандарте 61643-311 [9].

Ключевыми параметрами варистора являются классификационное напряжение ($U_{кл}$, V_V), измеряемое при подаче постоянного тока 1 мА, и ток утечки (I_r , I_D), измеряемый при подаче максимального длительного рабочего напряжения U_c . Соответственно, критерием, определяющим надежность работы и отсутствие деградации варистора, является стабильность классификационного напряжения и тока утечки после импульсных испытаний.

Полный ток утечки, измеренный на переменном напряжении, содержит резистивную (порядка 10%) и емкостную (порядка 90%) составляющие. Деградация варистора может происхо-

дить из-за локального перегрева точечных неоднородностей в объеме варисторной керамики, и судить о сохранении теплового равновесия варисторов можно только по активной составляющей тока утечки. При воздействии на варистор напряжения, меньшего, чем наибольшее рабочее, в нем протекает в основном емкостный ток, а активной составляющей тока практически нет – ток утечки имеет порядок микроампер. Контроль же полного тока утечки может быть интересен эксплуатирующей организации при координации работы УЗИП и УЗО (УДТ), реле контроля изоляции (РКИ), а также при установке УЗИП перед прибором учета электроэнергии. Можно оценить потери от безучетного потребления за год тока утечки 0,5 мА при установке одного УЗИП на базе варисторов перед счетчиком:

$$\Delta W = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ (А)} \cdot 220 \cdot 10^{-3} \text{ (кВ)} \cdot 24 \text{ ч} \cdot 365 \text{ дн.} = 1,0 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Если принять стоимость электроэнергии 10 руб/кВт·ч, то получим 10 руб/год, что несопоставимо ниже совокупных годовых потерь электроэнергии.

Заключение

Выбор УЗИП для защиты конкретного объекта, как правило, не оставляет выбора – в конце процесса не останется даже двух вариантов.

Разнообразие конструкций УЗИП, представленных на рынке, объясняется в первую очередь параметрами электрической сети – фазностью, системой заземления, номинальным и наибольшим рабочим напряжениями. Определение нужных схемотехники и параметров УЗИП в большинстве случаев остается за производителем и основывается на анализе электрической схемы и топологии объекта заказчика. Некоторые конструктивные опции УЗИП обычно не влияют на его функциональность.

УЗИП – устройство защиты, которое целесообразно применять наравне с выключателями, реле напряжения, УЗО и т.д. Оно богаче по назначению, потому что способно защитить любую силовую или информационную сеть от последствий удара молнии без отключения нагрузки.

Перед применением УЗИП проконсультируйтесь со специалистами!

Литература

1. C62.41.2. IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits.
2. ГОСТ Р 55630-2013 Перенапряжения импульсные и защита от перенапряжений в низковольтных системах переменного тока. Общие положения.
3. Подпоркин Г. В., Енькин Е. Ю., Пильщиков В. Е. Молниезащита воздушных линий электропередачи мультикамерными разрядниками нового поколения. Известия Российской академии наук // Энергетика. 2015. № 3.
4. ГОСТ Р 50571.4.44-2019 Электроустановки низковольтные. Часть 4.44. Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений.
5. ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010 Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска.
6. ГОСТ IEC 61643-11-2013 Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 11. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным

системам распределения электроэнергии. Требования и методы испытаний.

7. ГОСТ Р МЭК 61643-12-2022 Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения.

8. ГОСТ IEC 61643-31-2022 Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 31. Требования и методы испытаний устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) для фотоэлектрических систем (ФЭС).

9. IEC 61643-311 Components for low-voltage surge protective devices – Part 331: Performance requirements and test methods for metal oxide varistors (MOV). Edition 2.0. 2017-12.

Н. Б. Кутузова, эксперт направления
низковольтных защитных устройств,
АО «НПО «Стример», г. Санкт-Петербург,
тел.: +7 (812) 327-0808,
e-mail: info@streamer.ru,
сайт: www.streamer.ru