

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

перенапряжением в электротехническом устройстве

называется напряжение между двумя точками электротехнического устройства, значение которого превышает наибольшее рабочее значение напряжения

Перенапряжения делятся на 2 группы: 1) *импульсные*; 2) *временные*

Импульсное перенапряжение – это резкое увеличение напряжения в точке электрической сети, вслед за которым напряжение восстанавливается до первоначального или близкого к нему уровня. Импульсные перенапряжения длятся кратковременно, до 0,005 с (5 мс).

Импульс перенапряжения характеризуется амплитудой $U_{и.а}$ и продолжительностью его действия $\Delta t_{и.0,5}$ при напряжении $0,5U_{и.а}$.

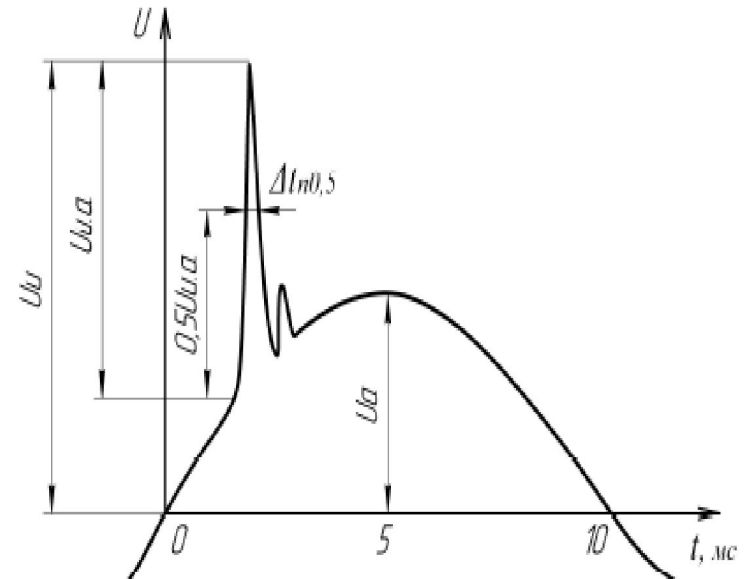
Перенапряжения делятся на *внешние и внутренние*, в зависимости от места, где они возникают (по отношению к электроустановке).

Внешние перенапряжения чаще всего возникают от действия высоковольтного атмосферного разряда во внешних цепях (по отношению к электроустановке). Этот разряд оказывает *прямое* или *непрямое* воздействие.

Прямое воздействие возникает при прямом ударе молнии в электроустановку. При этом возникают большие (десятки или сотни кА) кратковременные токи и перенапряжения на проводящих элементах электроустановки. Защита от прямого удара молнии осуществляется с помощью молниеотводов.

Непрямое воздействие молнии встречается наиболее часто. Оно проявляется в следующих случаях:

- 1) при ударе молнии в линии электропередачи, от которой получает питание электроустановка. Вследствие этого перенапряжение достигает нескольких десятков тысяч вольт, а значение тока – нескольких тысяч ампер. Грозовой разряд носит характер бегущей волны с большой крутизной и временем возрастания от нуля до максимума за 1–8 мкс и длительностью до 350 мкс. Перенапряжение по линии электропередач переносится к потребителям;
- 2) при ударе молнии внутри облака или между облаками, в деревья или другие предметы. Вследствие электромагнитного излучения индуцируются перенапряжения в проводах наружных и внутренних цепей;
- 3) при ударе молнии в землю вблизи заземления или заземляющего контура. Возникает скачек напряжения на заземляющем проводнике, проникающий в электроустановку через ее заземление.



перенапряжением в электротехническом устройстве

называется напряжением между двумя точками электротехнического устройства, значение которого превышает наибольшее рабочее значение напряжения

Перенапряжения делятся на 2 группы: 1) импульсные; 2) ***временные***

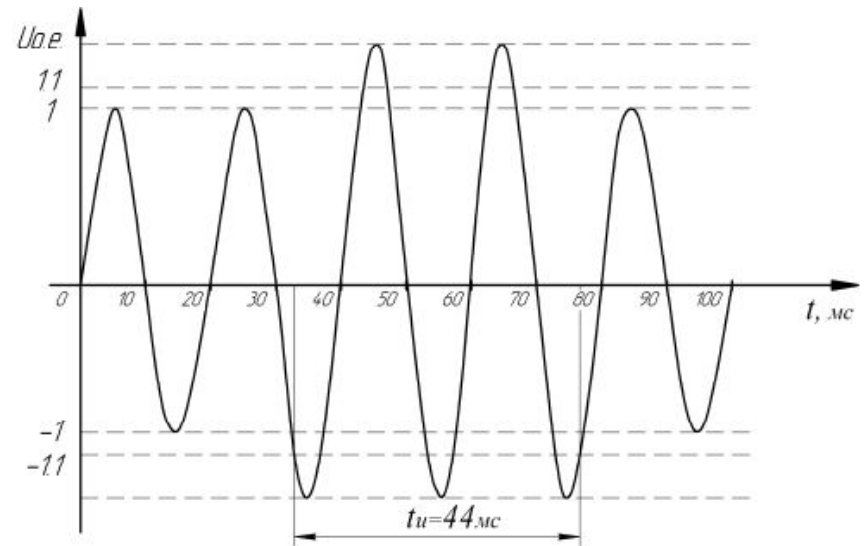
Временное перенапряжение – повышение напряжения в электрической сети выше 110 % номинального напряжения продолжительностью более 10 мс, возникающее в системах электроснабжения при коммутации или коротких замыканиях.

На рисунке приведена графическая зависимость изменения мгновенных значений напряжения сети частотой 50 Гц при временных перенапряжениях продолжительностью примерно 44 мс. Временное перенапряжение характеризуется продолжительностью перенапряжения Π t и кратностью:

$$K_{\text{пн}} = \frac{U_{\text{макс.а}}}{U_{\text{ном.а}}},$$

где $U_{\text{макс.а}}$ – амплитуда перенапряжения, В;

$U_{\text{ном.а}}$ – амплитуда номинального напряжения, В.



Защита от перенапряжения

Выполнять основную изоляцию электрооборудования на уровне перенапряжения экономически невыгодно. Ее надо защищать от возникающих перенапряжений. Для этого служат средства защиты от перенапряжений, ограничивающие перенапряжения до допустимых для изоляции значений.

Известно, что с увеличением подводимого к изоляции электрооборудования напряжения допустимое время нахождения изоляции под этим напряжением уменьшается (кривая 2)

Средство защиты от перенапряжения должно иметь защитную характеристику, подобную кривой 3, лежащую ниже кривой 2. При возникновении перенапряжения (кривая 1) средство защиты от перенапряжения должно «пробиваться» раньше, чем изоляция защищаемого электрооборудования.

После «пробоя» защищаемая сеть оказывается заземленной через внутреннее сопротивление $R_{вн}$ средства защиты от перенапряжения и сопротивление заземляющего устройства $R_з$. Эти сопротивления ограничивают импульс тока разряда I_p и на них возникает падение напряжения, которое называется *остающимся напряжением* (кривая 4).

Остающееся напряжение определяется выражением

$$U_{ост} = I_p (R_{вн} + R_з),$$

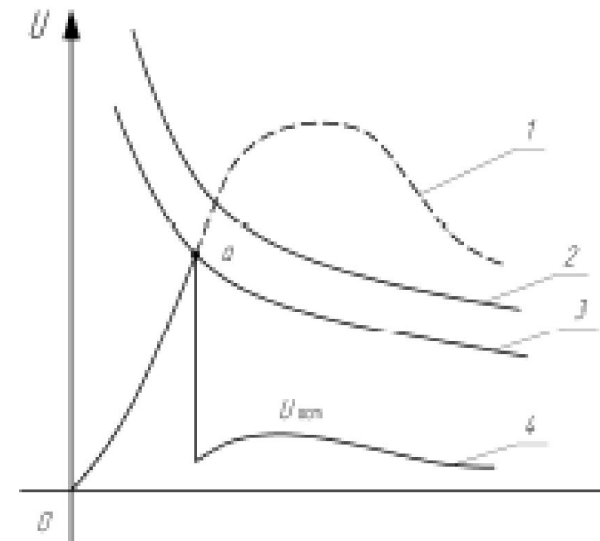
где I_p – импульс тока разряда, А;

$R_{вн}$, $R_з$ – внутреннее сопротивление средства защиты от перенапряжения и сопротивление заземляющего устройства, Ом.

Чем меньше $R_{вн}$ и $R_з$, тем эффективнее ограничиваются перенапряжения и лучшими свойствами обладает средство защиты от перенапряжения.

После прохождения импульса тока возможно возникновение тока КЗ частотой сети на землю. Например, в сетевых разрядниках искровой промежуток после пропускания импульса тока I_p оказывается ионизированным и легко пробивается номинальным фазным напряжением. Возникает ток частотой 50 Гц, который называется *сопровождающим*. К устройствам защиты от перенапряжения предъявляются следующие требования:

- 1) вольт-секундная характеристика должна располагаться ниже аналогичной характеристики защищаемого электрооборудования;
- 2) остающееся напряжение не должно превышать значений, которые опасны для изоляции электрооборудования;
- 3) сопровождающий ток частотой 50 Гц должен отсутствовать или отключаться за минимальное время;
- 4) большое число срабатываний без технического обслуживания;
- 5) малая масса и размеры.



Средства защиты электрической воздушной сети 0,4 кВ от импульсных перенапряжений

Первое поколение средств защиты от импульсных перенапряжений электрических воздушных сетей 0,4 кВ – *искровые разрядники*. Второе поколение – *вентильные разрядники*, третье поколение – *ограничители перенапряжения нелинейные* (ОПН).

Примером *искрового разрядника* простейшего типа является предохранитель пробивной ПП-А/3 Кашинского завода низковольтной аппаратуры (Россия). Он предназначен для воздушных сетей до 1 кВ, 50–60 Гц. В сетях напряжением 220/230 В пробивное напряжение разрядника составляет 351–600 В; в сетях 380/400 В – 701–1000 В; в сетях 660/690 В – 110–1600 В. Разрядник рассчитан на прохождение после пробоя сопровождающего максимального тока 200 А в течении 10 мин.

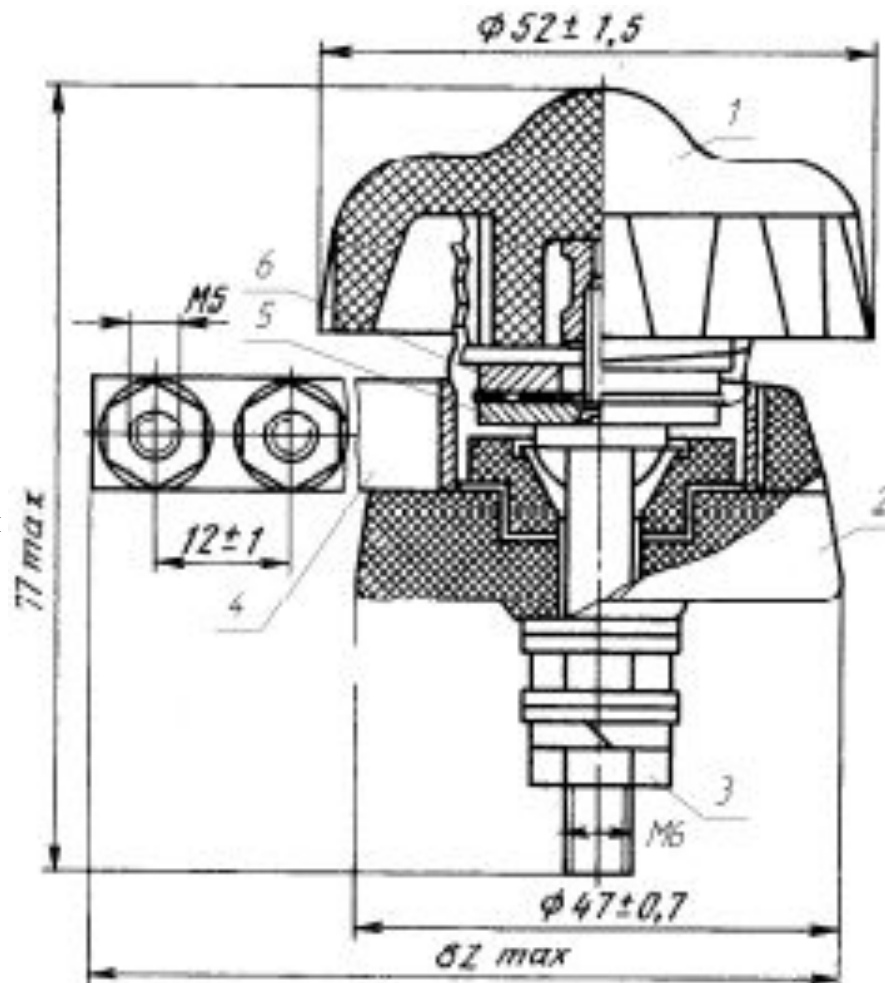
Пробивной предохранитель ПП-А/3 состоит из двух основных частей: головки 1 и основания 2, соединенных вместе посредством гильз, имеющих резьбу.

Основание пробивного предохранителя имеет два выступающих контактных вывода 3 и 4. Один из контактов выполнен в виде скобы 4, приваренной к гильзе. Скоба с гильзой установлены в фарфоровом основании и закреплены в нем с помощью пластмассовой колодочки и болта М6 с гайками. Выступающий конец скобы и латунный болт М6 служат для подключения предохранителя в цепь.

Головка 1 предохранителя снабжена двумя электродами 5 и 6 (разрядными шайбами). Электрод 5 при ввинчивании головки в основание образует контактное соединение с болтом М6. Между электродами 5 и 6 располагается слюдяная прокладка с четырьмя отверстиями по окружности. Прокладка служит для осуществления точного искрового промежутка, обеспечивающего заданную разрядную характеристику. В отверстиях прокладки происходит пробой по воздушному промежутку. Электроды совместно с прокладкой прочно затянуты винтом, который закреплен в резьбе втулки, размещенной в центре головки предохранителя.

В более сложных разрядниках применяют герметичную керамическую оболочку, заполненную инертным газом, внутри которой размещены электроды из специальных материалов.

Недостатки искровых разрядников открытой конструкции – влияние окружающей среды на пробивное напряжение и низкая способность восстанавливать изоляцию искрового промежутка после пробоя. Вследствие этого возникает *сопровождающий ток КЗ* частотой сети



Средства защиты электрической воздушной сети 0,4 кВ от импульсных перенапряжений

Первое поколение средств защиты от импульсных перенапряжений электрических воздушных сетей 0,4 кВ – *искровые разрядники*. Второе поколение – *вентильные разрядники*, третье поколение – *ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН)*.

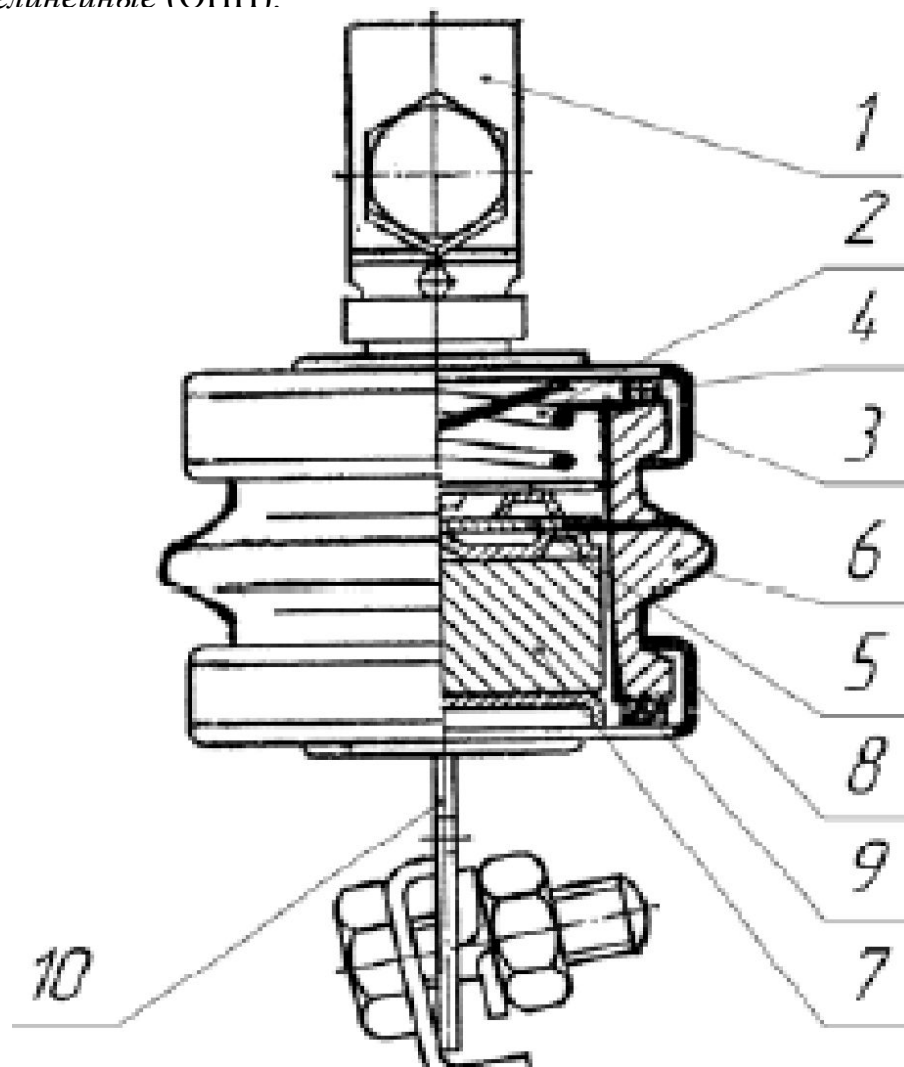
На смену искровым пришли *вентильные разрядники*. Они обязательно имеют искровой промежуток и нелинейный резистор (варистор), включенные последовательно. Искровой промежуток обеспечивает изоляционные свойства разряднику, а нелинейный резистор – ограничение импульса тока и напряжения. Ограничение перенапряжений происходит потому, что варистор имеет следующее свойство: чем выше напряжение, прикладываемое к нему, тем ниже его сопротивление. Это дает возможность при импульсе перенапряжения и пробивании искрового промежутка пропускать большой импульс тока, а при снижении напряжения импульса – восстанавливать сопротивление и свои изоляционные свойства.

Вентильный разрядник имеет зажим 1 для сетевого провода, одинарный искровой промежуток 5 и нелинейный резистор 7 в виде диска, выполненный из материала, близкого по составу к вилиту. Одинарный искровой промежуток 5 прижат к нелинейному резистору 7 пружиной 2 и находится внутри фарфорового корпуса 6. Для герметизации всех этих частей сверху и снизу установлены крышки 3 и 8 и прокладки из герметизирующей резины 4 и 9 из специальной резины. К крышкам прикреплены зажимы заземления 1 и 10. Вентильные разрядники способны пропускать токи до 10–14 кА (при длине фронта импульса 10 мкс). Напряжение, возникающее на зажимах вентильного разрядника, при указанных условиях, определяется выражением

$$\Delta U = n A I \alpha ,$$

где n – число дисков разрядника с нелинейным сопротивлением;
 A – постоянный коэффициент, В/А;
 α – показатель нелинейности, $\alpha = 0,13-0,2$.

Недостаток вентильных разрядников состоит в наличии искровых промежутков (в связи с этим пробивное напряжение не ниже 0,5 кВ), а также в ограниченной пропускной способности. Например, вентильные разрядники в сети 0,4 кВ имеют пропускную способность 2,5 кА при импульсе перенапряжения с характеристикой 8/20 мкс. При этом остающееся напряжение на выводах разрядника составляет 2,5–2,9 кВ. Такое остающееся напряжение приемлемо только для внешних электрических сетей.



Средства защиты электрической воздушной сети 0,4 кВ от импульсных перенапряжений

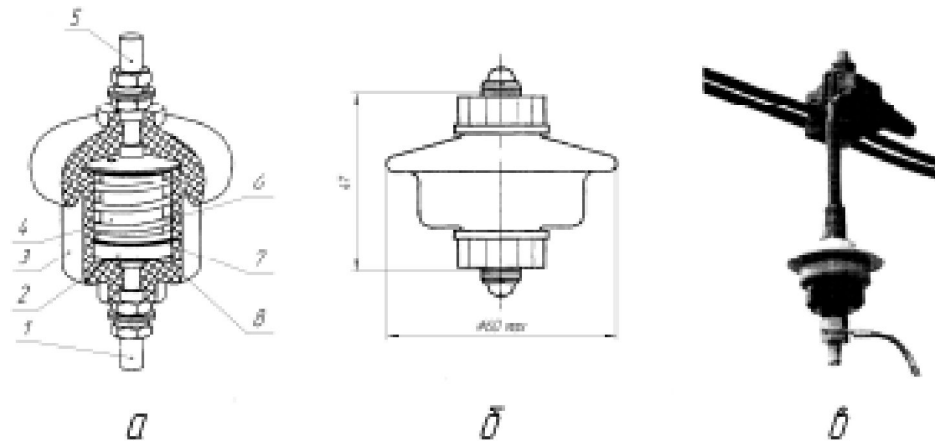
Первое поколение средств защиты от импульсных перенапряжений электрических воздушных сетей 0,4 кВ – *искровые разрядники*. Второе поколение – *вентильные разрядники*, третье поколение – *ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН)*.

Ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН) по всем показателям превосходят вентильные разрядники. Они представляют собой варисторы, изготовленные из окиси цинка (ZnO) с добавлением оксидов других материалов с целью стабилизации их свойств. Варисторы имеют высокий коэффициент нелинейности $\alpha = 0,04$ (против 0,13–0,2 у вилита). Благодаря этому в большей степени снижаются перенапряжения на варисторе. При номинальном напряжении через варистор протекает очень малый ток (доли мА) в связи с большим сопротивлением варистора. При перенапряжениях сопротивление падает в 10^6 раз. Сопровождающий ток, протекающий после пропускания импульса тока (срабатывания варистора), составляет миллиамперы. Следовательно, невелика мощность, выделенная в варисторе. Это позволяет отказаться от последовательного включения с ними искровых промежутков, ограничивающих сопровождающий ток.

По сравнению с вентильными разрядниками варисторы из ZnO имеют следующие преимущества:

- 1) глубокий уровень ограничения всех видов волн перенапряжения;
- 2) отсутствие сопровождающего тока после затухания волны перенапряжения;
- 3) стабильность характеристик в широком диапазоне температур и устойчивость к старению;
- 4) способность к рассеиванию больших энергий (импульсный ток до 100 кА);
- 5) прямое подключение к защищаемой сети без искровых промежутков;
- 6) простота конструкции;
- 7) малые габариты и вес, стойкость к атмосферным загрязнениям и к вибрации.

Для электрических сетей 0,4 кВ и трансформаторных подстанций взамен вентильных разрядников типа РВН-0,5МНУ1 предназначены ограничители перенапряжения ОПН-П1



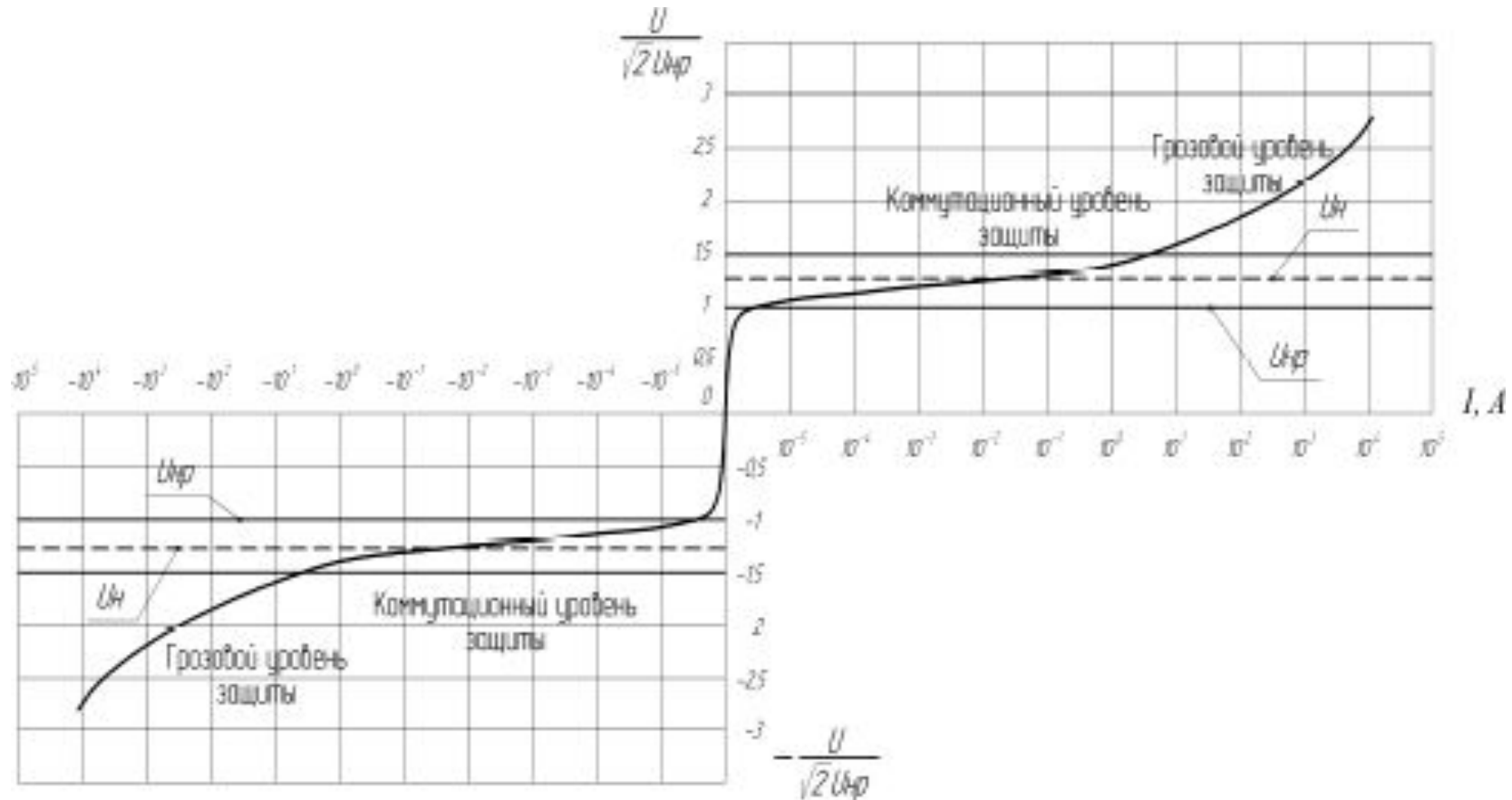
Конструкция ОПН-П1-0,38УХЛ1 первой модели (а), общий вид ОПН-П1-0,38УХЛ1 второй модели (б), вариант крепления ОПН на проводниках воздушной линии (в): 1, 5 – выводы; 2 – варистор; 3 – корпус; 4 – ленточный проводник; 6 – пружина; 7, 8 – контактная шайба

Внутри пластмассового корпуса 3 находится варистор 2. К контактной шайбе 8 подводится вывод 1, а к шайбе 7 через ленточный проводник 4 – вывод 5. Варистор прижат пружиной 6.

Важное значение в системе грозозащиты воздушной линии 0,4 кВ имеют *грозозащитные заземления*. Грозозащитные заземления на ВЛ – 0,4 кВ для условий Беларуси (число грозовых часов в году не более 40) должны выполняться через 100–120 м и иметь сопротивление не более 30 Ом.

Вольт-амперная характеристика ОПН

Вольт-амперная характеристика ОПН на базе оксидно-цинкового варистора приведена на рисунке 4.6. Вольт-амперная характеристика оксидно-цинкового варистора имеет две ветви: положительную и отрицательную. Ветви совершенно симметричны. Вольт-амперная характеристика оксидно-цинкового варистора более нелинейная, чем варистора из карбида кремния, применяемого в вентильных разрядниках. Благодаря этому они включаются под рабочее напряжение сети без искровых промежутков. Варисторы из ZnO реагируют на каждое изменение напряжения на своих зажимах, в то время как вентильные разрядники – только после пробоя искрового промежутка.



Различают УЗИП *коммутирующего, ограничивающего и комбинированного типов.*

УЗИП коммутирующего типа в отсутствие перенапряжения сохраняет высокое полное сопротивление, но может мгновенно изменять его на низкое сопротивление в ответ на скачок напряжения.

К ним относятся *воздушные и газовые разрядники (а, б, в).* Их часто называют молниеразрядниками или разрядниками грозовой защиты.

УЗИП ограничивающего типа в отсутствие перенапряжения сохраняет высокое полное сопротивление, но постепенно снижает его с возрастанием волны тока и напряжения. К ним относятся варисторы и диодные разрядники. Такие УЗИП иногда называются ограничителями напряжения.

УЗИП комбинированного типа содержит элементы как коммутирующего, так и ограничивающего типов (*ж*). Такие УЗИП могут коммутировать и ограничивать напряжение, а также выполнять обе функции; их действие зависит от характеристик подаваемого напряжения. Встречаются УЗИП, составленные из двух отдельных блоков (*з*).

УЗИП типа искрового разрядника имеет простую конструкцию.

В термостойком (обычно керамическом) корпусе закреплены специальные электроды, образующие искровой воздушный промежуток. Электроды имеют специальную форму, способствующую выходу ионизированных газов в одну сторону.

Основной недостаток такой конструкции состоит в том, что при пробивании воздушного промежутка может возникнуть режим КЗ в питающей сети и сопровождающий ток.

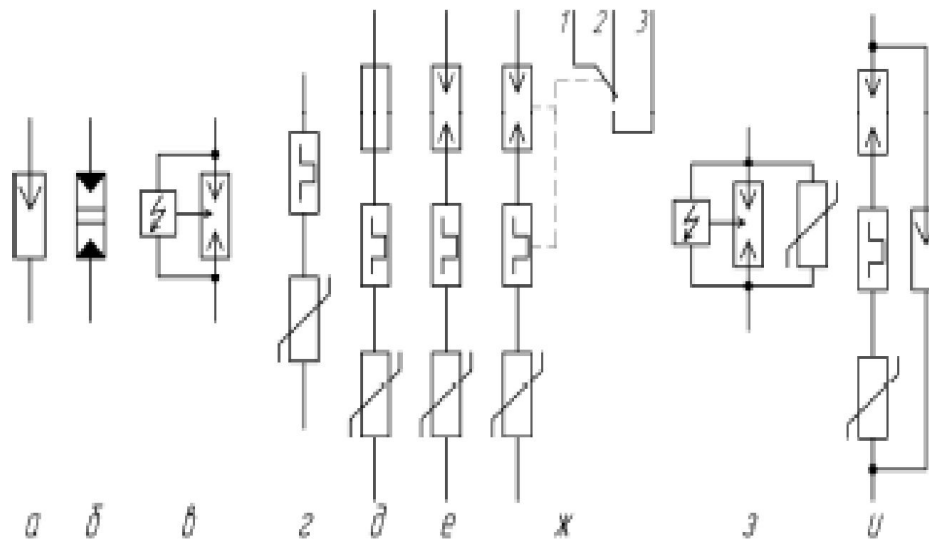
Более совершенны искровые разрядники, имеющие закрытый керамический корпус, заполненный инертным газом. В более сложных и наукоемких УЗИП коммутирующего типа искровой промежуток может быть разделен на несколько участков. Например, в искровых разрядниках Lightning Gontoller фирмы OBO BETTERMANN (Германия) искровой промежуток разделен на девять участков, образованных девятью высокопрочными графитовыми пластинами.

Термостойкие фторопластовые шайбы обеспечивают строго определенную длину каждого из участков. Точная фиксация элементов искрового промежутка обеспечивается системой механического крепления ножевых контактов, изготовленных из цинкового литья.

Такой разрядник называется **управляемым разрядником.**

Применяется управление дугой разрядного тока. Восемь

Средства защиты электроустановок зданий и сооружений от импульсных перенапряжений



Условное обозначение УЗИП:

- а* – разрядник грозовой защиты;
- б* – искровой разрядник суммарного тока для установки между нулевым защитным проводником (N) и защитным проводником (PE);
- в* – управляемый искровой разрядник;
- г* – варистор с тепловым разделителем;
- д* – варистор с тепловым и динамическим разделителями;
- е* – вентильный разрядник с тепловым разделителем;
- ж* – то же, но с контактами сигнализации;
- з* – комбинированный из двух блоков УЗИП (управляемый искровой разрядник и параллельно включенный варисторный блок);
- и* – комбинированный из двух блоков УЗИП (вентильный разрядник и параллельно включенный искровой разрядник)

Варисторные ограничители перенапряжений типа ОПС1

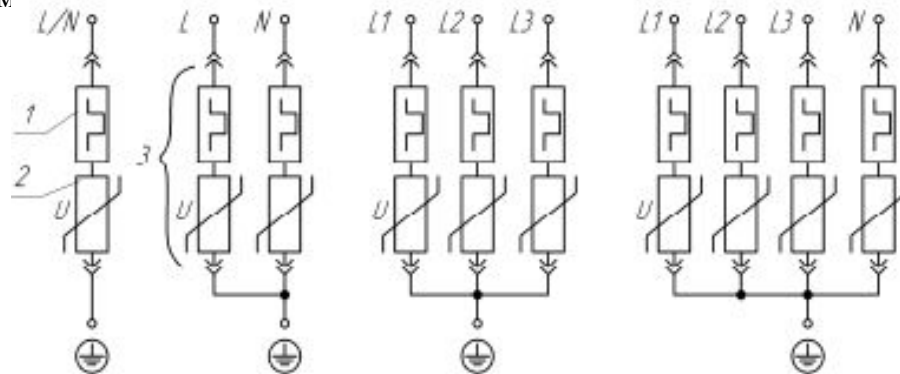
Варисторные ограничители перенапряжений типа ОПС1 имеют модульное исполнение. Конструктивно состоят из основания (корпуса) с присоединительными зажимами и пластины с резьбовым

отверстием для присоединения заземляющего проводника. Средняя часть корпуса имеет прямоугольный вырез, в который по направлению вставляется варисторный сменный модуль. Модуль имеет боковые пластинчатые выводы, входящие в контакт с внутренней частью присоединительных зажимов. Внутри корпуса модуля расположен варистор и простейший механизм указателя степени «износа» варистора.

Металлооксидный варистор, применяемый в модуле, содержит 90 % окиси цинка, смешанной с керамической основой, и до 10 % добавок для получения специальных запирающих свойств. Он обладает свойством практически мгновенно снижать свое сопротивление в тысячи раз при появлении на его выводах напряжения, превышающего предельно допустимую величину. Благодаря размерам и массе варистор способен при грозовом разряде рассеять значительную энергию.

ОПС1 имеют следующие особенности и преимущества:

- модульное исполнение со стандартными размерами и установкой на DIN-рейку;
- встроенное тепловое инерционное устройство расцепления для защиты от перегрева варисторного элемента;
- сменный защитный элемент (варисторный модуль);
- визуальный указатель «износа» сменного защитного элемента;
- насечки на контактных зажимах предотвращают перегрев и оплавление проводов за счет более плотного и большего по площади контакта. При этом снижается переходное сопротивление контакта и, как следствие, потери и нагрев соединения. Кроме того, увеличивается механическая устойчивость соединения.



Электрические схемы УЗИП типа ОПС1:

1 – встроенное тепловое инерционное устройство расцепления;

2 – варистор; 3 – сменный защитный модуль

Стойкость изоляции электрооборудования к импульсным перенапряжениям

Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение - импульсное выдерживаемое напряжение, установленное изготовителем для оборудования или его части, которое характеризует указанную способность его изоляции к сопротивлению от перенапряжений

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 пункты, щиты, силовые кабели, выключатели и розетки, электроплиты, стационарно подключенные электродвигатели.

Оборудование категории IV - оборудование, установленное вблизи от электроустановок зданий (внутри или снаружи) перед главным распределительным щитом, которым может быть вводно-распределительное устройство для многоэтажных или производственных 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.

Таблица 4.3 - Номинальные импульсные выдерживаемые напряжения для различных категорий стойкости к перенапряжениям

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

Общие принципы разделения защищаемого пространства на ЗОНЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Принцип зонной защиты от воздействия молнии состоит в следующем: пространство, в котором расположены электрические и электронные системы, должно быть разделено на зоны различной степени защиты. Зоны характеризуются существенным изменением электромагнитных параметров на границах зон. В общем случае чем выше номер зоны, тем меньше значения параметров электромагнитных полей, токов и напряжений в пространстве зоны.

Зона 0 – зона, где каждый объект подвержен прямому удару молнии, и поэтому через него может протекать полный ток молнии. В этой области электромагнитное поле имеет максимальное значение.

Зона 0E – зона, где объекты не подвержены прямому удару молнии, но электромагнитное поле не ослаблено и также имеет максимальное значение. Зона 0E находится под защитным действием молниеотвода.

Зона 1 – зона, где объекты не подвержены прямому удару молнии, и ток во всех проводящих элементах внутри зоны меньше, чем в зоне 0E; в этой зоне электромагнитное поле может быть ослаблено экранированием.

Прочие зоны – эти зоны устанавливаются, если требуется дальнейшее уменьшение тока или ослабление электромагнитного поля; требования к параметрам зон определяются в соответствии с требованиями к защите различных зон объекта.

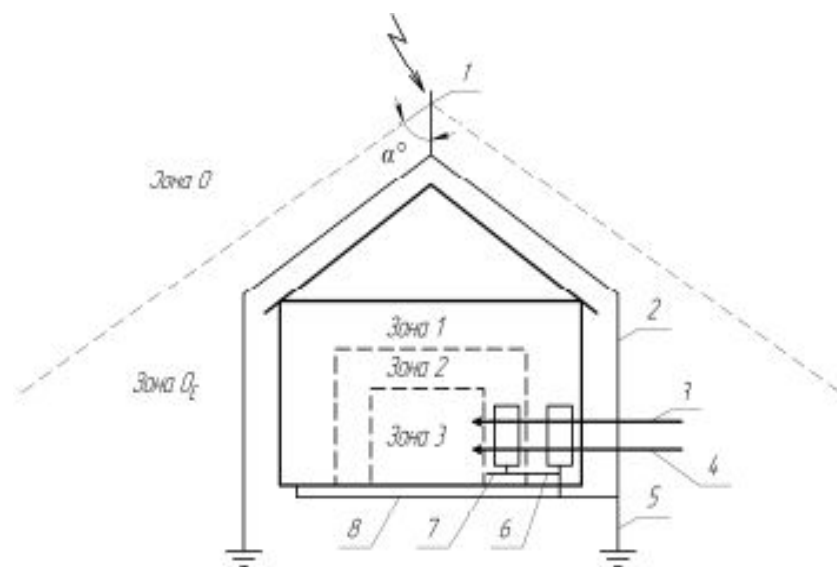


Рисунок 4.13 – Пример разделения защищаемого объекта на несколько зон:
1 – молниеприемник; 2 – токоотвод; 3 – кабель электропитания; 4 – телекоммуникационный кабель; 5 – заземлитель; 6 – главная заземляющая шина; 7 – шина уравнивания потенциалов; 8 – проводники системы уравнивания потенциалов

Классы УЗИП

УЗИП, в зависимости от места установки и способности пропускать через себя различные импульсные токи, делятся на классы I, II, III (или *B, C, D*).

Защитные устройства класса I устанавливаются на вводе в здание (во вводном щите, ГРЩ или же специальном боксе) после плавких предохранителей (на границе *Зоны 0* и *Зоны 1*).

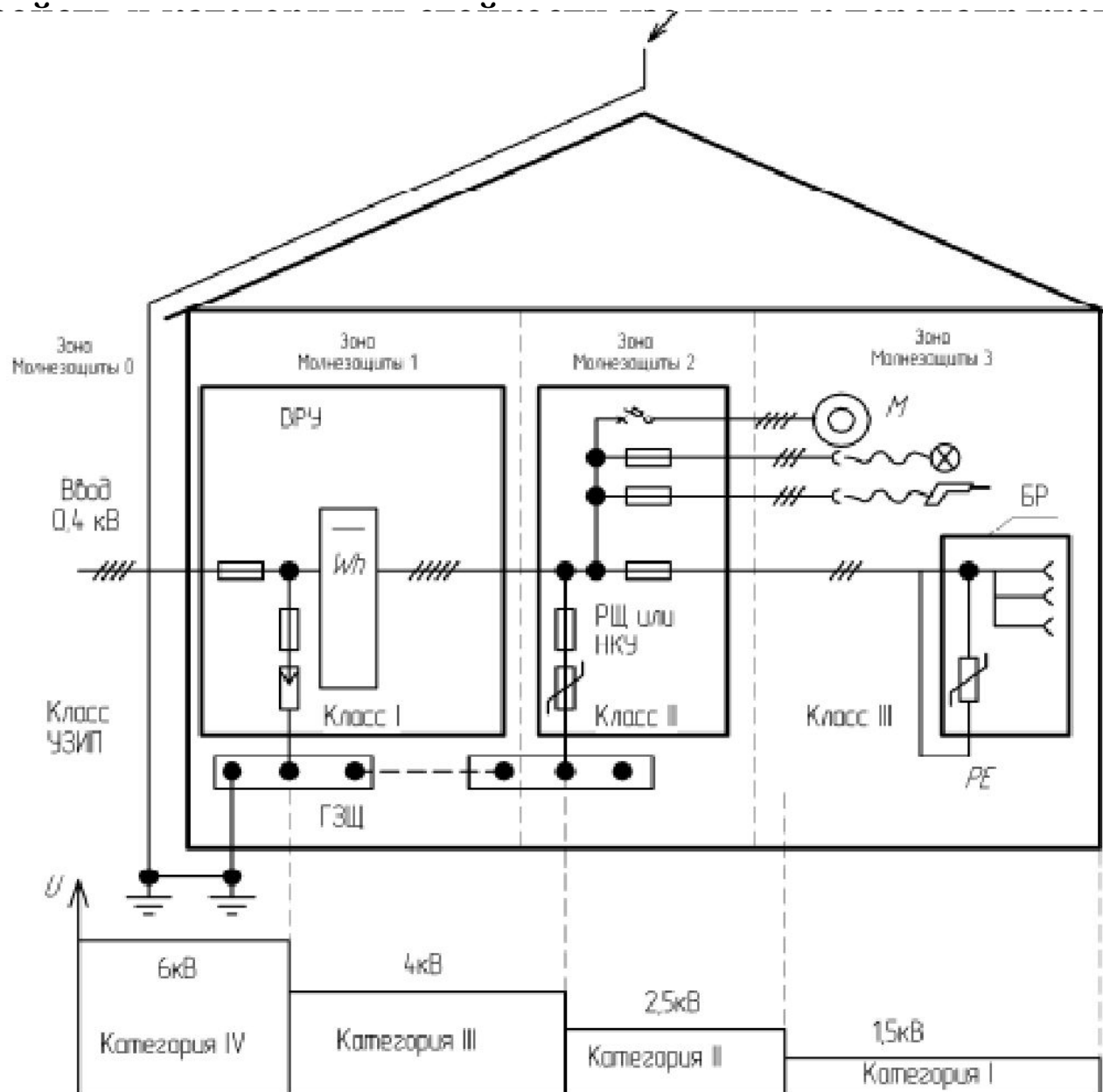
Защитные устройства класса II устанавливаются во вторичных распределительных щитах. Например, в этажных или других щитах, в НКУ (низковольтных комплектных устройствах). Желательно размещать их до групповых плавких предохранителей или автоматических выключателей. Точка размещения этого класса устройств может находиться на границе *Зоны 1* и *Зоны 2*. Возможно размещение этих устройств в *Зоне 1* вместе с устройствами класса I.

Защитные устройства класса III могут устанавливаться в НКУ или непосредственно возле потребителя (защитная *Зона 3*). При расстояниях более 10–15 метров от места установки УЗИП до потребителя желательно установить дополнительно УЗИП класса III в непосредственной близости от защищаемого оборудования, чтобы гарантированно устранить возможные наводки на указанных длинах кабеля.

Назначение УЗИП разных классов изложено в таблице.

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
*Буквенные обозначения класса устройств не рекомендуется применять.	

Взаимосвязь между зонами молниезащиты, классами защитных устройств



ВРУ – вводно-распределительное устройство; РЩ – распределительный щит; НКУ – низковольтное комплектное устройство; БР – блок розеток с встроенным УЗИП

Основные параметры и характеристики УЗИП

УЗИП характеризуются параметрами, которые указывают заводы-изготовители в их паспорте.

Номинальное рабочее напряжение U_n – это номинальное действующее напряжение сети, для работы в которой предназначено устройство.

Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение (максимальное рабочее напряжение) защитного устройства U_c – это наибольшее действующее значение напряжения переменного или постоянного тока, которое может длительно (в течении всего срока службы) приложено к выводам защитного устройства.

Номинальный импульсный разрядный ток I_n – пиковое значение испытательного импульса тока формы 8/20 мкс, проходящего через защитное устройство. Ток данной величины защитное устройство может выдерживать многократно. На рисунке изображен импульс тока формой 8/20 мкс.

Максимальный импульсный разрядный ток I_{max} – пиковое значение испытательного импульса тока формы 8/20 мкс, которое защитное устройство может пропустить один раз и не выйти из строя. Используется для испытания УЗИП класса II.

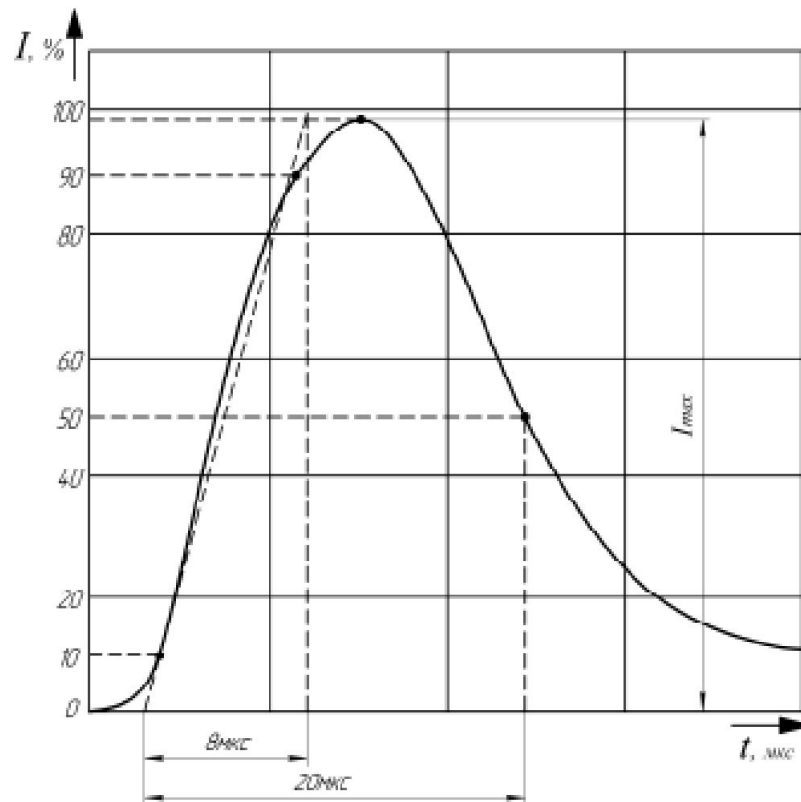
Сопровождающий ток I_f (параметр для УЗИП на базе разрядников) – это ток, который протекает через разрядник после окончания импульса перенапряжения и поддерживается самим источником тока, т. е. электроэнергетической системой.

Импульсный ток I_{imp} . Этот ток определяется пиковым значением I_{reak} испытательного импульса длительностью 10/350 мкс.

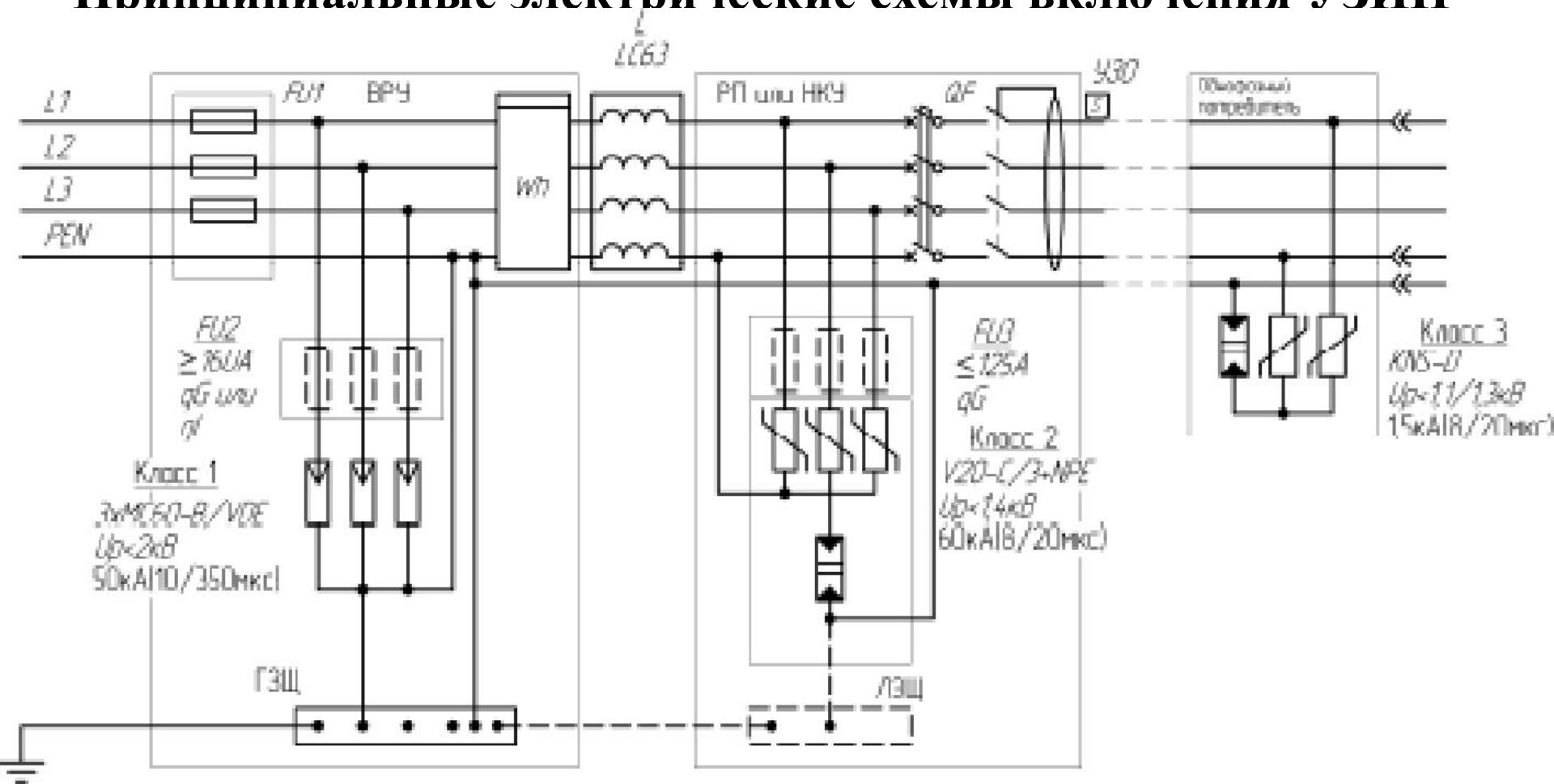
Применяется для испытания защитных устройств класса I..

Уровень напряжения защиты U_p – это максимальное значение падения напряжения на защитном устройстве при протекании через него импульсного тока разряда.

Время срабатывания. Для оксидно-цинковых варисторов его значение обычно не превышает 25 нс. Для разрядников разной конструкции время срабатывания может находиться в пределах от 100 наносекунд до нескольких микросекунд.



Принципиальные электрические схемы включения УЗИП



Перед молниеразрядниками устанавливаются плавкие предохранители $FU2$ с номинальным током 160–500 А (меньшим, чем ток предохранителей $FU1$) и характеристикой срабатывания gG или gL . Нижние зажимы молниеразрядников соединены вместе и подключаются к PEN -проводнику и к главной заземляющей шине (ГЗШ) вводно-распределительного устройства (ВРУ). PEN -проводник разделяется в ВРУ на N - и PE -проводники, причем PE -проводник соединяется с ГЗШ. Далее в здании распространяется проводка из пяти проводников, и может устанавливаться счетчик электроэнергии.

Если длина кабеля между ВРУ и локальным распределительным щитом или НКУ менее 10 м, то для согласования (координации) срабатывания УЗИП разных классов устанавливаются индуктивные развязки $L1-L4$.

Применение и выбор УЗИП

Применение УЗИП требуется в следующих случаях:

а) если электроустановка получает питание от воздушной линии, число грозовых дней в году не превышает 25, но возможна повышенная опасность или повышенный риск, например, электроустановки взрывоопасных или пожароопасных помещений;

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

При воздушном вводе в жилые и общественные здания установка УЗИП является обязательной [11, разд. 6 и 7].

Применение УЗИП не требуется, если электроустановка получает питание по кабелю, проложенному в земле, или по кабелю, броня которого не заземлена, а импульсное выдерживаемое напряжение электрооборудования не меньше указанного в таблице 4.2 для соответствующей категории. Но и в этих случаях *рекомендуется применение УЗИП*, если:

- 1) электроустановка размещена в здании, имеющем систему молниезащиты, или вблизи от системы молниезащиты;
- 2) длина кабеля недостаточна для надлежащего затухания грозового импульса напряжения, появившегося в воздушной части питающей сети при воздействии молнии;
- 3) на подземный кабель может воздействовать прямой удар молнии при высоком удельном сопротивлении почвы;
- 4) 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;
- 5) 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;
- 6) имеются другие виды наружного обеспечения здания, проходящие в воздухе (металлические трубы газоснабжения, водопроводы, канализации, воздухопроводы вентиляции и кондиционирования);
- 7) несколько зданий обеспечивается энергией от одной питающей сети или имеет общий заземлитель. В этом случае электрические цепи тех зданий, которые имеют УЗИП, могут быть подвержены повышенным импульсным перенапряжениям [14].

Цели выбора УЗИП: обеспечить максимальные условия защиты изоляции электроустановки и предохранить УЗИП от аварийных режимов.

Перед выбором УЗИП необходимо иметь представление о трех группах параметров: о свойствах защищаемого объекта; об электрической сети; об условиях установки и окружающей среде.

О свойствах защищаемого объекта необходимо знать следующие характеристики: тип защищаемой электроустановки; способы включения ее в сеть; номинальное испытательное напряжение изоляции электроустановки; ожидаемые уровни токов молнии.

Электрическая цепь должна характеризоваться следующими характеристиками: наибольшим напряжением сети; видом ввода (воздушный или кабельный); системой заземления; максимальным временем продолжения КЗ на землю; величиной тока КЗ в месте установки УЗИП; максимальным значением медленно изменяющихся перенапряжений и временем их действия; длиной кабельного участка.

Условия установки и окружающей среды должны учитывать температуру и влажность окружающего воздуха, а также место и способ установки УЗИП.

Один из параметров выбора УЗИП – выбор наибольшего длительно допустимого рабочего напряжения U_c . При выборе должно быть использовано условие:

$$U_c = 1,1 U_{н.сети},$$

где $U_{н.сети}$ – номинальное напряжение электрической сети в месте установки УЗИП, В.

В сельском хозяйстве Беларуси используется силовая электрическая сеть 220/380 В с глухозаземленной нейтралью. УЗИП в этой сети устанавливаются на фазное напряжение сети. В этом случае:

$$U_c \geq 1,1 \left(\frac{U_{н.сети}}{\sqrt{3}} \right) = 1,1 \left(\frac{380}{\sqrt{3}} \right) = 241,6 \text{ В.}$$

Следовательно, УЗИП должно иметь $U_c > 242 \text{ В}$.

Максимальное длительное рабочее напряжение (U_c) УЗИП должно быть согласовано с возможным временным перенапряжением.