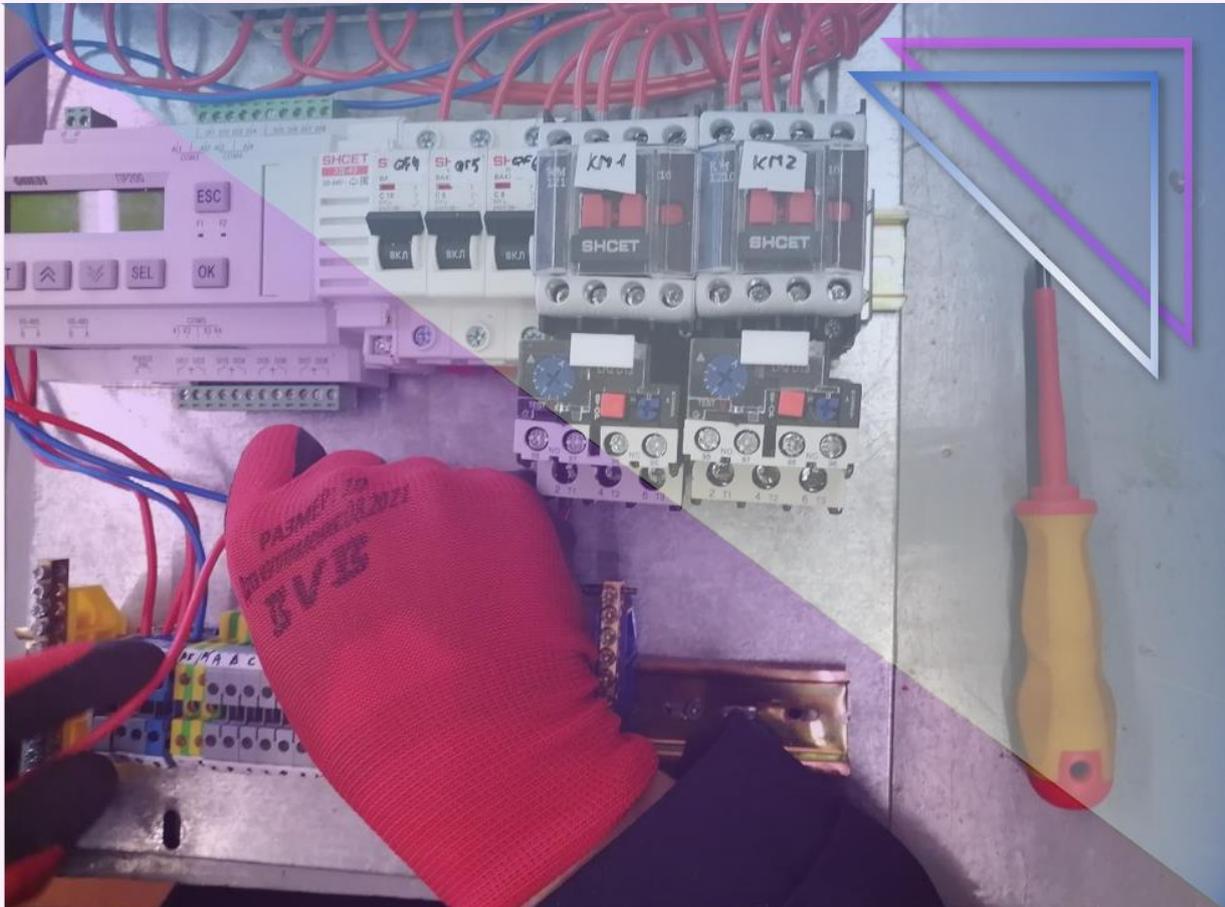


**ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ  
по учебному предмету  
«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

**УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ  
ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ  
(УЗИП)  
(общие сведения)**



**ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ**  
по учебному предмету  
**«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

(Тема «Электрические аппараты»)

предназначен для подготовки рабочих кадров  
по квалификации

**4-02-0712-01-01** «Электромонтер по ремонту и  
обслуживанию электрооборудования» – 2, 3, 4-й разряды.

Рекомендуется для использования преподавателями,  
мастерами производственного обучения при организации и  
проведении теоретических и практических занятий;  
учащимися для изучения учебного материала  
самостоятельно

## СОДЕРЖАНИЕ

Содержание .....	2
Общие сведения .....	4
Введение .....	4
Импульсное перенапряжение .....	4
Как и где возникают импульсные перенапряжения .....	5
Грозное импульсное перенапряжение .....	7
Последствия импульсного перенапряжения .....	8
Зоны молниезащиты .....	9
Виды защиты .....	10
Основные термины и определения .....	10
Назначение УЗИП .....	10
Основные функции устройств защиты от импульсных перенапряжений .....	11
Системы и защищаемое оборудование .....	11
Классификация устройств защиты от импульсных перенапряжений .....	11
Типы УЗИП .....	15
Принципиальные электрические схемы .....	17
Классификация электрооборудования по стойкости к перенапряжениям .....	17
Взаимосвязь между классами защитных устройств и категориями стойкости изоляции оборудования к импульсным перенапряжениям .....	17
Перечень параметров для выбора устройств защиты от импульсных перенапряжений .....	19
Установка устройств защиты от импульсных перенапряжений на различных объектах .....	20
Выбор типа защитных устройств .....	21
Маркировка .....	21
Низковольтные силовые распределительные системы .....	21
Применение устройств защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных распределительных системах .....	21
Типичная конструкция и компоновка .....	22
Варисторы .....	23
Разъединитель .....	25
Индикатор состояния .....	26
Сменные модули .....	26
Дистанционная сигнализация отключения .....	27
Помехозащищающий конденсатор .....	27
Разрядники .....	28

Контрольные задания .....	29
Приложения .....	40
Приложение 1. Термины и определения.....	40
Общие термины и определения .....	40
Приложение 2. Типы УЗИП .....	50
Приложение 3. Классификация электрооборудования по стойкости к перенапряжениям .....	51
Приложение 4. Классы УЗИП .....	52
Приложение 5. Установка УЗИП в сеть с системой заземления TN-S.....	53
Приложение 6. Установка УЗИП в сеть с системой заземления TN-S.....	54
Приложение 7. Снижение нежелательного воздействия перенапряжения для сети и потребителей электроэнергии в зависимости от требований по импульсной стойкости изоляции .....	55
Приложение 8. Маркировка УЗИП.....	56
Продолжение 8. Маркировка УЗИП.....	57
Приложение 9. Общее устройство УЗИП.....	58

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### Введение

Молния является наиболее мощным естественным источником электромагнитных возмущений. Большинство зданий, сооружений и их внутреннее оборудование так или иначе объединены между собой кабельными коммуникациями, водопроводными трубами, через систему заземления и т.д. Поэтому молния и связанные с ней электромагнитные поля оказывают сильное влияние не только на электрооборудование пораженного объекта, но и на оборудование, размещенное поблизости.

В городских условиях удар молнии наиболее вероятен в линии электропередачи, вышки сотовой связи, трубы промышленных предприятий, отдельно стоящие высокие здания или мачты освещения. Однако вопросы молниезащиты актуальны и для жилых и офисных зданий средней высоты.

Существует мнение, что для борьбы с перенапряжениями при ударах молнии достаточно наличия усиленного заземляющего устройства (ЗУ). Однако наиболее распространенными являются индуктированные перенапряжения, то есть связанные не с проникновением тока молнии через ЗУ, а с распространением помех через электромагнитное поле. Именно в результате воздействия индуктированных перенапряжений нередко повреждается оконечное оборудование, подключенное к протяженным кабельным линиям, проходящим поблизости от молниеотводов.

Основным способом защиты оконечного электрооборудования объекта является применение устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). Особенно актуально применение УЗИП в тех случаях, когда такие мероприятия, как экранирование, заземление и т.п., оказываются недостаточно эффективными, слишком затратными или технически нереализуемыми.

### Импульсное перенапряжение

**Перенапряжением** в электротехническом устройстве называется напряжение между двумя точками электротехнического устройства, значение которого превышает наибольшее рабочее значение напряжения.

Перенапряжения опасны тем, что могут привести к электрическому пробое изоляции и возникновению тока КЗ.

**Перенапряжения делятся на две группы:**

- » **временное перенапряжение** – это повышение напряжения в электрической сети выше 110% номинального напряжения продолжительностью более 10 мс, возникающее в системе электроснабжения при коммутации или коротких замыканиях;
- » **импульсное перенапряжение** – это кратковременное увеличение напряжения длительностью от единиц наносекунд до десятков микросекунд, максимальное значение которого многократно превышает значение номинального напряжения электрической сети, вслед за которым напряжение восстанавливается до первоначального или близкого к нему уровня (чрезвычайно высокое напряжение между фазами или фазой и землей с длительностью до 1 мс). В быту это явление называют «скачки напряжения».

**Источниками возникновения импульсных перенапряжений** могут являться удары молний, коммутационные процессы в электрических сетях (см. **Рисунок 1**).

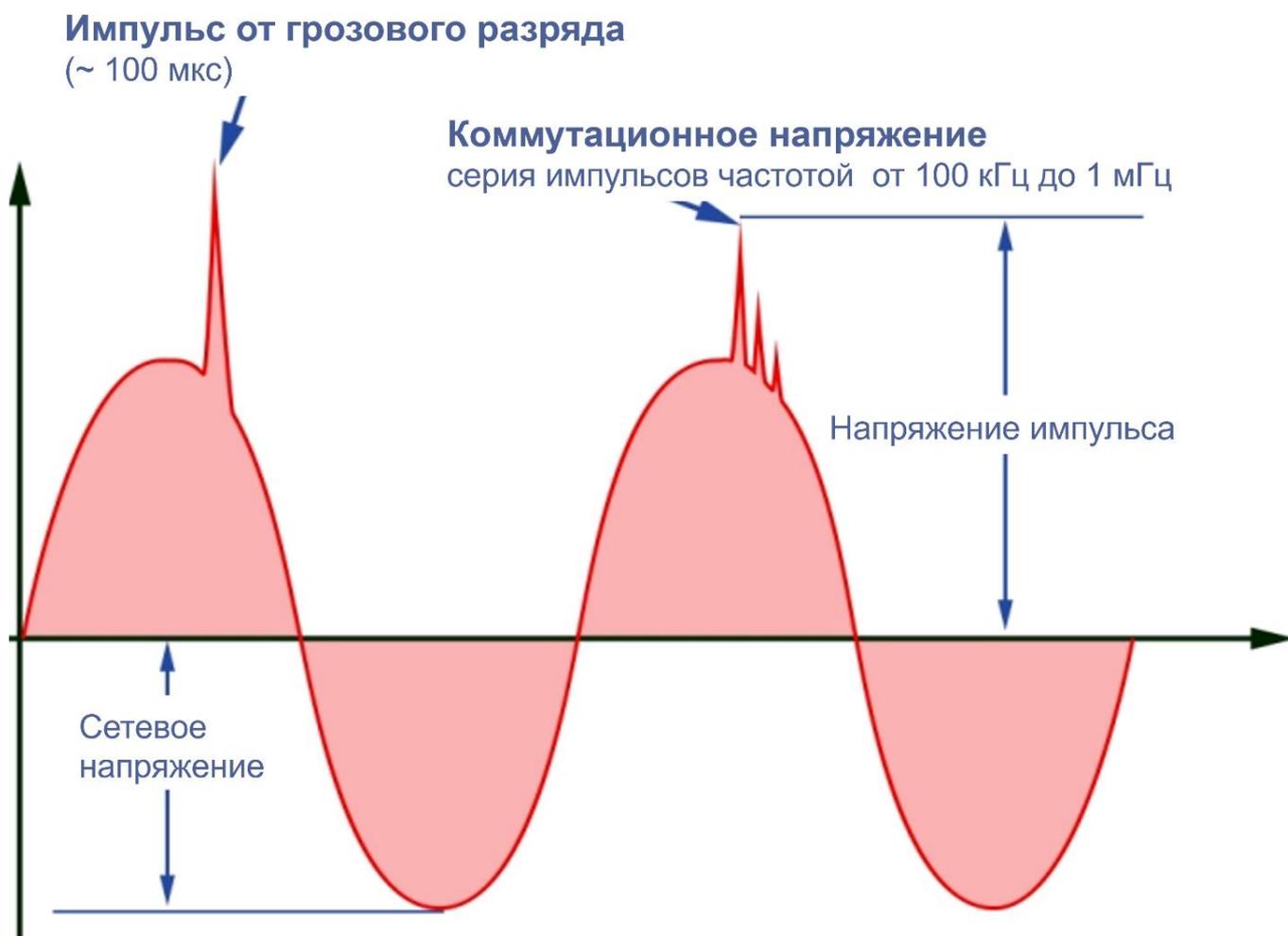


Рисунок 1. Примеры импульсных перенапряжений разного характера

### Как и где возникают импульсные перенапряжения

Импульсные перенапряжения могут возникать из-за внутренних и внешних причин по отношению к защищаемой линии:

- **внутренние источники импульсных перенапряжений** – это коммутация мощной реактивной нагрузки, дуговые разряды, возникающие при коммутации или в результате пробоя изоляции, электростатические разряды.
- **внешние перенапряжения** возникают по причинам, не связанным с процессами в электросети или подключённой нагрузкой, а в результате внешних воздействий: при прямых ударах молнии в провода линий электропередач или при ударах молнии в землю, в непосредственной близости к электроустановке, возле кабелей, ЛЭП и других элементов сети.

Выделяют и другие виды перенапряжений (см. **Рисунок 2**).

Перенапряжения, которые возникают при включениях и отключениях чего-либо, называют ещё **коммутационными перенапряжениями**. Они возникают при внезапных изменениях параметров сети или переключениях в схеме.

Коммутационное импульсное перенапряжение в сети может быть вызвано отключением или переключением индуктивных нагрузок, таких как электродвигатели и трансформаторы, а также сварочными работами.

Например, при отключении разделительного трансформатора тока мощностью всего 1 кВА 230/400 В запасённая в обмотке трансформатора энергия «выбрасывается» в сеть в виде высоковольтного импульса напряжением свыше 2000 В!

На практике, при распределении электроэнергии, используются трансформаторы значительно больших мощностей (см. **Рисунок 3**). Соответственно и значение импульса перенапряжения при их отключении, может в десятки раз превышать приведённый в примере.



**Рисунок 2. Коммутационное импульсное перенапряжение**



**Рисунок 3. Разделительный трансформатор**

Особенно часто при отключении мощного электродвигателя мы видим дугу в контакторах или рубильниках. Это и есть выброс в электрическую сеть запасённой в электромагнитном поле катушек энергии в виде высоковольтного импульса.

Коммутации в распределительных сетях, установках и оборудовании могут вызывать очень опасные переходные напряжения.

Поэтому УЗИП защищают чувствительное оборудование не только от последствий грозных разрядов, но и от помех данного типа.



Рисунок 4. Типичная форма коммутационных перенапряжений

### Грозовое импульсное перенапряжение

К наиболее разрушительным последствиям в электрических сетях с выходом из строя электропроводки и электропотребителей могут привести импульсные перенапряжения, **связанные с грозовыми разрядами**. (см. **Рисунок 5**).

Разрушающее воздействие на электросеть может оказать как прямое попаданием молнии в линию электропередачи, так и не прямое, иначе косвенное (дерево, соседнее здание, водонапорная башня и т.д.), в радиусе до полутора километров!



Рисунок 5. Грозовой разряд

Единственный способ отвести всю начальную энергию импульса на вводе – установить УЗИП на каждом уровне распределения.



Рисунок 6. Установка УЗИП

### Последствия импульсного перенапряжения

Импульсные перенапряжения могут влиять по-разному на электронное оборудование (список последствий в порядке уменьшения важности):

#### Разрушения:

- » Электрический пробой полупроводниковых переходов
- » Разрушение элементов заземления
- » Разрушение дорожек печатных плат или контактов
- » Разрушение симисторов/тиристоров фронтом напряжения

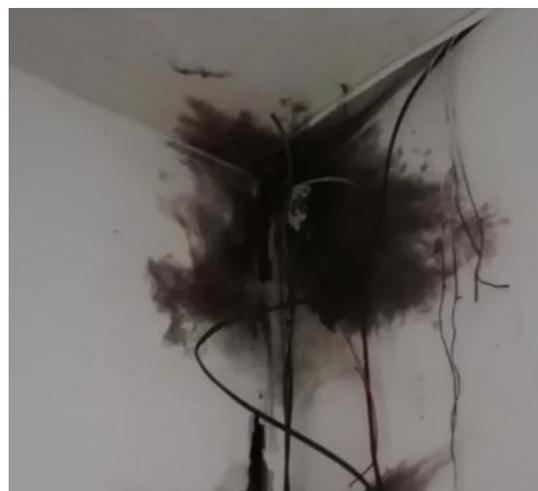
#### Сбои в работе оборудования:

- » Случайное срабатывание затворов тиристоров и симисторов
- » Стирание памяти
- » Ошибки или блокировка информационных программ
- » Ошибки в данных или их передачи

Прямое попадание молнии в линию электропередачи чаще всего приводит к разрушительным последствиям для потребителей электроэнергии и электрических сетей (см. **Рисунок 7**).



сгоревшие электронные устройства  
электроприёмников



вырванные из стен  
электрические провода

Рисунок 7. Последствия импульсного перенапряжения

## Зоны молниезащиты

Стандарты определяют зоны молниезащиты с точки зрения прямого и непрямого воздействия молнии (см. **Рисунок 8**):

**Зона 0<sub>A</sub>**: зона внешней среды объекта, все точки которой могут подвергаться воздействию прямого удара молнии (иметь непосредственный контакт с каналом молнии) и возникающего при этом электромагнитного поля.

**Зона 0<sub>B</sub>**: зона внешней среды объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии (ПУМ), так как находятся в пространстве, защищённом 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 0<sub>A</sub> и 0<sub>B</sub>. Электромагнитное поле также снижено за счет экранирующих свойств конструкций.

**Последующие зоны (Зона 2, и т.д.)**: если требуется дальнейшее снижение импульсов тока или электромагнитного поля в местах размещения чувствительного оборудования, то необходимо проектировать последующие зоны защиты. Критерий защиты для последующих зон определяется общими требованиями по ограничению внешних воздействий, влияющих на защищаемую систему.

Существует общее правило, по которому с увеличением номера защитной зоны уменьшается влияние электромагнитного поля и импульсов тока. На границах раздела отдельных зон необходимо обеспечить присоединение к системе уравнивания потенциалов всех металлических элементов конструкции, экранированных оболочек, кабельростов и т.п.

На рисунке (см. **Рисунок 8**) 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 экранированными оболочками или металлическими частями подключаться к главной заземляющей шине на границе раздела Зон 0<sub>A</sub> - 0<sub>B</sub> и Зоны 1.



**Рисунок 8. Зоны молниезащиты**

## Виды защиты

Для защиты электросетей и электроустановок от импульсных перенапряжений используют различные **ограничители импульсных перенапряжений**.

В зависимости от места установки это может быть:

**1. Разрядник** — электрический аппарат, предназначенный для ограничения перенапряжений. Обычно устанавливается на подстанциях, линиях электропередач, телефонных линиях, в сетевых фильтрах. Изначально он выполнялся по технологии искрового промежутка, позже начали применять разрядники на основе полупроводников и металл-оксидных варисторов.

**2. Ограничители перенапряжений (ОПН)**, они же устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). Самый распространённый вид защиты в быту, основной элемент ограничителей – варисторы. Устанавливаются во вводных и распределительных электрощитах.

Также могут использоваться разделительные трансформаторы, защитные диоды и другие.

## ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основные термины и определения приведены в Приложении (см. **Приложение 1**).

## НАЗНАЧЕНИЕ УЗИП

**Устройство защиты от импульсных перенапряжений (далее УЗИП)** предназначены для защиты электрических сетей и подключенного к ним электрооборудования от импульсных перенапряжений и отвода импульсов тока (см. **Рисунок 9**), вызванных прямым или косвенным воздействием грозовых разрядов или коммутационными переключениями в системах электроснабжения, неисправностями и авариями систем электроснабжения.

УЗИП защищает участок сети ограниченной длины, которая определяется параметрами волны воздействующего перенапряжения и типом кабельной линии.

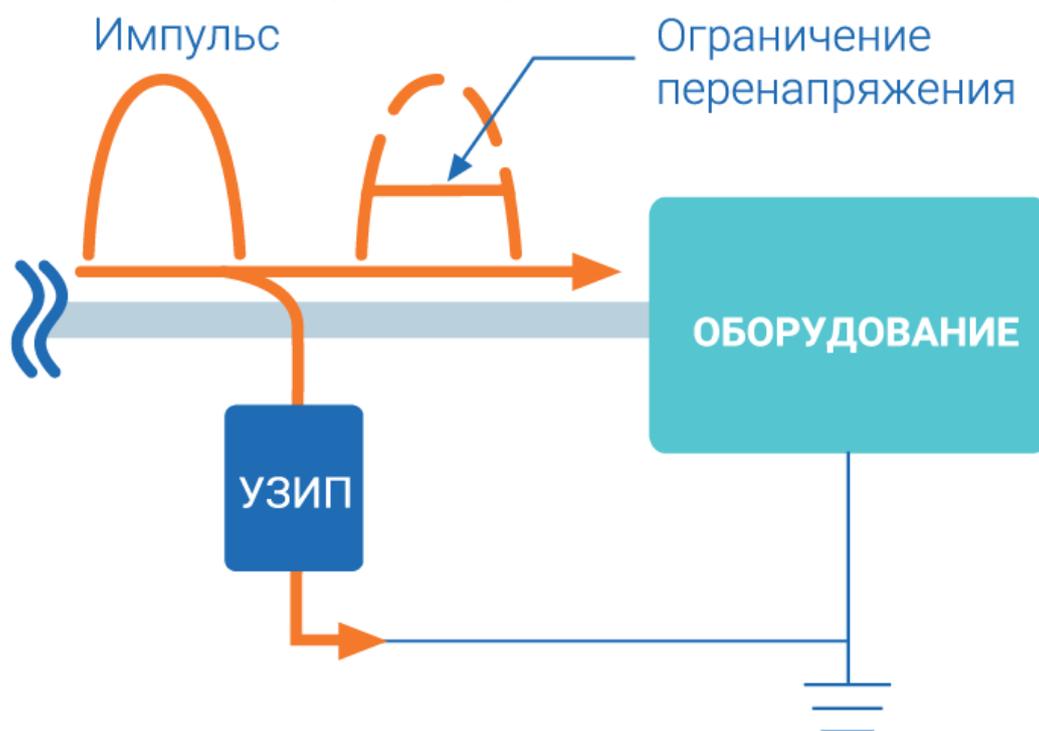


Рисунок 9. Применение УЗИП

В каких случаях применяется УЗИП? Такие ситуации возникают всегда, когда сеть связывает источник перенапряжений и помеховосприимчивое оборудование (компьютерную технику, системы управления, видеонаблюдения и т.п.). Обязательно необходимо применять УЗИП для защиты размещенного на конструкциях с молниеотводами прожекторного оборудования, систем вентиляции и видеонаблюдения на кровлях зданий.

УЗИП является эффективным решением в случае возникновения как поперечных помех, возникающих между проводами, так и продольных помех, возникающих между каждым проводом и землей. А возможность защитить с помощью одного УЗИП сразу несколько присоединений делает применение этих устройств обоснованным и привлекательным не только с технической, но и с экономической точки зрения.

Данные устройства предназначены для подключения к силовым цепям переменного тока частотой 50-60 Гц или постоянного тока и к оборудованию на номинальное напряжение до 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока.

УЗИП является укомплектованным устройством с собственными средствами присоединения и это устройство содержит по крайней мере один нелинейный элемент.

Кроме основных элементов УЗИП могут дополнительно включать в себя индикаторы состояния, разъединители, плавкие предохранители, катушки индуктивности, резисторы, конденсаторы и другие элементы.

## ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

### Функции УЗИП в силовых системах:

- » при отсутствии импульсных перенапряжений УЗИП не должно оказывать заметного влияния на рабочие характеристики системы, в которую УЗИП включено;
- » при возникновении импульсных перенапряжений УЗИП отвечает на импульсы понижением полного сопротивления и, пропуская импульсный ток через себя, ограничивает напряжение до его защитного уровня. Токовые импульсы могут вызвать прохождение через УЗИП силового сопровождающего тока;
- » при возникновении импульсных перенапряжений УЗИП после подавления импульсов восстанавливает состояние высокого полного сопротивления и прерывает любой силовой сопровождающий ток.

## СИСТЕМЫ И ЗАЩИЩАЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

При оценке электрооборудования с точки зрения применяемого УЗИП следует учитывать два фактора:

- ☑ характеристики низковольтной силовой распределительной системы (в том числе ожидаемые уровни и типы перенапряжений и токов), в которой будет использован УЗИП;
- ☑ характеристики оборудования, которому требуется защита.

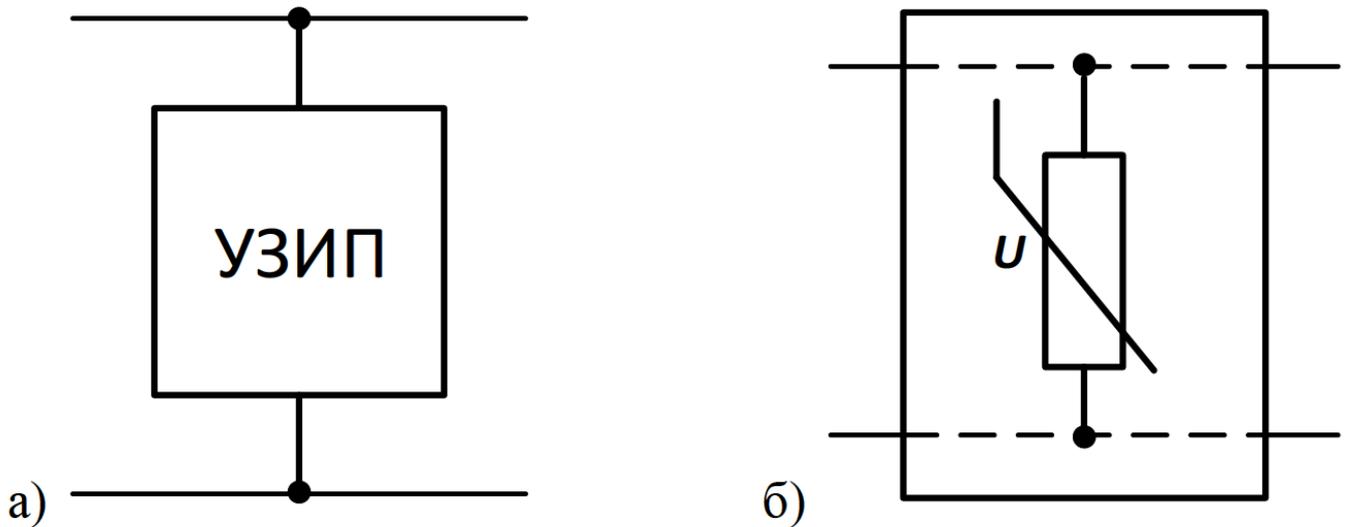
## КЛАССИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

УЗИП классифицируют по следующим параметрам:

### » числу вводов:

- **одноводное УЗИП:** УЗИП без последовательно включённого полного сопротивления между выводами.

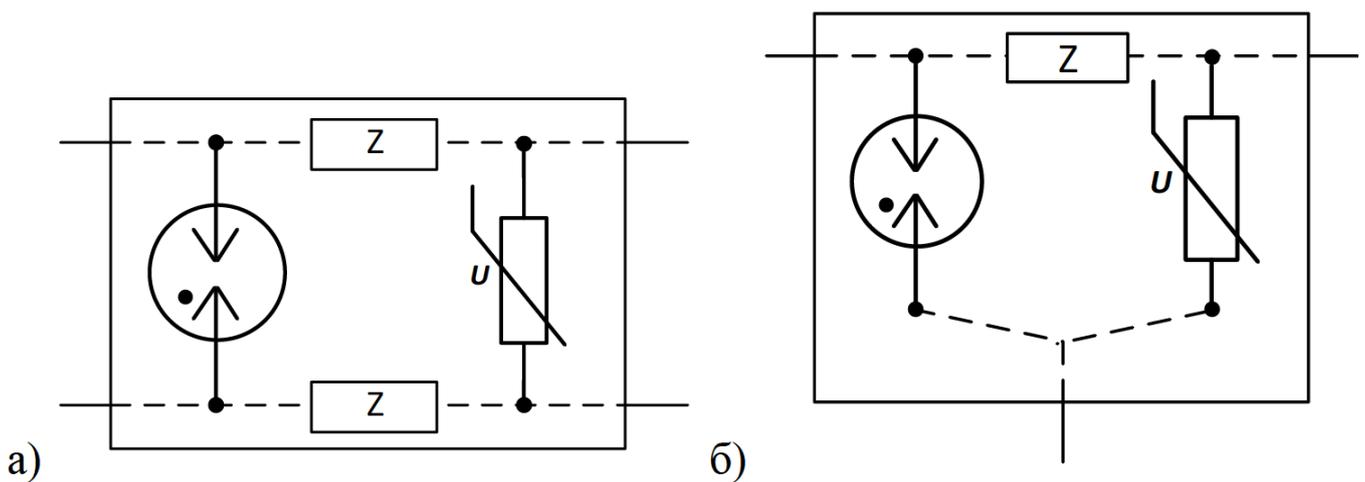
Одновводное УЗИП может иметь отдельные вводной и выводной выводы. Такие УЗИП подключаются параллельно защищаемой линии (см. **Рисунок 10**).



**Рисунок 10. УЗИП одноводные: общее обозначение а), одноводное УЗИП с отдельными вводными и выводными зажимами**

В первом случае ток нагрузки не проходит через УЗИП, во втором случае ток нагрузки через УЗИП проходит. В этом случае превышение температуры под нагрузкой и максимально допустимый ток нагрузки могут быть определены как для двухвводного УЗИП.

- **двухвводное УЗИП:** УЗИП с включённым последовательно между отдельными вводным и выводным выводами специальным полным сопротивлением. УЗИП этого типа могут подключаться в защищаемую линию последовательно. Измеренное предельное напряжение может быть выше на вводах, чем на выводах. Поэтому защищаемое оборудование следует подсоединять к выводным зажимам. (см. **Рисунок 11**):



**Рисунок 11. УЗИП двухвводные: с четырьмя выводами а), с тремя выводами б)**

» **типу конструкции (нелинейного элемента):** коммутирующие напряжение, ограничивающие напряжение, комбинированного типа:

- **УЗИП коммутирующего типа:** УЗИП, которое в отсутствие перенапряжения сохраняет высокое полное сопротивление, но может мгновенно изменить его на низкое в ответ на скачок напряжения.

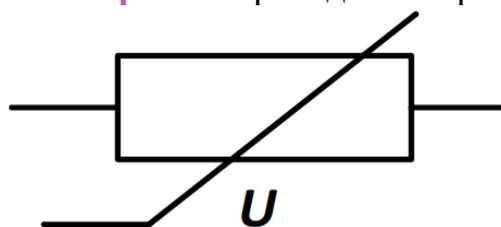
Общим примером элементов, служащих коммутирующими устройствами, являются разрядники (газонаполненные, открытого типа, угольные, искровые промежутки), такие УЗИП иногда называют «разрядники». Ещё одним примером УЗИП коммутирующего типа являются тиристоры (кремниевые выпрямители), управляемые тиристоры.

- **УЗИП ограничивающего типа:** УЗИП, которое в отсутствие перенапряжения сохраняет высокое полное сопротивление, но постепенно снижает его с возрастанием волны тока и напряжения.

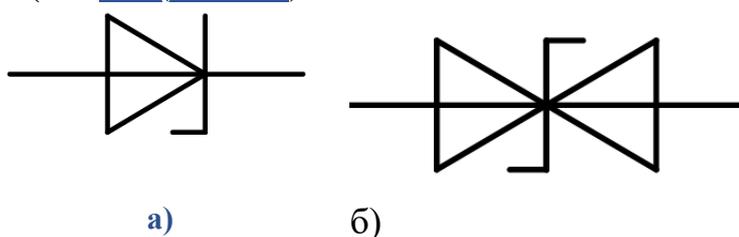
Общим примером элементов, служащих нелинейными устройствами, являются **варисторы и защитные диоды** (ограничительные стабилитроны, супрессоры или TVS-диоды). Такие УЗИП иногда называют «**ограничители**».

Условное обозначение варистора приведено на рисунке (см. **Рисунок 12**).

Условное обозначение супрессора, который ещё называют **ограничительным стабилитроном** приведено на рисунке (см. **Рисунок 13**).

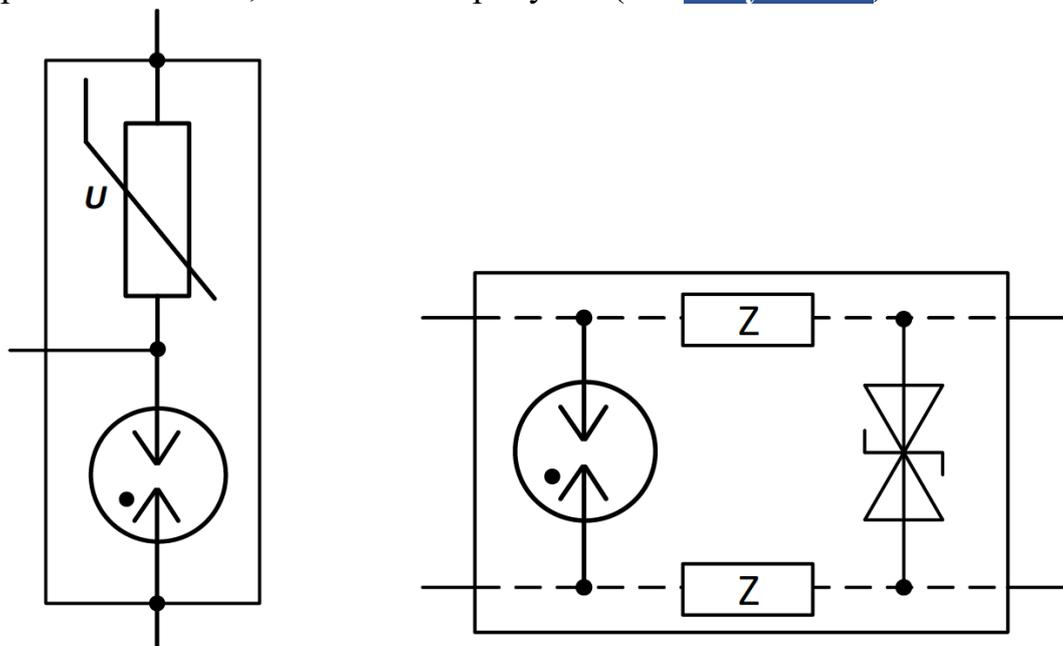


**Рисунок 12.** Условное обозначение варистора



**Рисунок 13.** Условное обозначение супрессора: однонаправленного а), двунаправленного б)

- **УЗИП комбинированного типа:** УЗИП, содержащие элементы как коммутирующего, так и ограничивающего типов, которые могут коммутировать и ограничивать напряжение, а также выполнять обе функции; их действие зависит от характеристик подаваемого напряжения. Примеры типичных УЗИП комбинированного типа, показаны на рисунке (см. **Рисунок 14**).



**Рисунок 14.** УЗИП комбинированного типа

- **УЗИП короткозамкнутого типа:** УЗИП, испытываемое по классу II, которое в условиях превышения импульсным током значения номинального разрядного тока  $I_n$  меняет свою характеристику на намеренное состояние внутреннего короткого замыкания.

- » **классу испытаний:** класса I, класса II и/или класса III (см. **Приложение 4**);
- » **местоположению:** внутренней установки или наружной установки;

По определению **наружное расположение** означает расположение вне дополнительных оболочек, помещений и т. п. Поэтому такие УЗИП подвержены воздействию внешних условий.

**Внутреннее расположение** означает расположение внутри дополнительных оболочек, помещений и т. п. Поэтому такие УЗИП подвергаются воздействию внутренних условий.

- » **доступности:** доступные, недоступные (недоступное означает невозможность доступа без помощи специального инструмента к частям, находящимся под напряжением);
- » **способу установки:** стационарные или переносные;
- » **разъединителю.**

**Разъединитель УЗИП** – это устройство, предназначенное для отсоединения УЗИП или его части от силовой системы. Данное разъединительное устройство не обладает способностью к разъединению для безопасности. Оно предназначено для предупреждения устойчивой неисправности системы и применяется для указания о повреждении УЗИП.

По местоположению разъединителя может быть:

- » внутреннее (встроенное);
- » наружное;
- » наружное и внутреннее.

С дополнительными защитными функциями:

- » с тепловой защитой;
- » с защитой от токов утечки;
- » с защитой от сверхтока.

Эти защитные функции могут быть распределены по отдельным устройствам. УЗИП ограничивающего типа на базе варистора как правило оснащаются внутренним разъединителем с тепловой защитой.

**Индикатор состояния**, это прибор, связанный с разъединителем, служит для снабжения потребителя информацией о том, в рабочем ли состоянии УЗИП, или не функционирует согласно назначению.

Его применяют для предупреждения о необходимости замены УЗИП. Индикаторы состояния могут быть локальными или дистанционными, и могут подавать электрические, видео или аудиосигналы.

**Выходной контакт** – это контакт, включённый в цепь, отдельную от главной цепи УЗИП, подключённый к разъединителю или индикатору состояния.

- » **защите от сверхтока:** с защитой, без защиты;
- » **степени защиты, обеспечиваемой оболочками** (код IP);
- » **диапазону температур:** с нормальным диапазоном, с расширенным диапазоном.

с нормальным диапазоном: составляет **от минус 5°C до плюс 40°C**.

Нормальный диапазон относительной влажности составляет от 5% до 90%.

Данный диапазон распространяется на УЗИП для внутренней установки в защищённых от погодных условий местах без контроля температуры и влажности;

с расширенным диапазоном: составляет **от минус 40°C до плюс 70°C**.

Расширенный диапазон относительной влажности составляет от 5% до 100%.

Этот диапазон распространяется на УЗИП для наружного применения в незащищённых от погодных условий местах.

## Типы УЗИП

Форма и амплитуда импульсного перенапряжения зависят не только от источника помех, но и от параметров самой сети.

Не существует двух одинаковых случаев импульсного перенапряжения (см. **Рисунок 15**), но для производства и испытания устройств защиты введена стандартизация ряда характеристик тока, напряжения и формы импульса перенапряжения для различных случаев применения.

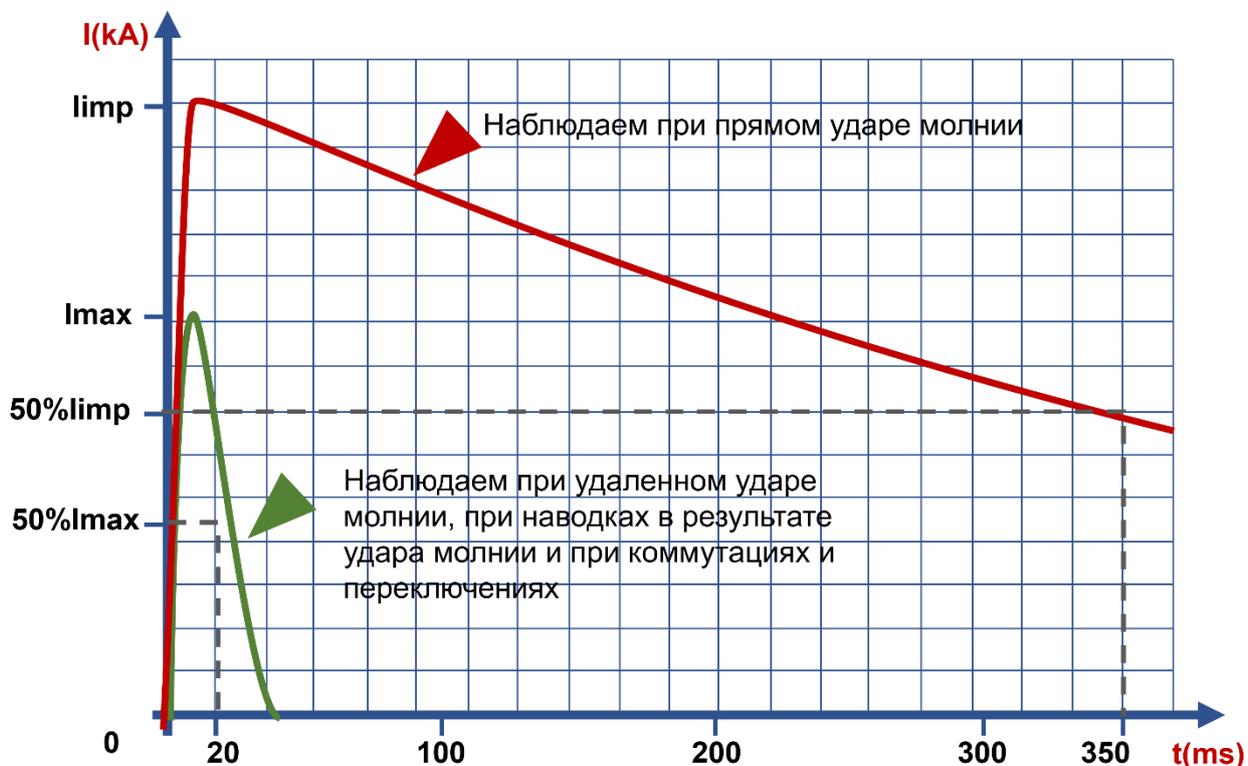


Рисунок 15. Импульсные перенапряжения

Так для имитации тока разряда молнии при прямом попадании применяется импульс 1,2/50, а при косвенном воздействии молнии и при различных случаях коммутационного перенапряжения применяется импульс 8/20, где импульс напряжения 1,2/50 – это импульс напряжения с фактическим временем фронта 1,2 мкс и полупериодом 50 мкс.

### Примечания

Время фронта определяется как  $1,67 (t_{90} - t_{30})$ , где  $t_{90} - t_{30}$  — точки, соответствующие 90 % и 30 % амплитуды на кривой нарастания импульса.

**Время полупериода** определяется как отрезок времени между виртуальным началом и точкой на уровне 50 % амплитуды на кривой затухания.

**Виртуальное начало** — точка, в которой прямая линия, проходящая через точки 30 % и 90 % на кривой нарастания, пересекает линию времени на оси координат.

**Импульс тока 8/20** – это импульс тока с фактическим временем фронта 8 мкс и временем полупериода 20 мкс.

### Примечания

Время фронта определяется как  $1,25 (t_{90} - t_{10})$ , где  $t_{90}$  и  $t_{10}$  — точки, соответствующие 90% и 10% амплитуды на кривой нарастания импульса.

Время полупериода определяется как отрезок времени между виртуальным началом и точкой на уровне 50% амплитуды на кривой затухания.

**Виртуальное начало** — точка, в которой прямая линия, проходящая через точки 10% и 90% на кривой нарастания, пересекает линию времени на оси координат.

Для гарантированной защиты объекта от перенапряжений, возникающих при стекании токов молнии на заземляющие устройства или при возникновении импульсов перенапряжения в питающей сети в случае непрямого удара молнии, предусмотрена **трёхступенчатая схема включения защитных устройств**.

В зависимости от места установки и способности пропускать через себя различные импульсные токи УЗИП классифицируются **на 3 класса испытаний**: I, II, III или B, C, D (см. **Приложение 2**), каждый из которых имеет свою область применения (см. **Рисунок 16**).

Испытания зависят от местоположения устройства защиты в сети переменного тока и внешних условий.

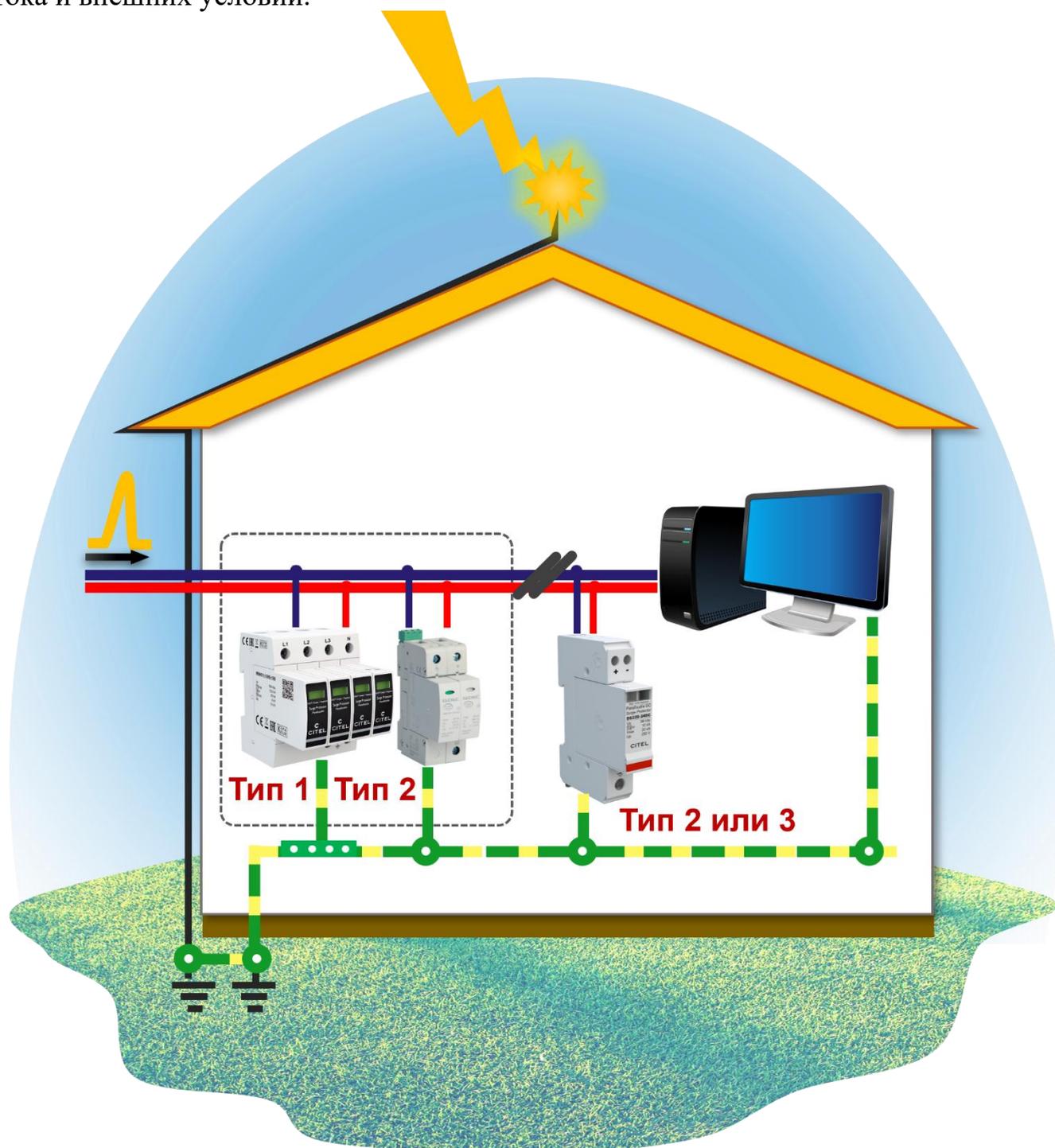


Рисунок 16. Разные Типы УЗИП согласно стандартам IEC и EN

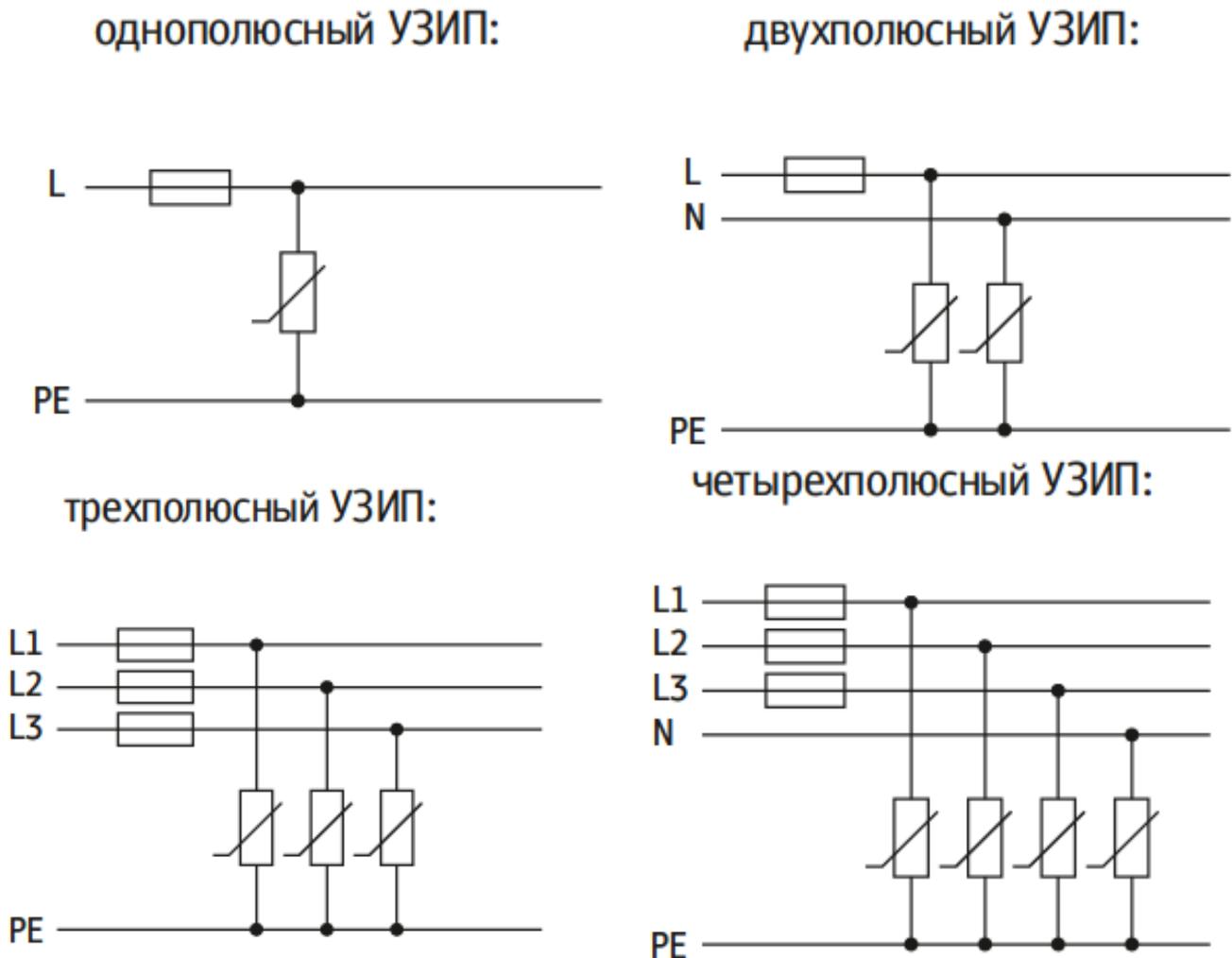


Рисунок 17. Принципиальные электрические схемы

### КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО СТОЙКОСТИ К ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯМ

ГОСТ Р 50571.19 вводит понятие «импульсного выдерживаемого напряжения, требуемого для оборудования», иначе говоря, стойкости изоляции к импульсным перенапряжениям.

По стойкости изоляции электротехническое оборудование, предназначенное для использования в сетях 220/380 В, делится на 4 категории (IV, III, II, I).

Классификация приведена в Приложении (см. Приложение 3).

Для каждой категории определяются так называемые максимально выдерживаемые импульсные перенапряжения (защитные уровни), допускаемые для подключённого оборудования. Например, для сети TN-C 220/380 В перенапряжение на вводе в объект не должно превысить уровень 6 кВ, после главного распределительного щита - 4 кВ, на выходах вспомогательных распределителей 2,5 кВ и для оборудования подключаемого непосредственно к электророзеткам - 1,5 кВ.

### ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КЛАССАМИ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ И КАТЕГОРИЯМИ СТОЙКОСТИ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ К ИМПУЛЬСНЫМ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯМ

Взаимосвязь между зонами молниезащиты, классами защитных устройств и категориями стойкости изоляции оборудования к импульсным перенапряжениям показана на рисунке (см. Рисунок 18).

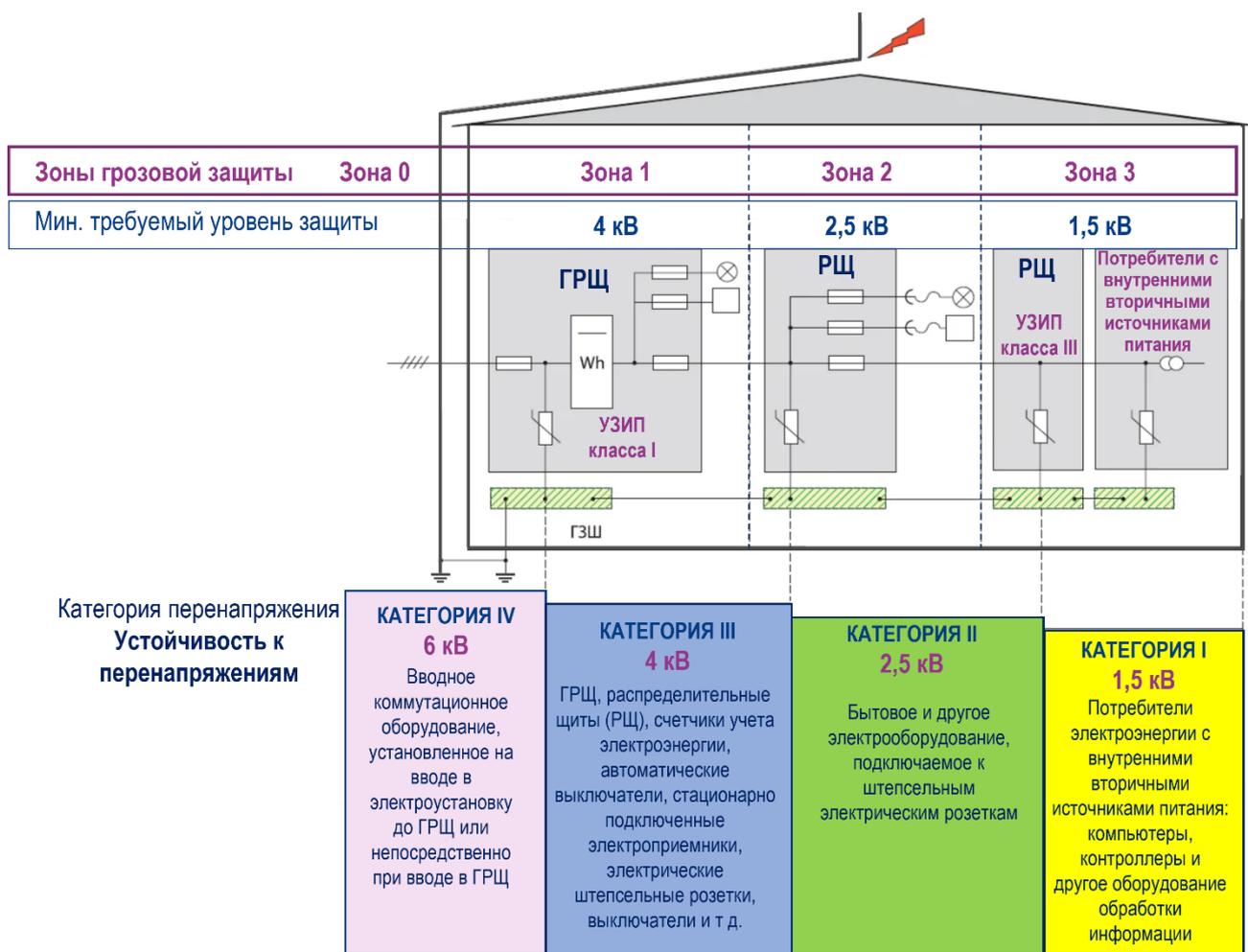


Рисунок 18. Установка устройств защиты от импульсных перенапряжений на различных объектах

**Защитные устройства 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).

**Защитные устройства класса II** - во вторичных распределительных щитах (например, в щитах в выпрямительной, этажных или других щитах). Желательно размещать их до групповых автоматов. 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 (этот вариант будет рассмотрен ниже).

**Защита класса III** может устанавливается также в распределительных щитах или непосредственно возле потребителя (защитная Зона 3). При расстояниях более 10-15 метров от места установки УЗИП до потребителя 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 защитных устройств является уровень защиты ( $U_p$ ), это максимальное значение падения напряжения на защитном устройстве при протекании через него импульсного тока разряда. Параметр характеризует способность устройства ограничивать появляющиеся на его клеммах перенапряжения. Обычно определяется при протекании **номинального импульсного разрядного тока ( $I_n$ )**.

Из рисунка (см. **Рисунок 18**) видно, что каждая ступень защиты обеспечивает выполнение требований по импульсной стойкости изоляции.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ВЫБОРА УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

При выборе УЗИП необходимо обращать внимание на следующие параметры:

**$U_n$**  – номинальное рабочее напряжение – это номинально действующее напряжение сети, для работы в которой предназначено защитное устройство;

**$U_c$  и  $I_c$**  — максимально длительное рабочее напряжение и максимально длительный рабочий ток;

**$U_T$**  — временное перенапряжение;

**$I_n$**  — номинальный разрядный ток (только для испытаний классов I и II);

**$I_{max}$**  — для испытаний класса II,  **$I_{imp}$**  — для испытаний класса I,  **$U_{oc}$**  — для испытаний класса III;

**$U_p$**  — уровень напряжения защиты (или защитный уровень напряжения) – это максимальное значение падения напряжения на защитном устройстве при протекании через него импульсного тока разряда. Параметр характеризует способность устройства ограничивать появляющиеся на его клеммах напряжения.

На рисунке (см. **Приложение 7**) хорошо видно, как зонавая защита позволяет последовательно снижать нежелательное воздействие перенапряжения для сети и потребителей электроэнергии в зависимости от требований по импульсной стойкости изоляции потребителей.

**Ток разряда импульса перенапряжения.** На рисунке (см. **Рисунок 19**) показан пример перераспределения тока разряда импульса перенапряжения.

Принято считать, что 50% тока разряда импульса отводится на землю через систему заземления, а часть импульса вызывает протекание тока разряда в проводниках электросети, как правило, распределяясь по ним равномерно.

По статистике 90% молний имеют ток разряда 40 - 60 кА. И только менее одного процента молнии могут иметь ток разряда 100 кА и более!

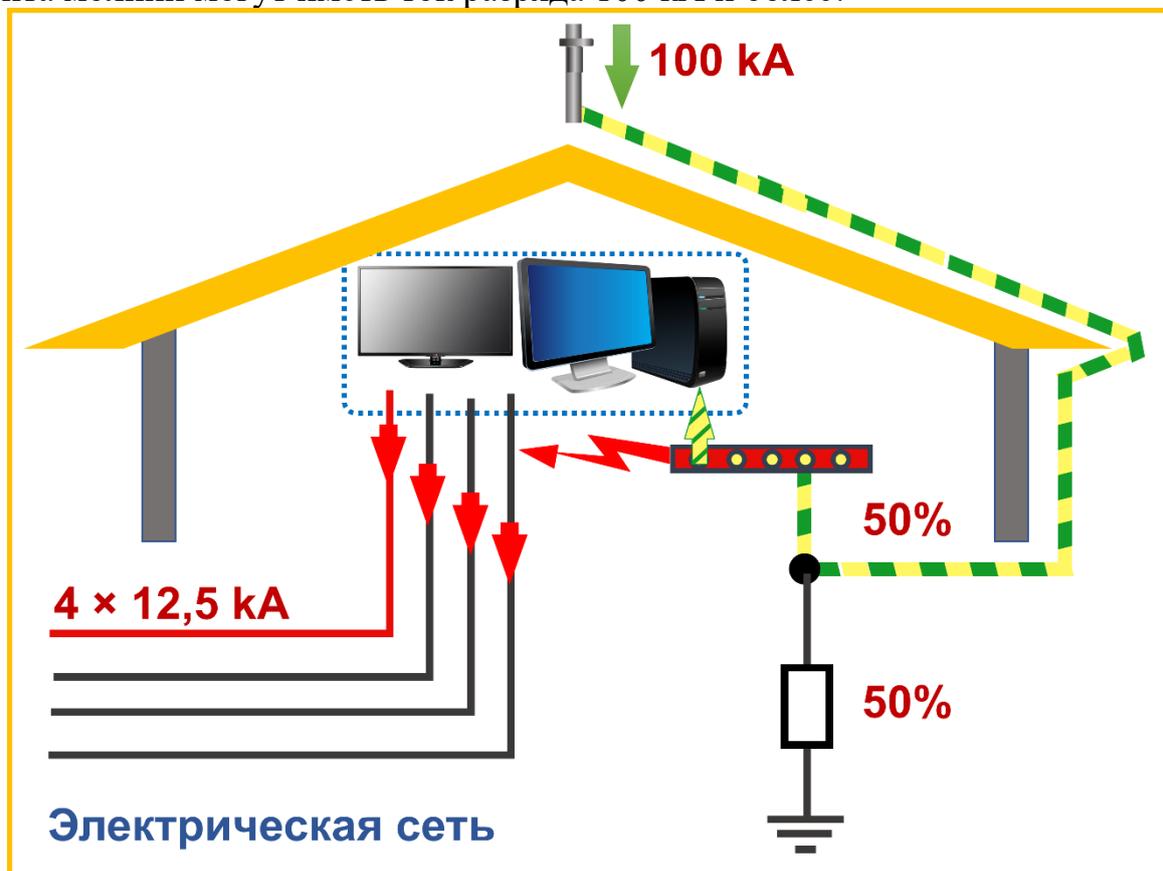


Рисунок 19. Перераспределения тока разряда импульса перенапряжения

**Классификационное напряжение (для варисторных ограничителей)** – это действующее значение напряжения промышленной частоты, которое прикладывается к варисторному ограничителю для получения классификационного тока (значение классификационного тока равно 1,0 мА). То есть, это напряжение, при котором варистор начинает ограничивать импульс перенапряжения и проводить электрический ток величиной 1,0 мА.

**режимы отказа;**

**устойчивость к короткому замыканию;**

**максимальный длительный ток нагрузки** (для двухвводных УЗИП или для одновводных УЗИП с отдельными вводными и выводными выводами);

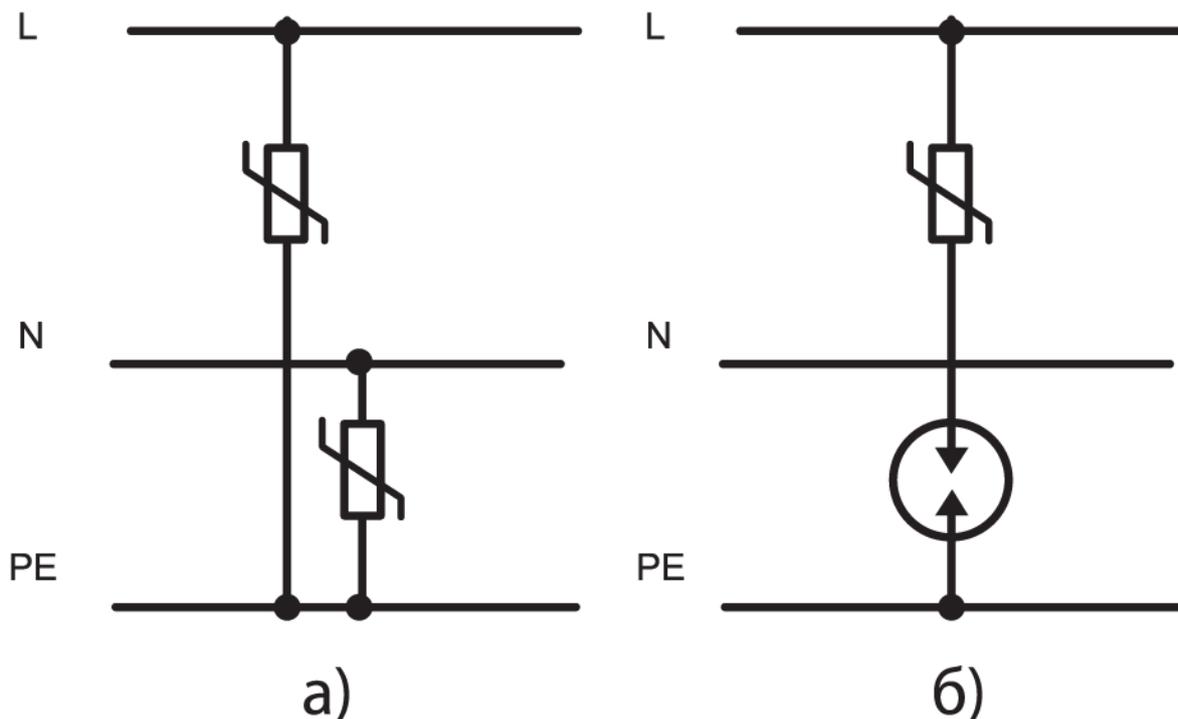
**падение напряжения** для двухвводных УЗИП или для одновводных УЗИП с отдельными вводными и выводными выводами).

**Примечание** — некоторые из вышеперечисленных параметров определены для каждого вида защиты.

На рисунке (см. **Рисунок 38**) показана взаимосвязь между  $U_p$ ,  $U_o$ ,  $U_c$  и  $U_{cs}$ .

### УСТАНОВКА УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТАХ

Существуют две основные схемы включения УЗИП в электрическую сеть (см. **Рисунок 20**).



**Рисунок 20. Схемы включения УЗИП:**

а) для защиты от синфазных перенапряжений; б) - для защиты от противофазных перенапряжений

Схема (а) предназначена, в первую очередь, для защиты от синфазных (продольных) перенапряжений (провод - земля), схема (б), соответственно, от противофазных (поперечных) перенапряжений (провод - провод).

Более высокую опасность для защищаемого оборудования представляют собой противофазные (поперечные) перенапряжения (на клеммах электроприёмников L/N), по сравнению с продольными перенапряжениями (на клеммах электроприёмников L/PE и N/PE). При проектировании различных ступеней защиты возможно комбинирование этих схем.

## ВЫБОР ТИПА ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ

**В качестве первой степени защиты рекомендуется устанавливать:**

- » при воздушном вводе электропитания, вне зависимости от наличия внешней системы молниезащиты (СМЗ), когда возможен прямой удар молнии в линию электропередач в непосредственной близости от объекта - грозовые разрядники, способные пропускать через себя импульсные токи формы 10/350 мкс с амплитудным значением 50-100 кА и гасить сопровождающие токи величиной более 4 кА, а также обеспечивать уровень защиты ( $U_p$ ) менее 4 кВ;
- » при подземном вводе электропитания и при наличии внешней системы молниезащиты, когда существует вероятность попадания молнии в молниеприемник СМЗ, можно установить УЗИП на базе варисторов, способные пропускать через себя импульсные токи формы 10/350 мкс с амплитудным значением 10 - 20 кА и также обеспечивать уровень защиты  $U_p = 4$  кВ и ниже;
- » при отсутствии внешней системы молниезащиты рекомендуется ее 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 степени 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  $I_f$  равным 100 - 300 А.

**В качестве третьей степени защиты** используются УЗИП с максимальным импульсным током 6-10 кА формы 8/20 мкс и уровнем защиты ( $U_p$ ) менее 1,5 кВ. Могут применяться комбинированные устройства, включающие в себя дополнительно помехоподавляющий фильтр в диапазоне частот 0,15 - 30 МГц.

**Разделительные дроссели** (при необходимости их применения) выбираются, исходя из величины максимальных рабочих токов нагрузки 16, 32, 63, 80 или 120 А.

## МАРКИРОВКА

Маркировка приведена в Приложении (см. **Приложение 8**).

## НИЗКОВОЛЬТНЫЕ СИЛОВЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Низковольтные силовые распределительные системы в основном характеризуются типом заземления систем (TNC, TNS, TNC-S, TT, IT) и номинальным напряжением. Могут возникать разные типы перенапряжений и токов. Перенапряжения классифицированы по трем группам: грозовые; коммутационные; временные.

## ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Установка устройств защиты от импульсных перенапряжений и воздействие места установки на защиту, обеспечиваемую устройствами защиты от импульсных перенапряжений.

При применении УЗИП в силовой распределительной системе можно воспользоваться информационной схемой, представленной на рисунке (см. **Рисунок 21**).



**Рисунок 21. Информационная схема применения УЗИП**

## ТИПИЧНАЯ КОНСТРУКЦИЯ И КОМПОНОВКА

В соответствии со стандартами устройства защиты от перенапряжений переменного тока оснащаются внешними и внутренними выключателями для обеспечения полной безопасности в случае неисправности.

Общее устройство представлено в Приложении (см. **Приложение 9**).

**Необходимы два типа устройств:**

- » **внутреннее устройство отключения термической защиты** отсоединит УЗИП от сети переменного тока в случае теплового пробоя. В таком случае, индикатор (механический или световой) на передней панели защитного устройства предупреждает пользователя о неисправности и необходимости замены неисправного УЗИП;
- » **внешнее устройство отключения электричества** (предохранители или автоматы) для отключения УЗИП от сети переменного тока в случае внутреннего короткого замыкания, например, из-за чрезмерного импульсного тока.

**Основные защитные элементы**, используемые в УЗИП, принадлежат к двум категориям:

✓ **элементам, ограничивающим напряжение:** варисторы, лавинные или ограничительные диоды и т. д.;

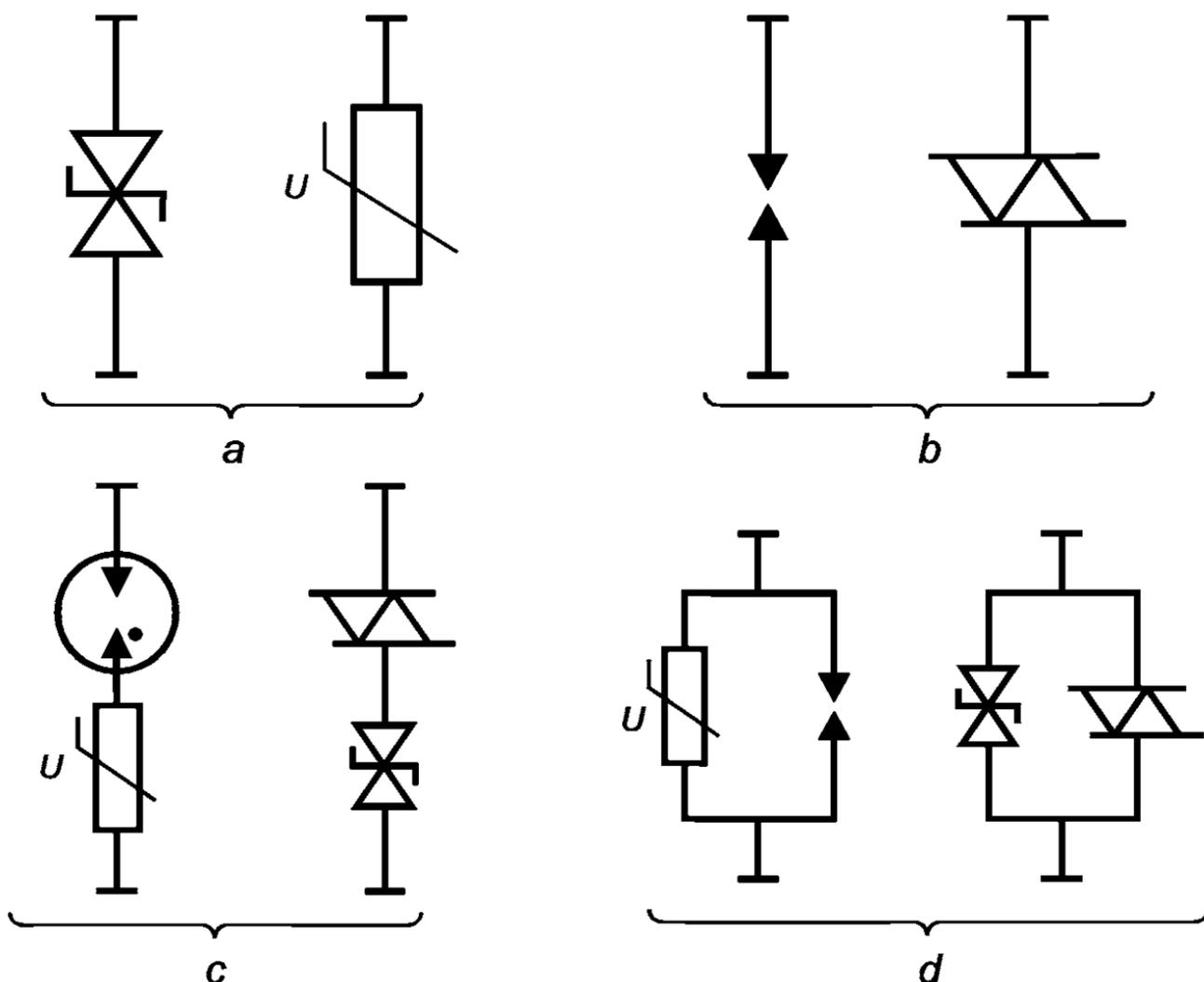
✓ **элементам, коммутирующим напряжение:** воздушные искровые разрядники, газовые разрядники, тиристоры (кремниевые управляемые выпрямители), симисторы и т. д.

**Типичные конструкции УЗИП** на основе этих элементов представлены на рисунке 5:

✓ **УЗИП ограничивающего типа** – отдельный элемент, ограничивающий напряжение (см. **Рисунок 22a**);

✓ **УЗИП коммутирующего типа** – отдельный элемент, коммутирующий напряжение (см. **Рисунок 22б**);

✓ **УЗИП комбинированного типа** – комбинация элементов, ограничивающих и коммутирующих напряжение (см. **Рисунок 22с**).



**Рисунок 22. Примеры элементов и комбинаций элементов**

a — элементы, ограничивающие напряжение; b — элементы, коммутирующие напряжение; c — элементы, ограничивающие напряжение, в последовательном соединении с элементами, коммутирующими напряжение; d — элементы, ограничивающие напряжение, в параллельном соединении с элементами, коммутирующими напряжение

**Не все УЗИП имеют только основные элементы.** Они могут дополнительно включать в себя индикаторы состояния, разъединители, плавкие предохранители, катушки индуктивности, конденсаторы и другие элементы.

Кроме того, УЗИП может быть сконструировано как однофазное или двухфазное устройство.

В зависимости от модификации УЗИП может быть оснащен сухим перекидным контактом, рассчитанным на ток 0,5 А, что позволяет дистанционно контролировать состояние устройства защиты.

### Варисторы

Элементом отвечающим за основные характеристики УЗИП ограничивающего типа является **варистор** (см. **Рисунок 23**). Такое УЗИП с варистором, как отмечалось выше, называют **ограничителем**.

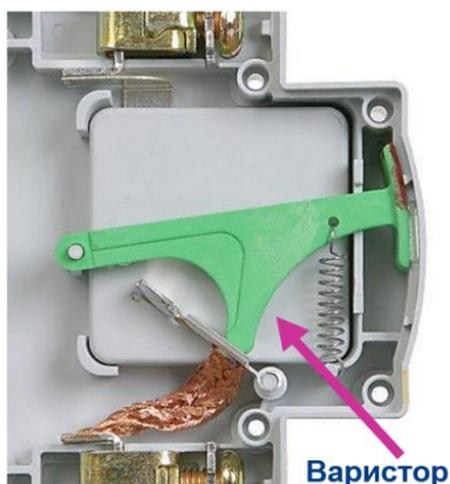


Рисунок 23. Варистор

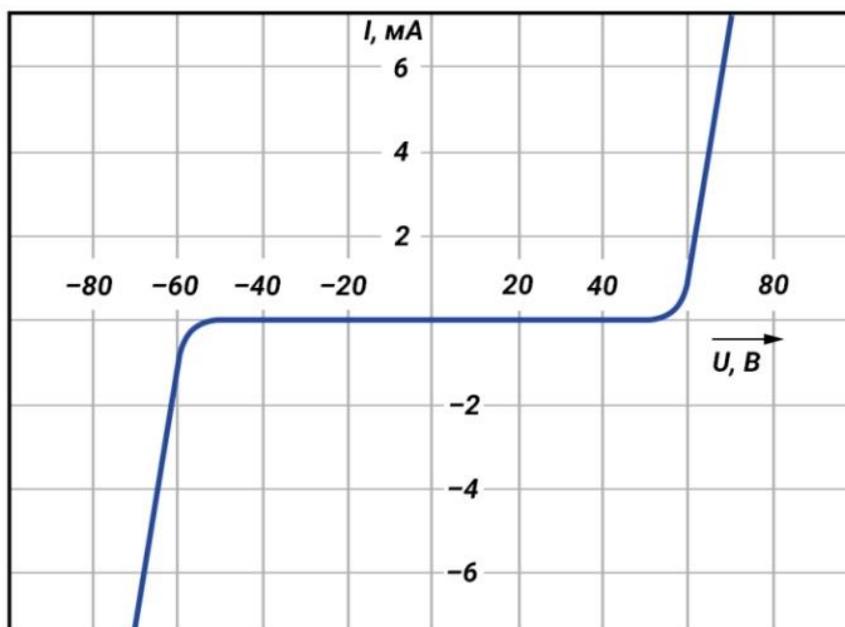


Рисунок 24. Вольтамперная характеристика варистора

В отсутствие перенапряжения этот тип УЗИП сохраняет высокое полное сопротивление, но снижает его с возрастанием напряжения.

**Варистор** представляет собой полупроводниковый резистор с нелинейной зависимостью электропроводности от приложенного внешнего напряжения.

Материал варистора содержит электропроводящие кристаллы, преимущественно, карбида кремния SiC или оксида цинка ZnO, которые окружены твёрдым связующим веществом (глина, стекло, смолы или другое).

**Принцип работы:** во время действия импульса перенапряжения, когда напряжение в сети достигает определённого значения (классификационное напряжение), сопротивление варистора резко уменьшается и основной всплеск тока протекает через него, а не через электрооборудование. Выделяемая при прохождении через варистор тока энергия рассеивается в виде тепла. После окончания импульса перенапряжения варистор практически мгновенно восстанавливает свое первоначальное большое сопротивление.

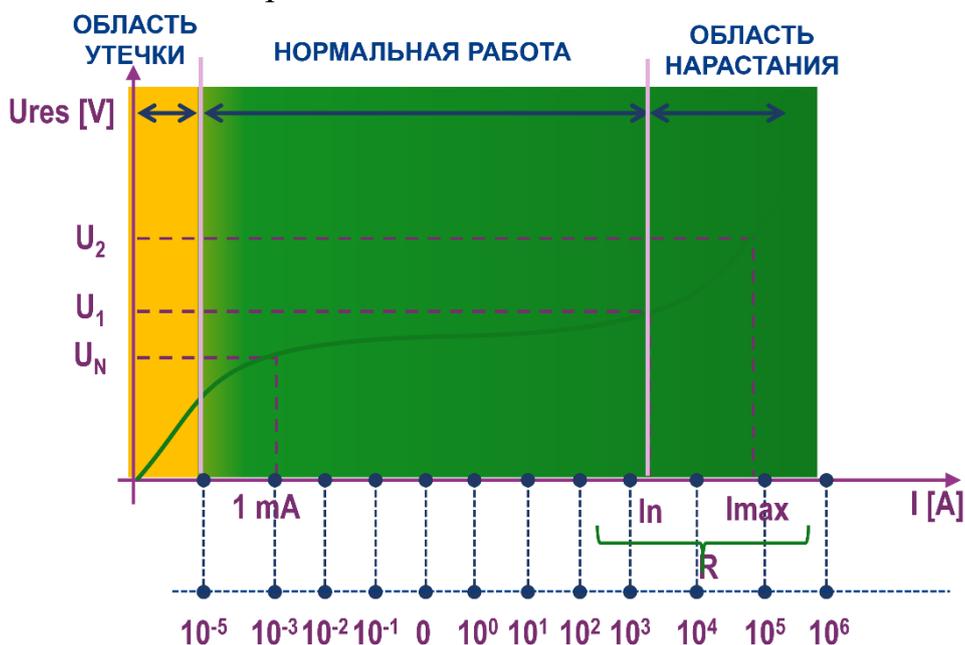


Рисунок 25. Типовая ВАХ металлооксидного варистора и три области работы варистора



Рисунок 26. Блоки металлооксидных варисторов

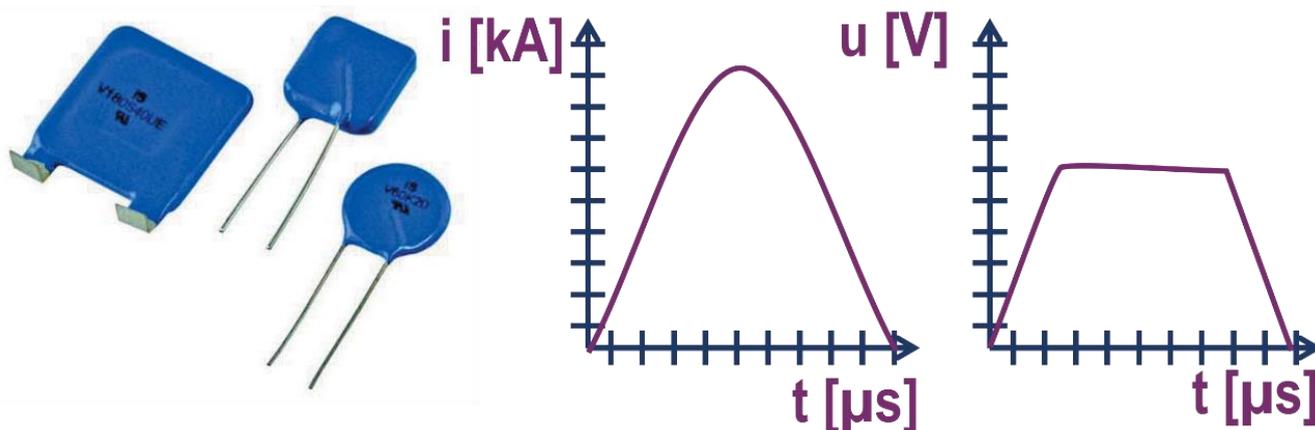


Рисунок 27. Характеристика металлооксидного варистора (MOV) при импульсе тока 8/20 мкс

### Разъединитель

При превышении фактического тока разряда через УЗИП над максимально допустимым может возникнуть ситуация, когда варистор выйдет из строя. Кристаллы потеряют свои свойства и спекутся между собой.

Это приведёт к возникновению режима короткого замыкания, повышению температуры варистора и ограничителя, и в конечном итоге – к пожару.

Такое явление в ограничителях называется **температурным сбоем**.

Для предотвращения этого служит **плавкий элемент**.



Плавкий элемент (тепловая защита)

Рисунок 28. Разъединители

## Индикатор состояния

Работоспособность варисторного блока УЗИП контролируется с помощью индикатора состояния (см. **Рисунок 29**), расположенного на лицевой панели:

- ✓ зеленый цвет индикатора – устройство исправно;
- ✓ красный цвет индикатора – устройство вышло из строя, требуется замена.

Вышедшее из строя устройство защиты от импульсных перенапряжений не препятствует бесперебойности питания, оно просто отключает себя от цепи, но при этом оборудование больше не защищено.

После срабатывания ограничителя при воздействии импульса перенапряжения устройство выходит из строя, при этом цвет индикатора износа изменяется с зеленого на красный. Требуется замена устройства или его варисторного модуля.

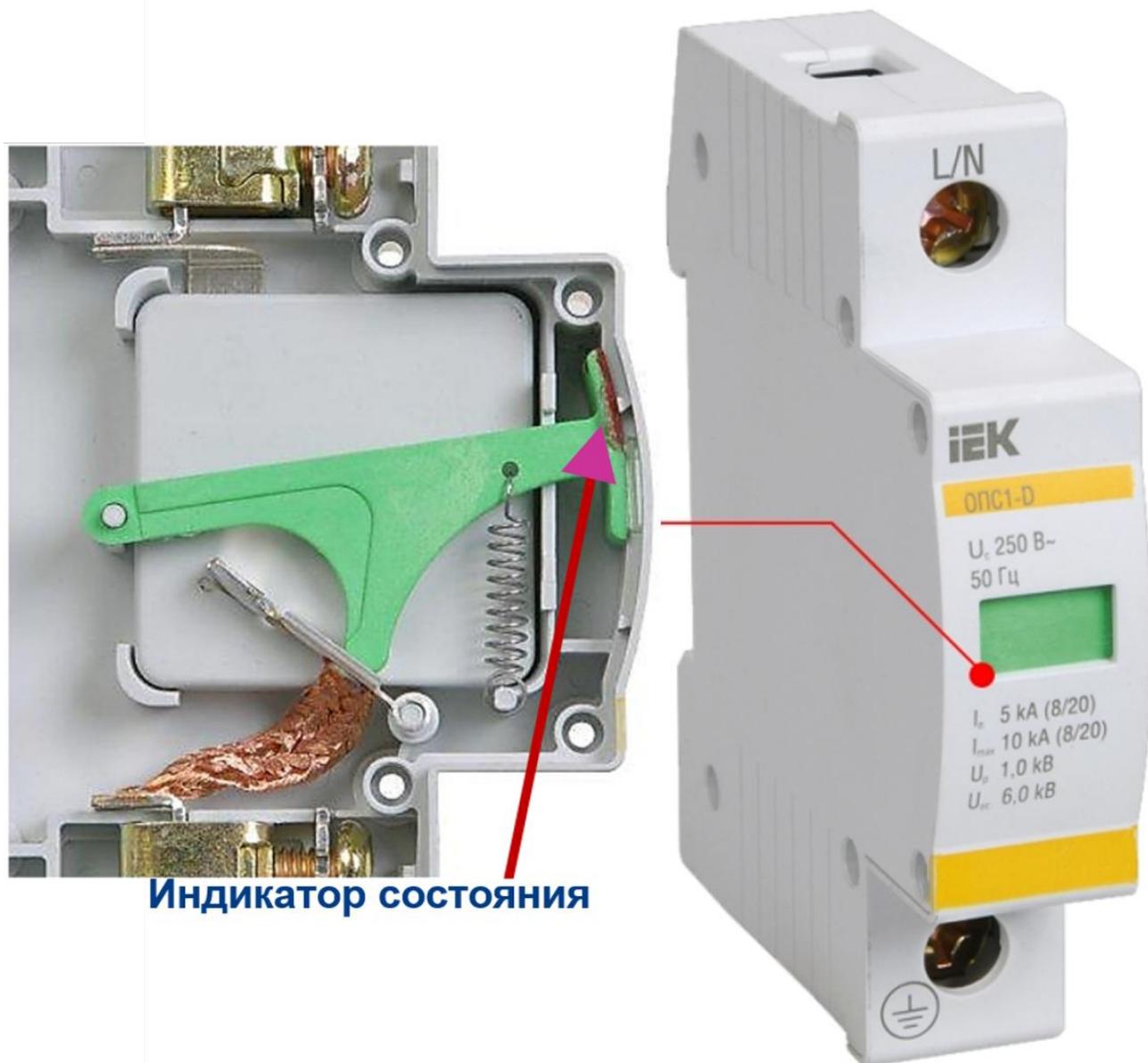


Рисунок 29. Индикатор состояния

## Сменные модули

Конструкция некоторых устройств защиты от перенапряжений основана на использовании сменного модуля, который подключают к совместимой базе.

Это позволяет легко заменять и проверять компоненты без нарушения защитной функции.

Сменный модуль маркируют цветной этикеткой соответствующего Типа (**Черный** = Тип 1; **Красный** = Тип 2; **Синий** = Тип 2 маломощный или Тип 3) и указывают рабочее напряжение, чтобы избежать неправильного применения.

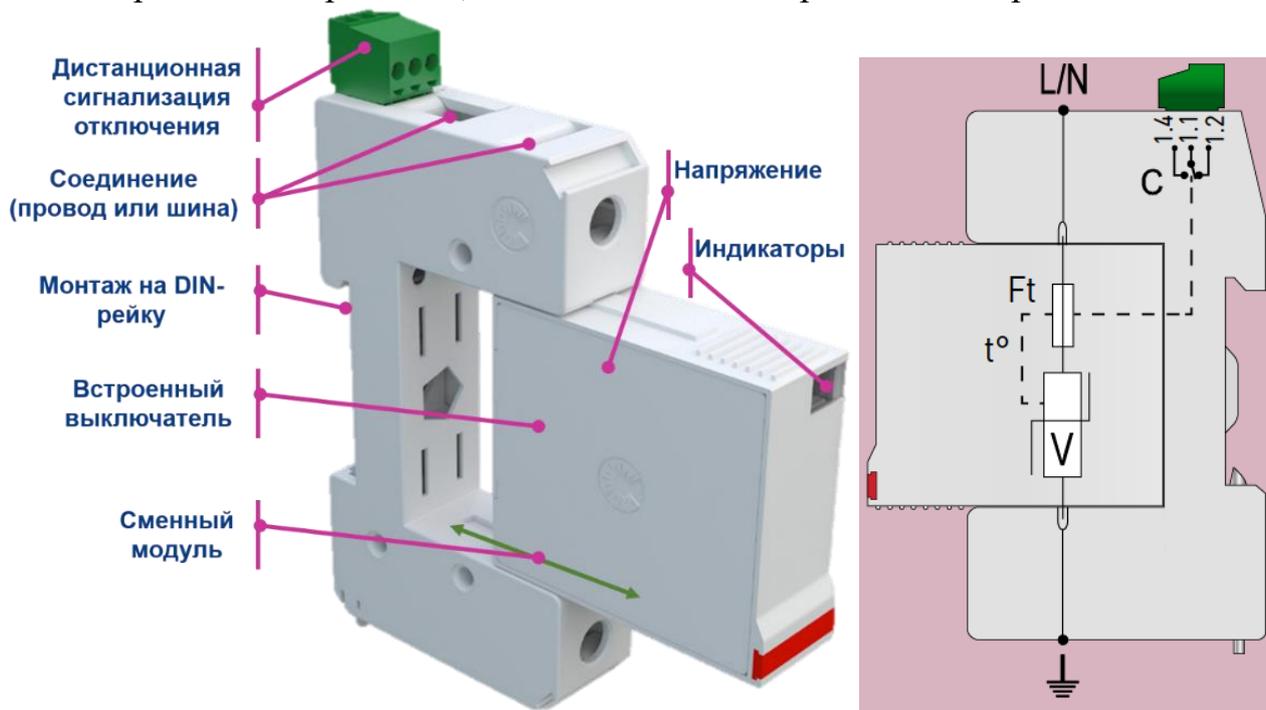


Рисунок 30. УЗИП со сменным модулем:

V : Варистор; Ft : Плавкий предохранитель; t° : Терморазмыкатель; C : Контакт дистанционной сигнализации

### Дистанционная сигнализация отключения

Большинство УЗИП выпускают и в версии с «**дистанционной сигнализацией отключения**». Такое устройство, которое позволяет дистанционно проверять состояние УЗИП, особенно важно, когда устройство труднодоступно или визуально неконтролируемо.

Система включает вспомогательный перекидной контакт, который срабатывает, если модуль УЗИП меняет состояние.

Версия с дистанционной сигнализацией позволяет выбрать систему сигнализации, соответствующую установке (световая, звуковая, автоматическая, модемная связь).

### Помехозащитный конденсатор

Наиболее распространённые, помимо ограничителей, разрядники и компенсирующие конденсаторы.

Пример применения **компенсирующих конденсаторов** - установка их в электрические схемы светильников с люминесцентными лампами, управляемые электромагнитным ПРА. Запуск таких ламп происходит путём создания импульса высокого напряжения до 4500 В. Для того, чтобы этот импульс не попадал в сеть, устанавливают компенсирующие конденсаторы, которые гасят импульс на выходе светильника.



Рисунок 31. Компенсирующие конденсаторы

## Разрядники

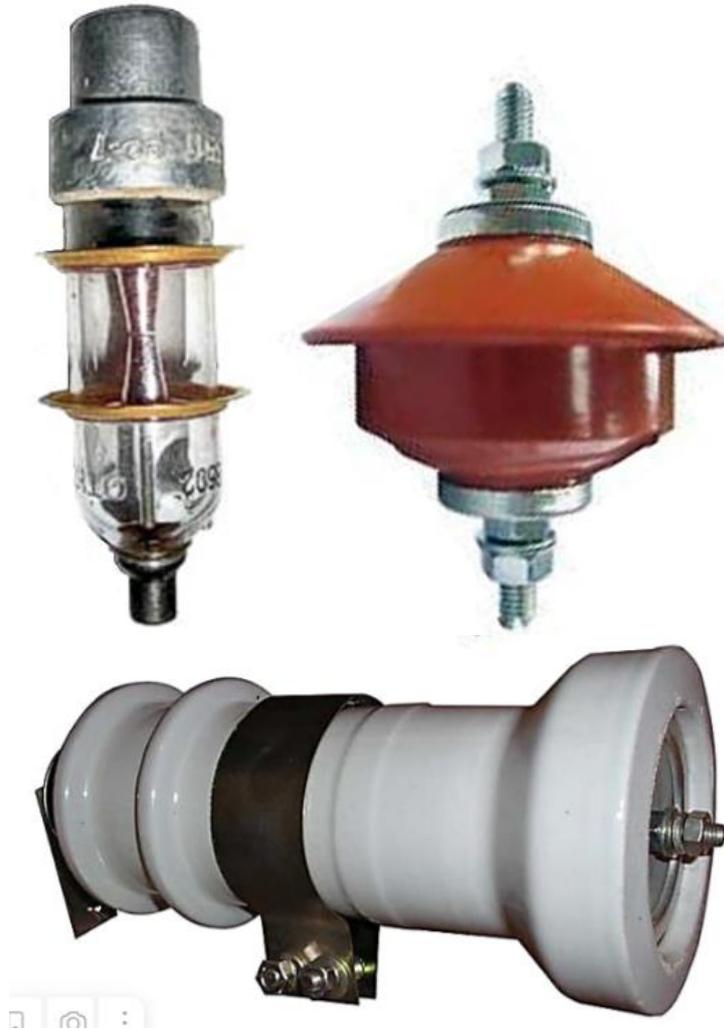


Рисунок 32. Разрядники

**Разрядники** – это две токопроводящие металлические пластины с диэлектрическим зазором, заполненным специальной газовой смесью.

При возникновении напряжения, превышающего определённую величину, между пластинами возникает разряд, обеспечивающий протекание тока разряда на землю. Разрядник поглощает больше энергии, чем ограничитель, и способен пропускать через себя ток большей величины. Но, несмотря на это, срабатывает разрядник медленнее, чем варистор.

**1. Заполнить пропуски.**

Перенапряжения делятся на две группы:

– это повышение напряжения в электрической сети выше % номинального напряжения продолжительностью , возникающее в системе электроснабжения при

– это длительностью от единиц наносекунд до десятков микросекунд, значение которого многократно превышает значение напряжения электрической сети, вслед за которым напряжение до первоначального или близкого к нему уровня (чрезвычайно высокое напряжение между фазами или фазой и землёй с длительностью до 1 мс). В быту это явление называют

**2. Сопоставить зоны молниезащиты с точки зрения прямого и непрямого воздействия молнии с их характеристикой (ответ записать в виде 1-а и т.д.).**

<b>1</b>	Зона 0А	<b>а</b>	если требуется дальнейшее снижение импульсов тока или электромагнитного поля в местах размещения чувствительного оборудования, то необходимо проектировать последующие зоны защиты. Критерий защиты для последующих зон определяется общими требованиями по ограничению внешних воздействий, влияющих на защищаемую систему
<b>2</b>	Зона 0В	<b>б</b>	зона внешней среды объекта, все точки которой могут подвергаться воздействию прямого удара молнии (иметь непосредственный контакт с каналом молнии) и возникающего при этом электромагнитного поля
<b>3</b>	Зона 1	<b>в</b>	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 за счет экранирующих свойств конструкций

4	Последующие зоны (Зона 2, и т.д.)	г	зона внешней среды объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии (ПУМ), так как находятся в пространстве, защищённом системой внешней молниезащиты. Однако в данной зоне имеется воздействие неослабленного электромагнитного поля
---	-----------------------------------	---	--

**Ответ:**

### 3. Заполнить пропуски.

**Устройство защиты от импульсных перенапряжений (далее УЗИП)** предназначены для защиты электрических сетей и подключенного к ним электрооборудования от \_\_\_\_\_, вызванных \_\_\_\_\_ или \_\_\_\_\_ в системах электроснабжения, неисправностями и авариями систем электроснабжения.

### 4. Закончить предложения.

Функции УЗИП в силовых системах:

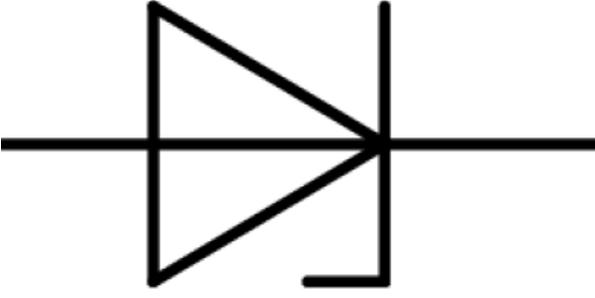
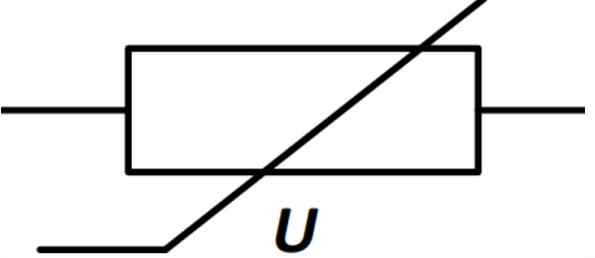
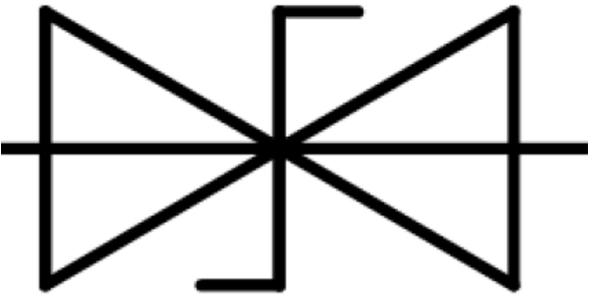
**при отсутствии импульсных перенапряжений** УЗИП

**при возникновении импульсных перенапряжений** УЗИП

**при возникновении импульсных перенапряжений** УЗИП

5. Укажите виды УЗИП по типу конструкции:

6. Сопоставьте условное обозначение с их наименованием (в виде 1-а):

1		а	двунаправленный ограничительный стабилитрон
2		б	варистор
3		в	супрессор однонаправленный

Ответ:

7. Укажите места установки УЗИП в зависимости от класса и укажите защиту от импульсов формы.

Класс	Места установки	Защита от импульсов формы
I		

<b>II</b>		
<b>III</b>		

### 8. Заполнить пропуски.

\_\_\_\_\_ – это устройство, предназначенное для отсоединения УЗИП или его части от силовой системы. Данное разъединительное устройство \_\_\_\_\_ для безопасности. Оно предназначено для \_\_\_\_\_

**Индикатор состояния**, это прибор, связанный с \_\_\_\_\_, служит для снабжения потребителя информацией о том, \_\_\_\_\_

**Время полупериода** определяется как отрезок времени между виртуальным началом и точкой на уровне \_\_\_\_\_

**Виртуальное начало** — точка, в которой прямая линия, проходящая через точки \_\_\_\_\_

**Импульс тока 8/20** – это \_\_\_\_\_ 8 мкс и \_\_\_\_\_ 20 мкс.

**Виртуальное начало** — точка, в которой прямая линия, проходящая через точки \_\_\_\_\_ % и \_\_\_\_\_ % на кривой нарастания, пересекает линию времени на оси координат.

**9. Дайте характеристику типам УЗИП.**

<b>Тип</b>	<b>Класс испытаний</b>	<b>Характеристика класса испытаний</b>	<b>Назначение</b>	<b>Места установки</b>
<b>1</b>				
<b>2</b>				
<b>3</b>				

## 10. Заполните пропуски.

При выборе УЗИП необходимо обращать внимание на следующие параметры:

$U_n$  — — это

$U_c$  и  $I_c$  —

$U_T$  —

$I_n$  —

$I_{max}$  —

$I_{imp}$  —

$U_{oc}$  —

$U_p$  — — это

. Параметр характеризует

**Классификационное напряжение (для варисторных ограничителей)** — это , которое прикладывается

к для получения (значение равно мА). То есть, это напряжение, при котором

## 11. Расшифруйте маркировку УЗИП:



## 12. Установите соответствие между параметрами применения УЗИП и местом установки.

1	Вид защиты электроустановки	а	УЗИП устанавливают, как можно ближе к вводу электроустановки
2	Явление колебаний	б	УЗИП устанавливают, как можно ближе к оборудованию
3	Длина соединительных проводников	в	Соединительные проводники УЗИП должны быть как можно короче
4	Необходимость о дополнительной защите	г	Установка УЗИП на вводе и рядом с оборудованием
5	Выбор местоположения УЗИП в зависимости от класса испытаний	д	УЗИП, предназначенные для классов испытаний I, II и III, могут применяться на вводе электроустановки, а предназначенные для классов испытаний II и III, - рядом с оборудованием
6	Зона защиты	е	При использовании такого понятия УЗИП следует устанавливать в границах зоны

Ответ:

**13. Укажите защитные элементы УЗИП, принадлежащие к элементам, ограничивающим напряжение:**

варисторы

воздушные искровые

разрядники

лавинные диоды

газовые разрядники

ограничительные диоды

тиристоры (кремниевые управляемые выпрямители)

симисторы

**14. Установить соответствие между изображением элементов и комбинаций элементов и типом УЗИП.**

1	элементы, ограничивающие напряжение, в параллельном соединении с элементами, коммутирующими напряжение	<p style="text-align: center;">a</p>
2	элементы, ограничивающие напряжения	<p style="text-align: center;">b</p>
3	элементы, коммутирующие напряжение	<p style="text-align: center;">c</p>
4	элементы, ограничивающие напряжение, в последовательном соединении с элементами, коммутирующими напряжение	<p style="text-align: center;">d</p>

**Ответ:**

### 15. Заполнить пропуски.

Элементом отвечающим за основные характеристики УЗИП ограничивающего типа является . Такое УЗИП с , как отмечалось выше, называют .

### 16. Опишите кратко принцип действия варистора.

### 17. Закончите предложение.

Для предотвращения явления температурного сбоя в ограничителях служит

### 18. Заполните пропуски.

Работоспособность варисторного блока УЗИП контролируется с помощью расположенного

После срабатывания при воздействии импульса перенапряжения устройство выходит из строя, при этом цвет индикатора износа изменяется с на . Требуется устройства или

**19. Установите соответствие между цветом маркера сменного модуля и типом УЗИП (ответ запишите в виде «1-б»):**

<b>1</b>	черный	<b>а</b>	Тип 1
<b>2</b>	красный	<b>б</b>	Тип 2 маломощный или Тип 3
<b>3</b>	синий	<b>в</b>	Тип 2

**Ответ:**

**20. Закончить предложение.**

**Номинальное рабочее напряжение – это**

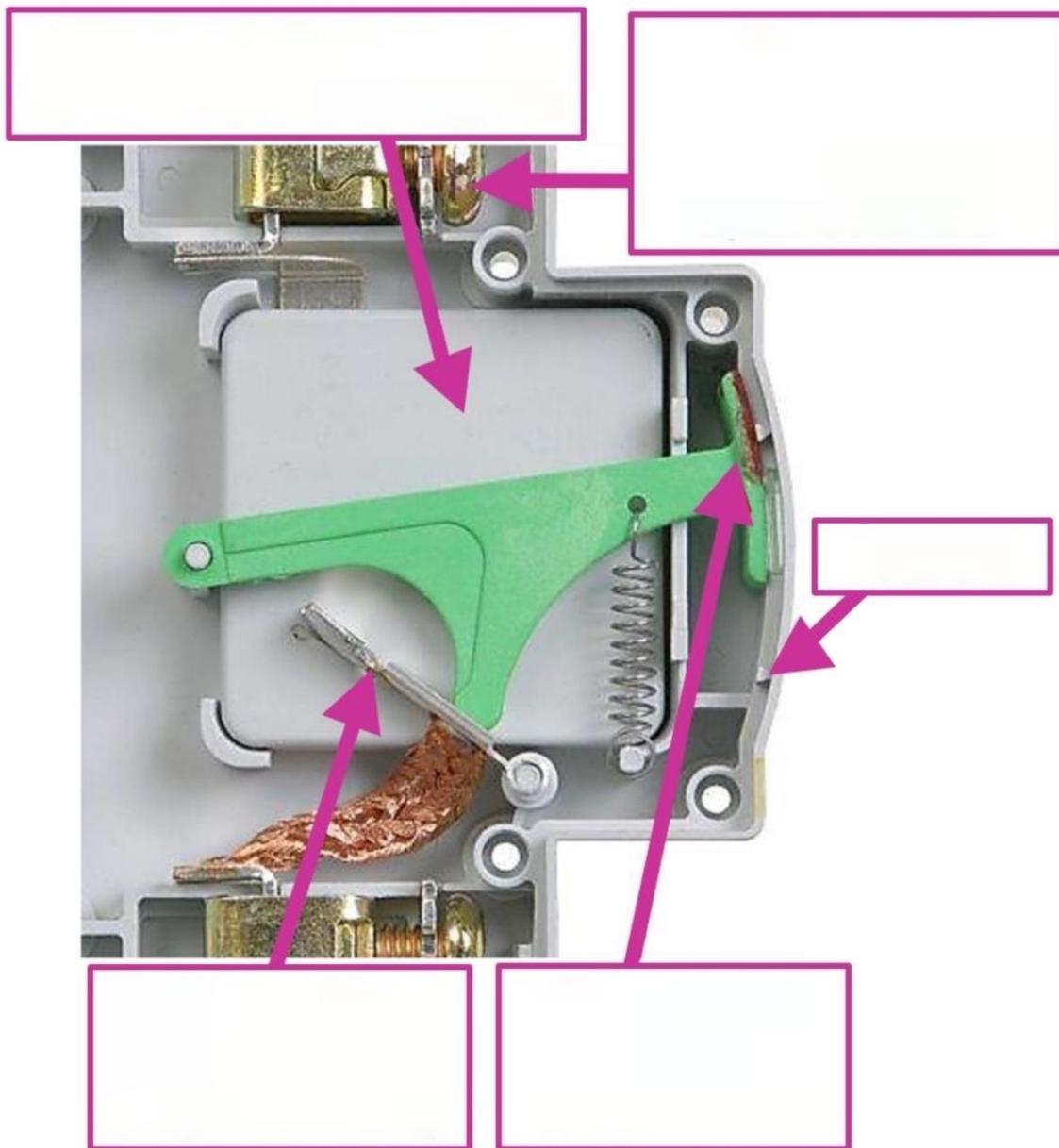
**Максимальное рабочее напряжение –**

**Номинальный разрядный ток -**

**Максимальный разрядный ток -**

**Уровень напряжения защиты -**

21. Укажите конструктивные элементы УЗИП.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

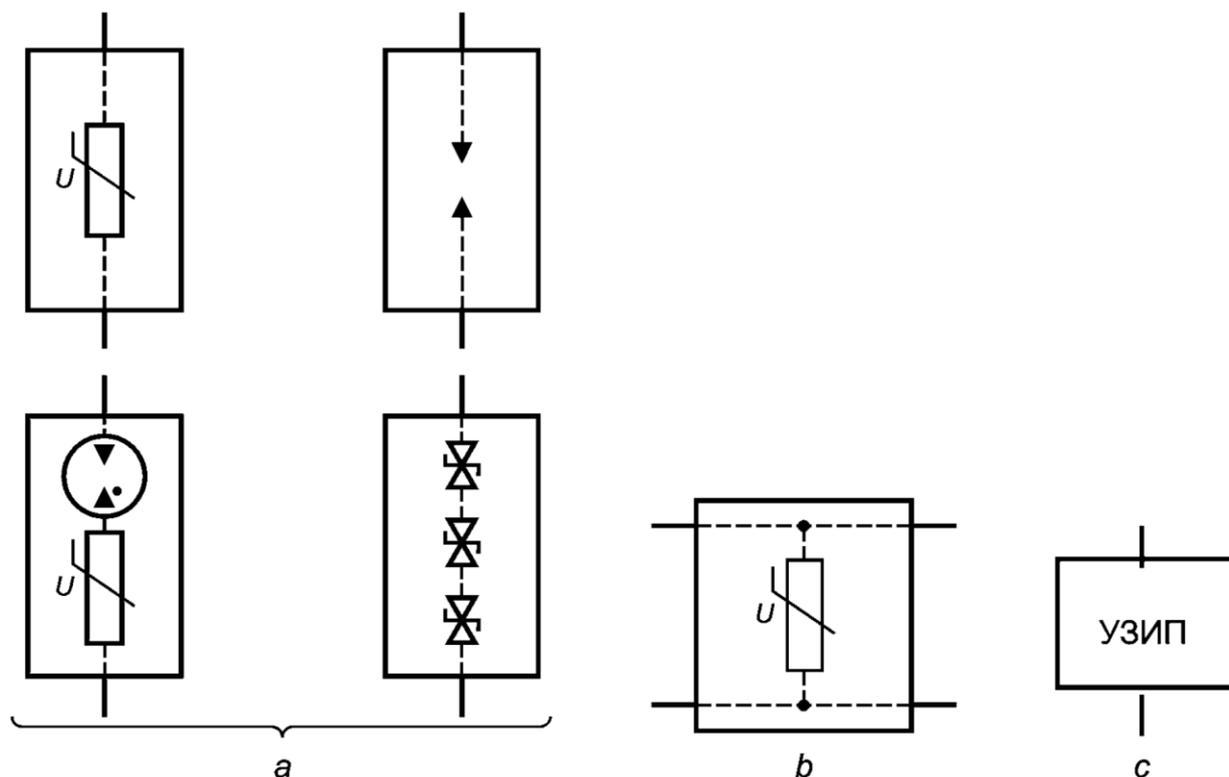
### Приложение 1. Термины и определения

#### Общие термины и определения

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

**одноводное УЗИП:** УЗИП, включенное параллельно в защищаемую цепь. Может иметь отдельные вводной и выводной выводы без включенного последовательно полного сопротивления между выводами.

Примечание — На рисунке (см. **Рисунок 33**) представлено несколько типичных одноводных УЗИП, на рисунке 1с — общий символ обозначения одноводного УЗИП. Одноводное УЗИП может быть подсоединено параллельно с источником питания (см. **Рисунок 33а**) либо последовательно (см. **Рисунок 33б**). В первом случае ток нагрузки не проходит через УЗИП. Во втором случае ток нагрузки проходит через УЗИП, и превышение температуры под нагрузкой и максимально допустимый ток нагрузки могут быть определены как для двухвводного УЗИП. На рисунках 3b—3d показано срабатывание одноводных УЗИП разных типов при воздействии импульса тока 8/20, прикладываемого с помощью генератора комбинированной волны.



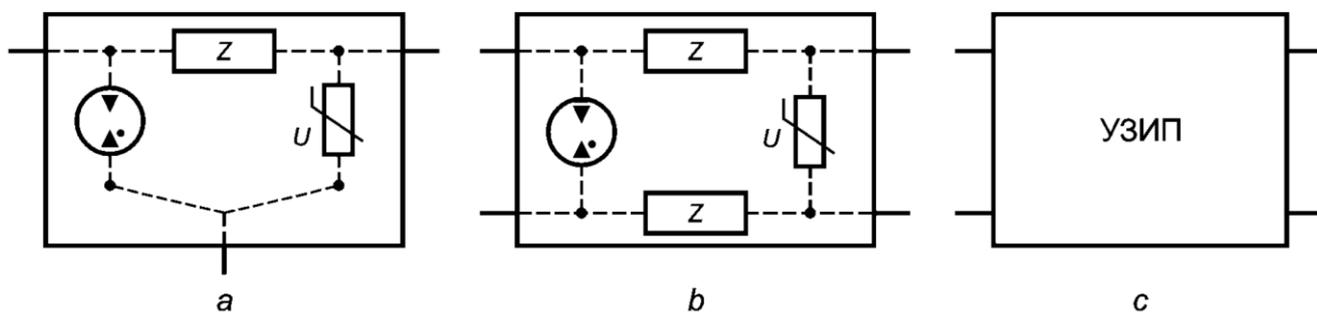
**Рисунок 33. Примеры обозначений одноводных УЗИП**

a — одноводные УЗИП; b — одноводное УЗИП с отдельными вводными и выводными зажимами; c — общий символ обозначения одноводного УЗИП

**двухвводное УЗИП:** УЗИП с двумя комплектами выводов — вводным и выводным — с включенным последовательно между выводами специальным полным сопротивлением.

Примечание — Измеренное предельное напряжение может быть выше на вводах, чем на выводах. Поэтому защищаемое оборудование следует подсоединять к выводным зажимам.

На рисунке (см. **Рисунок 34**) представлены типичные двухвводные УЗИП. На рисунках (см. **Рисунок 35e** и **Рисунок 35f**) показано срабатывание двухвводного УЗИП при воздействии импульса тока  $8/20$ , прикладываемого с помощью генератора комбинированной волны.



**Рисунок 34. Примеры обозначений двухвводных УЗИП**

a — двухвводное УЗИП с тремя выводами; b — двухвводное УЗИП с четырьмя выводами; c — общий символ обозначения двухвводного УЗИП; Z — полное сопротивление, включенное последовательно между вводными и выводными зажимами

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

**Общим примером элементов, служащих коммутирующими устройствами,** являются разрядники, газовые трубки, тиристоры (кремниевые выпрямители) и управляемые тиристоры. Такие УЗИП иногда называют «разрядники» («молниеразрядниками» или «разрядниками грозовой защиты»).

*Примечание* — Устройство коммутирующего типа имеет дискретную U/I характеристику. На рисунке (см. **Рисунок 35c**) показано срабатывание УЗИП коммутирующего типа при воздействии импульса, подаваемого генератором комбинированной волны.

**УЗИП ограничивающего типа:** УЗИП, которое при отсутствии перенапряжения сохраняет высокое полное сопротивление, но постепенно снижает его с возрастанием волны тока и напряжения.

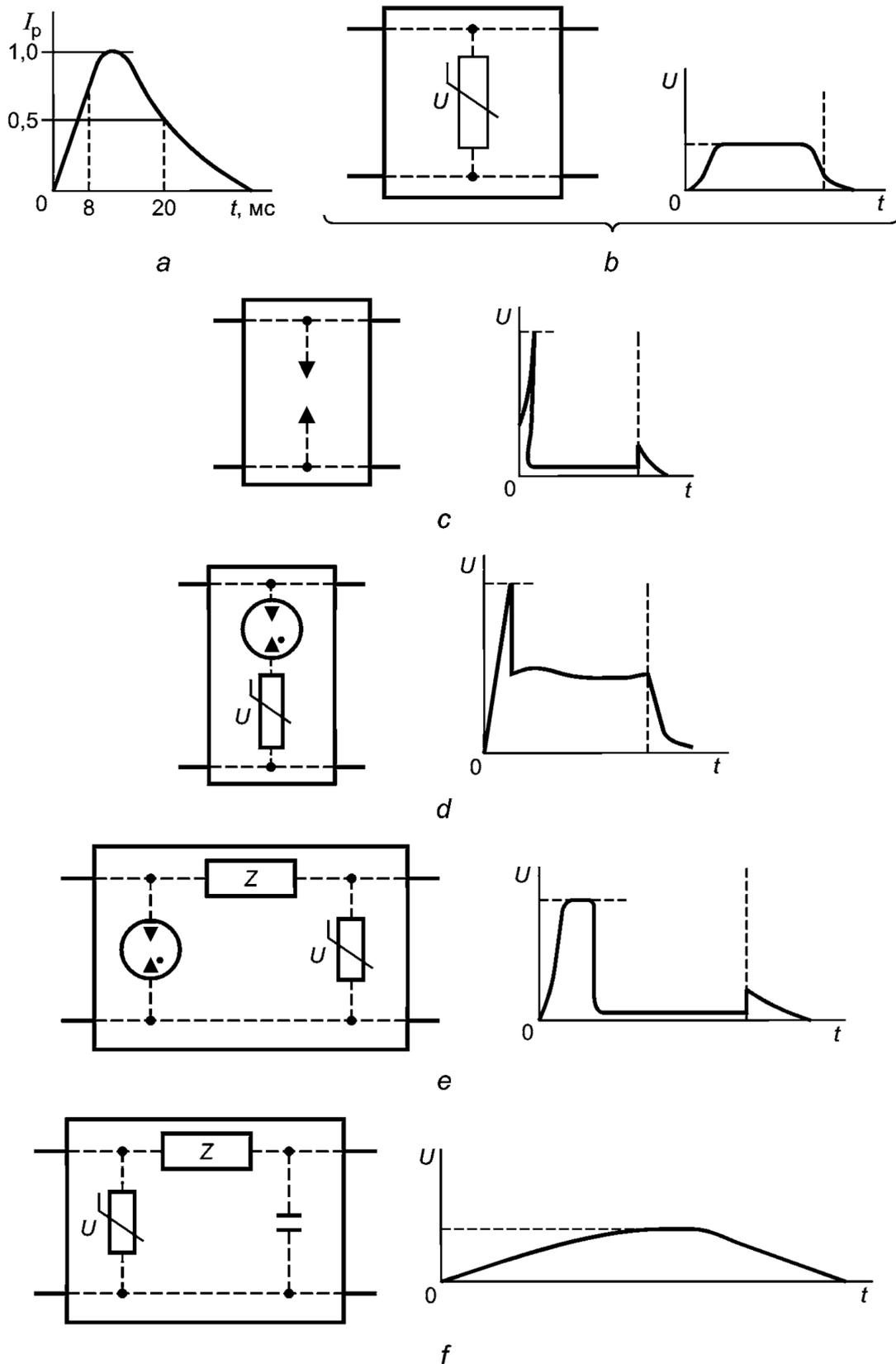
**Общим примером элементов, служащих нелинейными устройствами,** являются варисторы и диодные разрядники. Такие УЗИП иногда называют «ограничители».

*Примечание* — Устройство ограничивающего типа имеет постоянную U/I характеристику.

На рисунке (см. **Рисунок 35b**) показано срабатывание типичного УЗИП ограничивающего типа при воздействии импульса, прикладываемого с помощью генератора комбинированной волны.

**УЗИП комбинированного типа:** УЗИП, содержащие элементы как коммутирующего, так и ограничивающего типов, которые могут коммутировать и ограничивать напряжение, а также выполнять обе функции; их действие зависит от характеристик подаваемого напряжения.

*Примечание* — На рисунках (см. **Рисунок 35d, e**) показано срабатывание нескольких типичных УЗИП комбинированного типа при воздействии импульса комбинированной волны.



**Рисунок 35. Срабатывание однопроводного и двухпроводного УЗИП при воздействии импульса комбинированной волны**

а — форма прикладываемого импульса комбинированной волны; б — форма ограничения прикладываемого импульса УЗИП ограничивающего типа; с — форма ограничения прикладываемого импульса УЗИП коммутирующего типа; д — форма ограничения прикладываемого импульса однопроводным УЗИП комбинированного типа; е — форма ограничения прикладываемого импульса двухпроводным УЗИП комбинированного типа; ф — форма ограничения прикладываемого импульса двухпроводным УЗИП ограничивающего типа с развязывающим фильтром

Примечание — Уровни напряжения на рисунках приведены для примера и не являются действительными.

**виды защиты:** Защитный элемент УЗИП может подсоединяться между фазами или между фазой и землей, или между фазой и нейтралью, или между нейтралью и землей, или в любой из комбинаций. Эти варианты относятся к видам защиты.

**номинальный разрядный ток  $I_n$ :** Пиковое значение тока, протекающего через УЗИП, с формой волны 8/20. Применяют в классификации УЗИП при испытаниях класса II, а также при предварительной обработке УЗИП при испытаниях классов I и II.

**импульсный ток  $I_{imp}$ :** Определяется пиковым значением тока  $I_{reak}$  и зарядом  $Q$ . Испытания проводят в рабочем циклическом режиме. Применяют при классификации УЗИП для испытаний класса I.

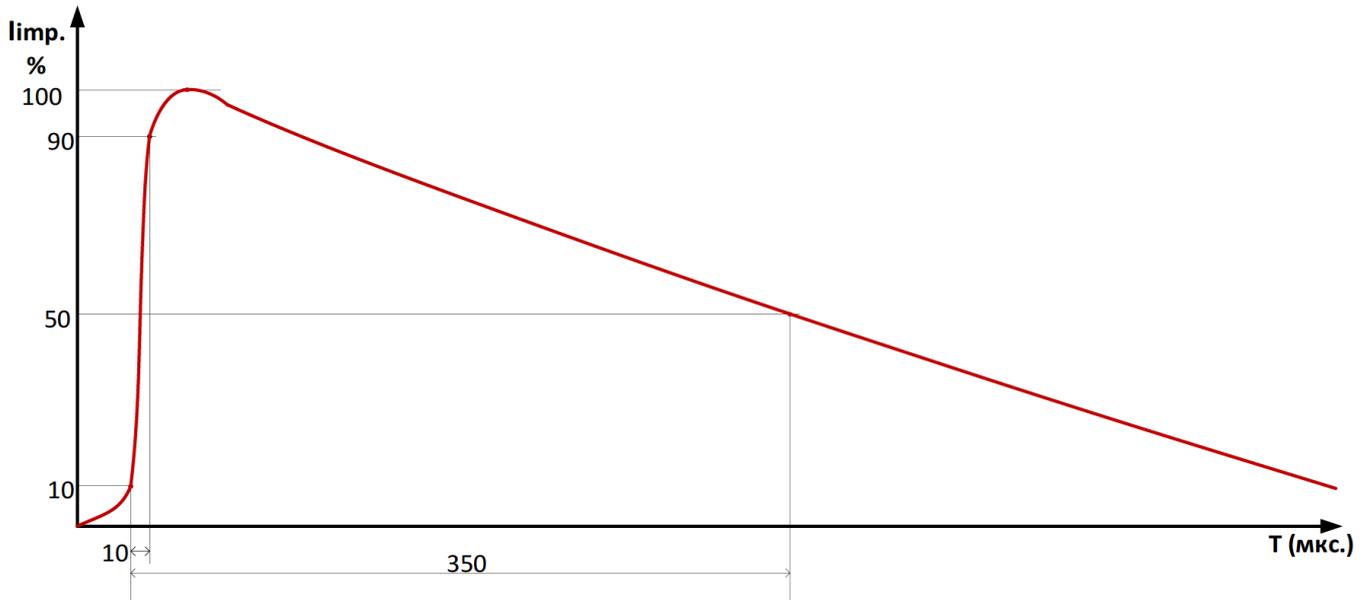


Рисунок 36. Форма импульса тока 10/350

**максимальный разрядный ток ( $I_{max}$ ) для испытаний класса II:** Пиковое значение тока, протекающего через УЗИП, имеющего форму волны 8/20 и значение согласно испытательному циклу в рабочем режиме испытаний класса II.

Это воздействие, который УЗИП может пропустить один раз и не выйти из строя ( $I_{max} > I_n$ ).

**Импульс тока 8/20:** Импульс тока с фактическим номинальным временем фронта (время подъема от 10 % до 90 % пикового значения) 8 мкс и номинальным временем полупериода 20 мкс. (см. [Рисунок 37](#)).

**максимальное длительное рабочее напряжение  $U_c$ :** Максимальное напряжение действующего значения переменного или постоянного тока, которое длительно подается на выводы УЗИП. Оно равно номинальному напряжению.

**собственная потребляемая мощность  $P_c$ :** Мощность, потребляемая УЗИП при подаче максимального длительного рабочего напряжения  $U_c$  при сбалансированных напряжениях и фазных углах при отсутствии нагрузки.

**сопровождающий ток  $I_f$ :** Ток, подаваемый электрической силовой системой и проходящий через УЗИП после разрядного токового импульса. Сопровождающий ток существенно отличается от длительного рабочего тока  $I_c$ .

**номинальный ток нагрузки  $I_L$ :** Максимальный длительный номинальный переменный (действующее значение) или постоянный ток, который может подаваться к нагрузке, защищаемой УЗИП.

Примечание — Данное определение относится только к УЗИП с отдельными вводными и выводными клеммами.

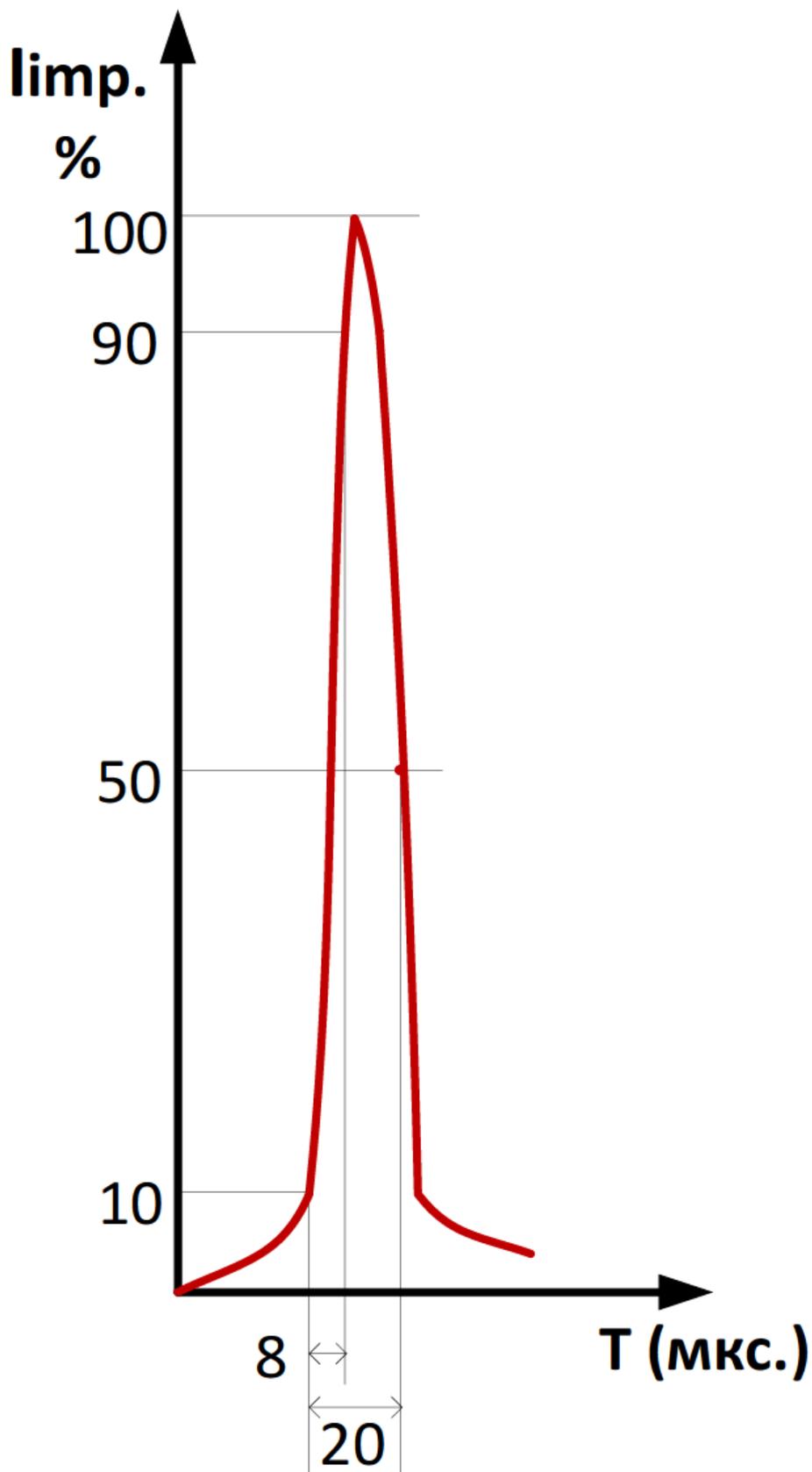


Рисунок 37. Форма импульса тока 8/20

**уровень напряжения защиты  $U_p$ :** Параметр, характеризующий УЗИП в части ограничения напряжения на его выводах, который выбран из числа предпочтительных значений. Данное значение должно быть выше наибольшего из измеренных ограниченных напряжений.

**временное перенапряжение сети  $U_{TOV}$  (ВНП):** Перенапряжение промышленной частоты относительно большой продолжительности, возникающее в определенном месте сети. ВНП могут быть вызваны повреждениями внутри низковольтной (НН) системы ( $U_{TOV, LV}$ ) либо внутри высоковольтной (ВН) системы ( $U_{TOV, HV}$ ).

Примечание — Временные перенапряжения, как правило, длительностью до нескольких секунд, как правило, возникают в результате коммутаций либо повреждений (например, внезапное отключение нагрузки, повреждение в однофазной цепи и т. д.) и/или в результате нелинейности (эффект феррорезонанса, гармоники и т.д.).

**максимальное длительное рабочее напряжение силовой системы в месте подсоединения УЗИП  $U_{cs}$ :** Максимальное напряжение переменного (действующее значение) или постоянного тока, которому может подвергнуться УЗИП в точке его подсоединения в систему. В нем учитывается только регулирование напряжения и/или его снижение либо повышение. Оно непосредственно связано с  $U_0$ .

Его также называют действующим максимальным напряжением системы (см. **Рисунок 38**).

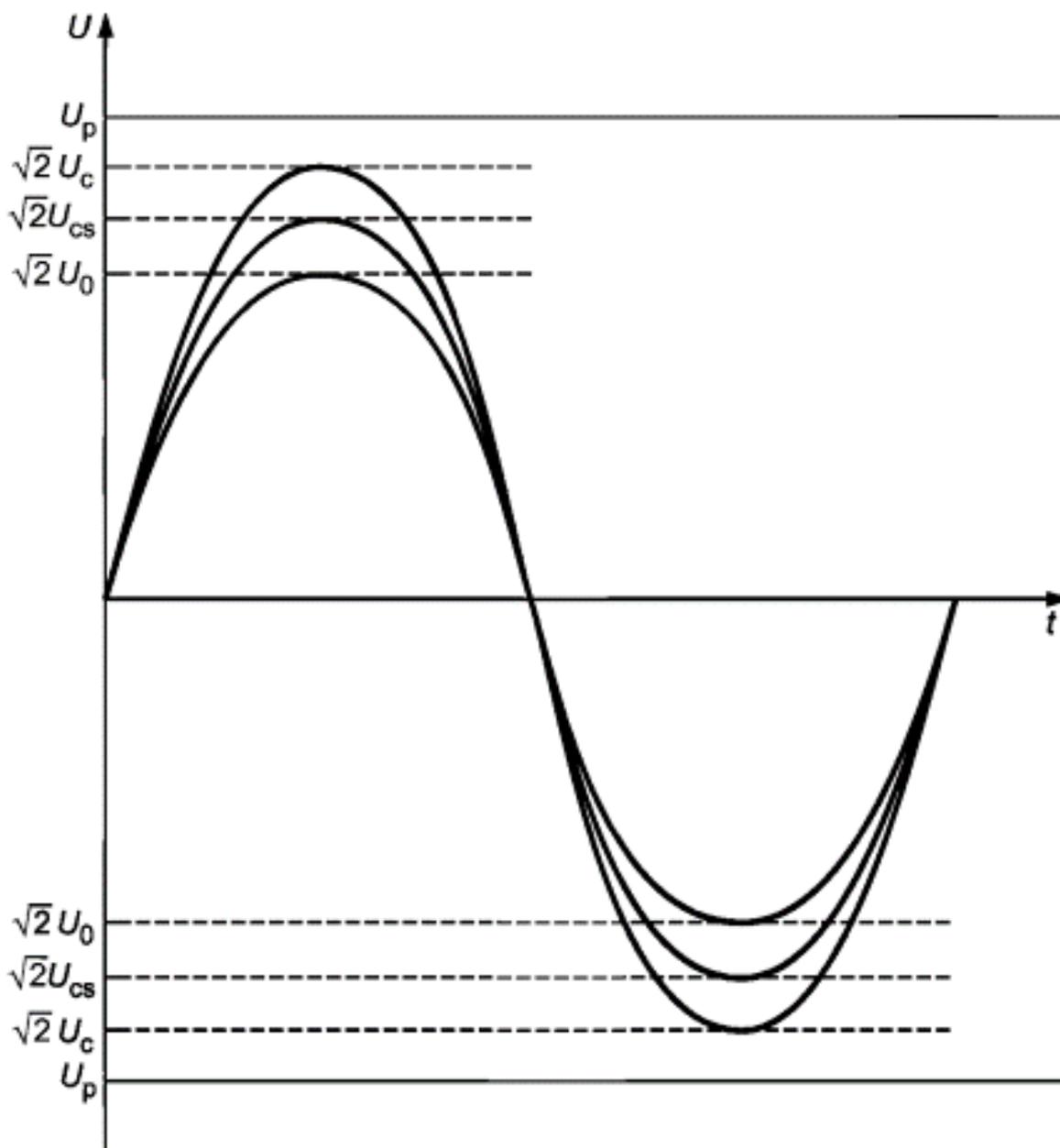


Рисунок 38. Взаимосвязь между  $U_p$ ,  $U_0$ ,  $U_c$  и  $U_{cs}$

Примечание — Данное напряжение не учитывает наличия гармоник, повреждений, ВПН или переходных процессов.

**измеренное предельное напряжение:** Максимальное значение напряжения, измеренного на выводах УЗИП при подаче импульсов заданной формы волны и амплитуды.

**остаточное напряжение  $U_{res}$ :** Пиковое значение напряжения, появляющегося на выводах УЗИП вследствие прохождения разрядного тока.

**характеристика временного перенапряжения (ВПН):** Поведение УЗИП, когда оно подвергается временному перенапряжению  $U_T$  в течение заданного промежутка времени  $t_T$ .

Примечание1 — Названная характеристика может выражать либо способность выдерживать ВПН без недопустимых изменений параметров или функции, либо повреждение.

Примечание2 —  $U_T$  — значение перенапряжения, указанное изготовителем, при котором УЗИП обладает определенной характеристикой в течение заданного промежутка времени (что может выражать либо способность выдерживать ВПН без недопустимых изменений параметров или функций, либо повреждение, не представляющее опасности для персонала, оборудования или устройства).

**способность двухвводного УЗИП выдерживать перенапряжения со стороны нагрузки:** Способность двухвводного УЗИП выдерживать перенапряжения на выходных выводах, выражающаяся в снижении нагрузок на УЗИП.

**падение напряжения (в процентах):**

$$\Delta U = [(U_{\text{ВХОД}} - U_{\text{ВЫХ}}) / U_{\text{ВХОД}}] \cdot 100,$$

где  $U_{\text{ВХОД}}$ ,  $U_{\text{ВЫХ}}$  — соответственно входное и выходное напряжения, измеренные одновременно при подключенной полной активной нагрузке. Данный параметр применяют исключительно для двухвводных УЗИП.

**потери при включении:** Потери при включении УЗИП, определяющиеся отношением напряжений на выводах, измеренных сразу же после подключения испытуемого УЗИП к системе до и после включения. Результат выражается в процентах.

**импульс напряжения 1,2/50:** Импульс напряжения с фактическим значением фронта (время подъема от 10% до 90% пикового значения) 1,2 мкс и полупериодом 50 мкс (см. **Рисунок 39**).

**импульс тока 8/20:** Импульс тока с фактическим значением фронта 8 мкс и полупериодом 20 мкс.

**комбинированная волна:** Комбинированная волна, создаваемая генератором, который подает в разомкнутую цепь импульс напряжения 1,2/50 и в короткозамкнутую цепь — импульс тока 8/20. Напряжение, амплитуда тока и формы волны, подаваемой к УЗИП, определяются генератором и полным сопротивлением УЗИП, к которому прикладывается импульс. Отношение пикового напряжения разомкнутой цепи к пиковому току короткого замыкания составляет 2 Ом; оно определено как условное полное сопротивление  $Z_1$ . Ток короткого замыкания обозначен  $I_{sc}$ . Напряжение разомкнутой цепи обозначено  $U_{oc}$ .

**температурный сбой:** Рабочее условие, при котором установившееся состояние рассеяния энергии УЗИП превышает способность корпуса и соединений рассеивать тепловую энергию, ведущее к повышению температуры внутренних элементов, приводящему к повреждению устройства.

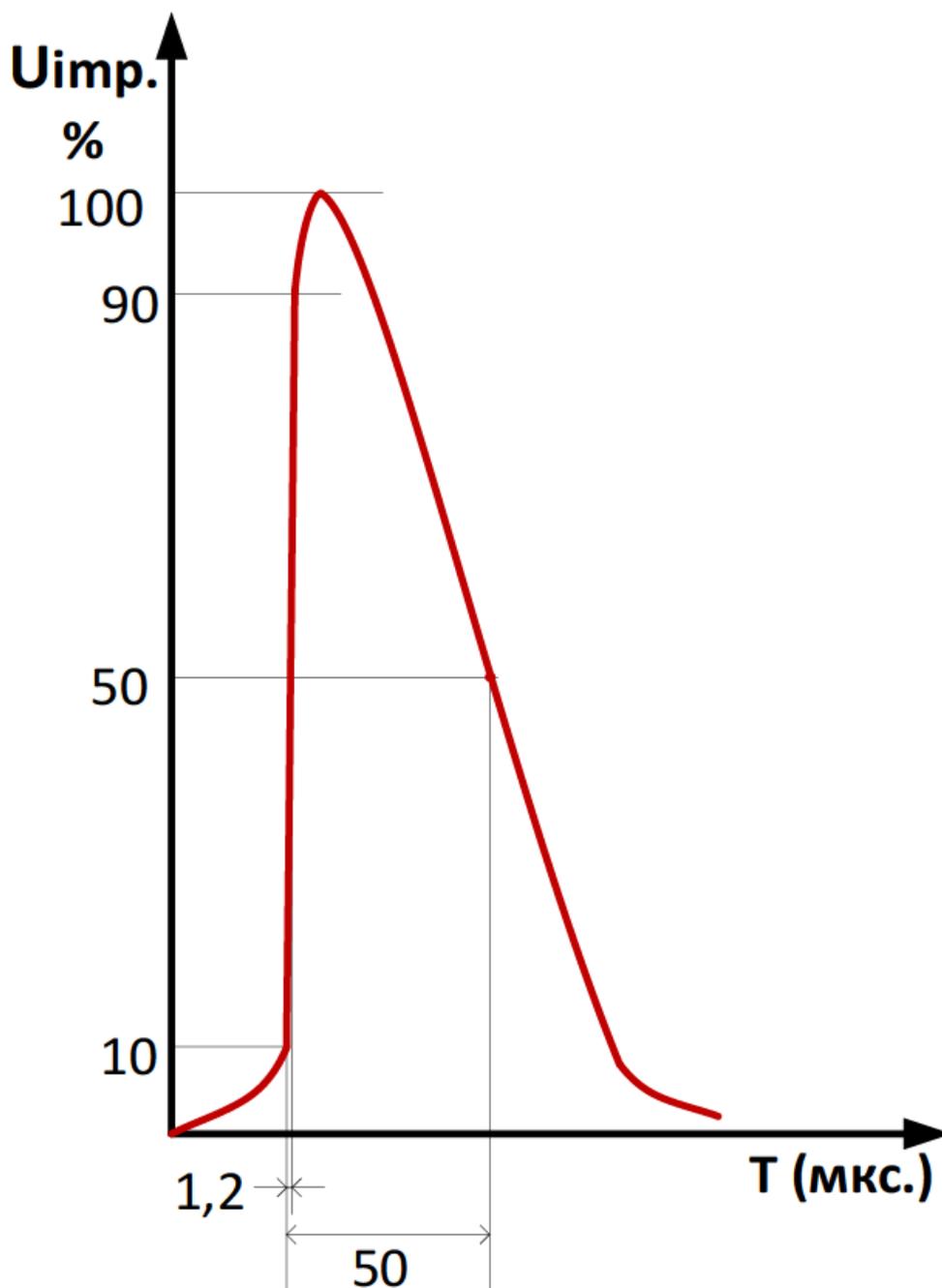


Рисунок 39. Форма импульса напряжения 1,2/50

**тепловая стабильность:** Способность УЗИП сохранять термостабильность после испытания в рабочем режиме, вызвавшем превышение температуры, когда температура УЗИП со временем понижается и УЗИП работает при заданных максимальном длительном рабочем напряжении и условиях температуры окружающего воздуха.

**устойчивость к токам короткого замыкания:** Максимальный ожидаемый ток короткого замыкания, который способен выдержать УЗИП.

Примечание — Данная статья касается постоянного и переменного токов частотой 50/60 Гц. Два значения тока короткого замыкания могут быть заданы для двухвводных или одновводных УЗИП с отдельными вводными и выводными зажимами: одно соответствует внутреннему короткому замыканию (замкнувшему внутреннюю токоведущую часть), а другое соответствует наружному короткому замыканию непосредственно на выводных зажимах (при повреждении нагрузки).

**разъединитель УЗИП:** Устройство (внутреннее или наружное), предназначенное для отсоединения УЗИП от силовой системы.

Примечание 1 — Данное разъединительное устройство не обладает способностью к разъединению. Оно предназначено для предупреждения устойчивой неисправности системы и применяется для указания о повреждении УЗИП. Кроме функции разъединения оно может выполнять функции защиты от сверхтока и тепловой защиты. Эти функции могут быть объединены в одном устройстве либо распределены по отдельным устройствам.

Примечание 2 — Разъединители УЗИП выполняют тройную функцию: тепловую защиту (например, при температурном сбое варисторов и т.п.), внутреннюю защиту от сверхтока и защиту от непрямого контакта. Эти функции могут быть объединены в одном устройстве либо распределены по отдельным устройствам. Каждый разъединитель может быть встроен в УЗИП или расположен снаружи. Они могут быть подключены либо в цепь УЗИП, либо в цепь источника питания.

**степень защиты, обеспечиваемая оболочкой (код IP):** Степень защиты от доступа к опасным частям, от проникновения твердых инородных частиц и/или воды.

**типовые испытания:** Испытания, проводимые по завершении разработки новой конструкции УЗИП для установления характерных параметров и доказательства соответствия требованиям определенного стандарта. Проведенные однажды, они не нуждаются в повторении до тех пор, пока изменение конструкции не повлечет изменения характеристик. В этом случае повторные испытания проводят только по измененным характеристикам.

**контрольные испытания:** Испытания, проводимые на каждом УЗИП, его частях или материалах для подтверждения того, что изделие соответствует конструкторской документации.

**приемочные испытания:** Испытания УЗИП или их представительных образцов, проводимые по предварительной договоренности между изготовителем и потребителем.

**защита от сверхтока:** Устройство для защиты от сверхтока (например, автоматический выключатель или плавкий предохранитель), которое может быть частью электроустановки, расположенной вне и до УЗИП.

**деградация:** Изменение первоначальных рабочих параметров УЗИП под воздействием перенапряжения, эксплуатации или неблагоприятных условий окружающей среды.

Примечание — Деградация измеряется способностью противостоять условиям, на которые он рассчитан, в течение всего срока службы. Для выявления соответствия требованиям к деградации проводят два вида типовых испытаний.

Первое — это испытание в рабочем режиме, второе — испытание на старение. Оба эти испытания могут быть скомбинированы. Испытание в рабочем режиме проводят прикладыванием к УЗИП заданного числа заданных волн тока установленной формы.

Испытание на старение проводят при заданной температуре с прикладываемым к УЗИП напряжением заданного значения и длительности прикладывания. В ходе испытаний намечено определить ожидаемый срок службы УЗИП после монтажа, что также предполагает установить следующее:

- условия замены;
- размещение и доступность;

- допустимый процент отбраковок;
- рабочую технологию.

**устройство дифференциального тока (УДТ):** Механическое коммутационное устройство или комплекс устройств, которые вызывают размыкание контактов, когда дифференциальный или несбалансированный ток достигнет заданного значения в заданных условиях.

**номинальное напряжение системы:** Напряжение, на которое рассчитана система или оборудование и к которому относятся определенные рабочие характеристики (например, 230/400 В). В нормальных условиях системы напряжение на выходных выводах может отличаться от номинального напряжения, определяемого допусками систем питания.

Примечание 1 — Допуск  $\pm 10\%$ . Номинальное напряжение системы между фазой и землей называют  $U_n$ .

Примечание 2 — Напряжение между фазой и нейтралью системы называется  $U_0$ .

**разрядное напряжение УЗИП коммутирующего типа:** Значение максимального напряжения в искровом промежутке УЗИП перед разрядом между электродами.

Примечание — В основе УЗИП коммутирующего типа могут быть другие элементы, кроме искровых промежутков (например, кремниевые элементы).

**грозозащитная система (ГЗС):** Полная система защиты здания и его оборудования от грозových воздействий.

## Приложение 2. Типы УЗИП

Тип	Класс испытаний	Характеристика класса испытаний	Назначение	Места установки
1	I (B)	Испытание, проводимое с номинальным разрядным током ( $I_n$ ), импульсом напряжения 1,2/50 и максимальным импульсным током $I_{imp}$ для испытаний класса I	первая ступень для защиты от прямых или косвенных грозовых разрядов в ЛЭП на вводе в объект. Применяются для защиты от больших импульсных перенапряжений (удар молнии, мощный бросок напряжения в режиме КЗ).	Устанавливаются на вводе в здание во вводно-распределительном устройстве (ВРУ) или в главном распределительном щите (ГРЩ). К примеру, в щит учета на опоре, снаружи дома (до счетчика), в главном распределительном щите объекта (ГРЩ) или во вводно-распределительном устройстве (ВРУ).
2	II (C)	Испытание, проводимое с номинальным разрядным током $I_n$ , импульсом напряжения 1,2/50 и максимальным разрядным током $I_{max}$ для испытаний класса II	вторая ступень для защиты внутренних распределительных цепей объекта от грозовых разрядов и коммутационных перенапряжений	Устанавливаются в распределительные щиты.
3	III (D)	Испытание, проводимое с комбинированной волной (1,2/50, 8/20)	Третья ступень защиты электрооборудования от остаточных грозовых и коммутационных перенапряжений после срабатывания устройств 1-ой и 2-ой ступеней. Защищает от перенапряжений между фазой и нейтралью.	Устанавливается в непосредственной близости электропотребителей (электроприборов). Зачастую встраивается в сетевые фильтры и удлинители, в качестве защиты для чувствительного электронного оборудования.

**Приложение 3. Классификация электрооборудования по стойкости к перенапряжениям**

<b>Категория перенапряжений</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, кВ</b>
<b>I</b>	Специальное оборудование, которое, будучи присоединено к существующим электроустановкам зданий, нуждается в дополнительных устройствах защиты от импульсных перенапряжений. УЗИП могут быть встроены в оборудование категории I или расположены между этим оборудованием и остальной частью электроустановки (например, персональные компьютеры, которые подключены к питающей сети через удлинители со встроенными УЗИП)	1,5
<b>II</b>	Оборудование, которое присоединяют к существующим электроустановкам зданий посредством штепсельных розеток и других аналогичных соединителей (например, бытовые электроприборы, радиоэлектронные приборы, переносной инструмент)	2,5
<b>III</b>	Оборудование, установленное внутри зданий, которое составляет часть конкретной электроустановки здания и доступно для обычных лиц и необученного персонала. Примеры такого оборудования — распределительные щитки, проводка, выключатели и розетки, электроплиты	4,0
<b>IV</b>	Оборудование, установленное вблизи от электроустановок зданий (внутри или снаружи) перед главным распределительным щитом, которым может быть вводно-распределительное устройство для многоэтажных зданий или квартирный щиток для индивидуальных зданий (например, электрические счетчики, первичные аппараты защиты от сверхтоков)	6,0

## Приложение 4. Классы УЗИП

### I класса

Устанавливаются на вводе питающей сети в здание (ВРУ/ГРЩ).

**Защита от импульсов формы 10/350 мкс:**

- ✔ прямое попадание молнии в систему внешней молниезащиты;
- ✔ попадание молнии в линию электропередач вблизи объекта

### II класса

Устанавливаются в распределительных щитах.

**Защита от импульсов формы 8/20 мкс :**

- ✔ удаленный удар молнии в ЛЭП;
- ✔ удар молнии в рядом стоящий объект;
- ✔ коммутации от переключений в системе электроснабжения

### III класса

Устанавливаются непосредственно рядом с чувствительным оборудованием.

**Защита от импульсов формы 1,2/50 мкс:**

- ✔ остаточные импульсы, не сглаженные УЗИП I и II классов



## Приложение 5. Установка УЗИП в сеть с системой заземления TN-S

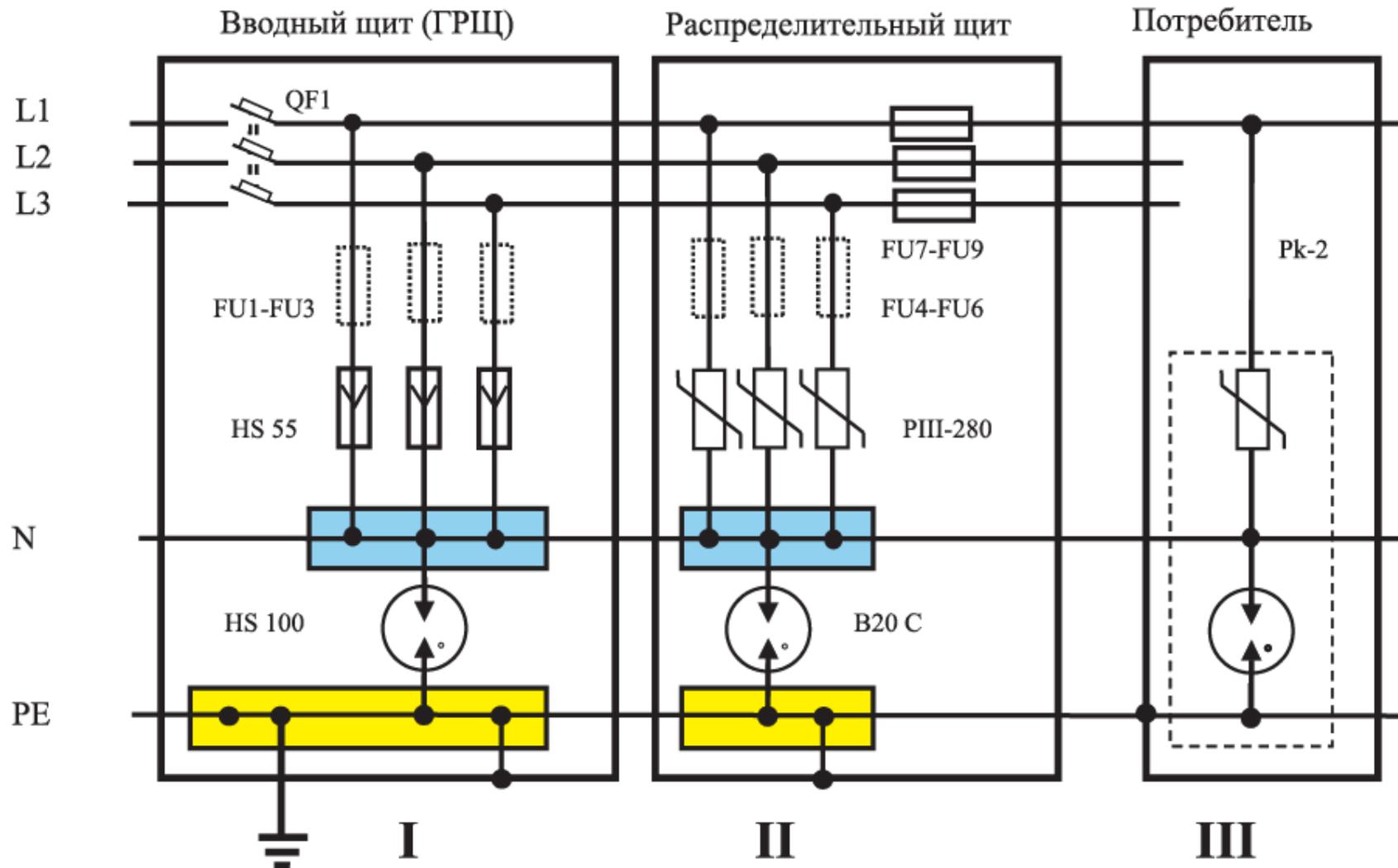
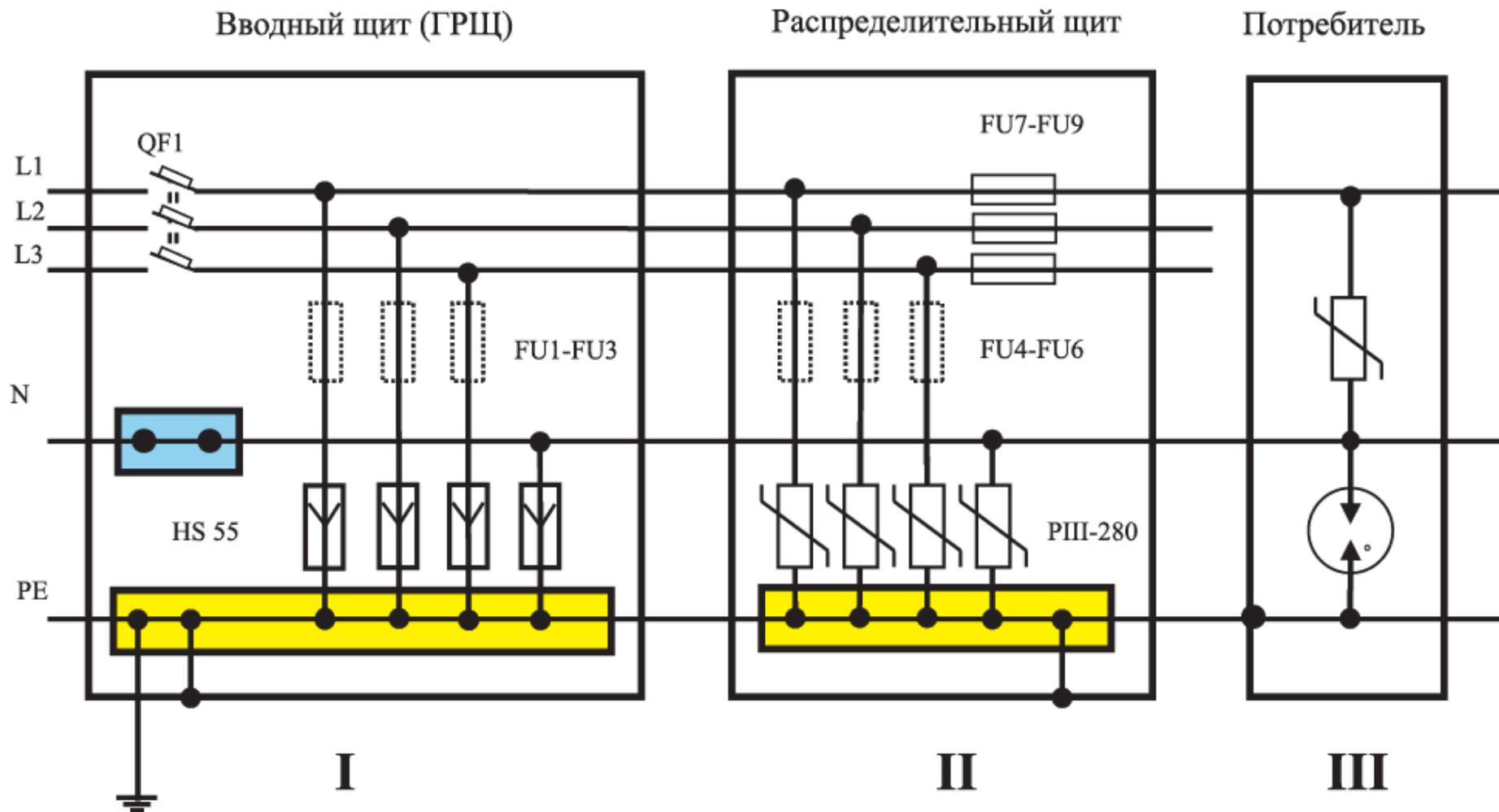


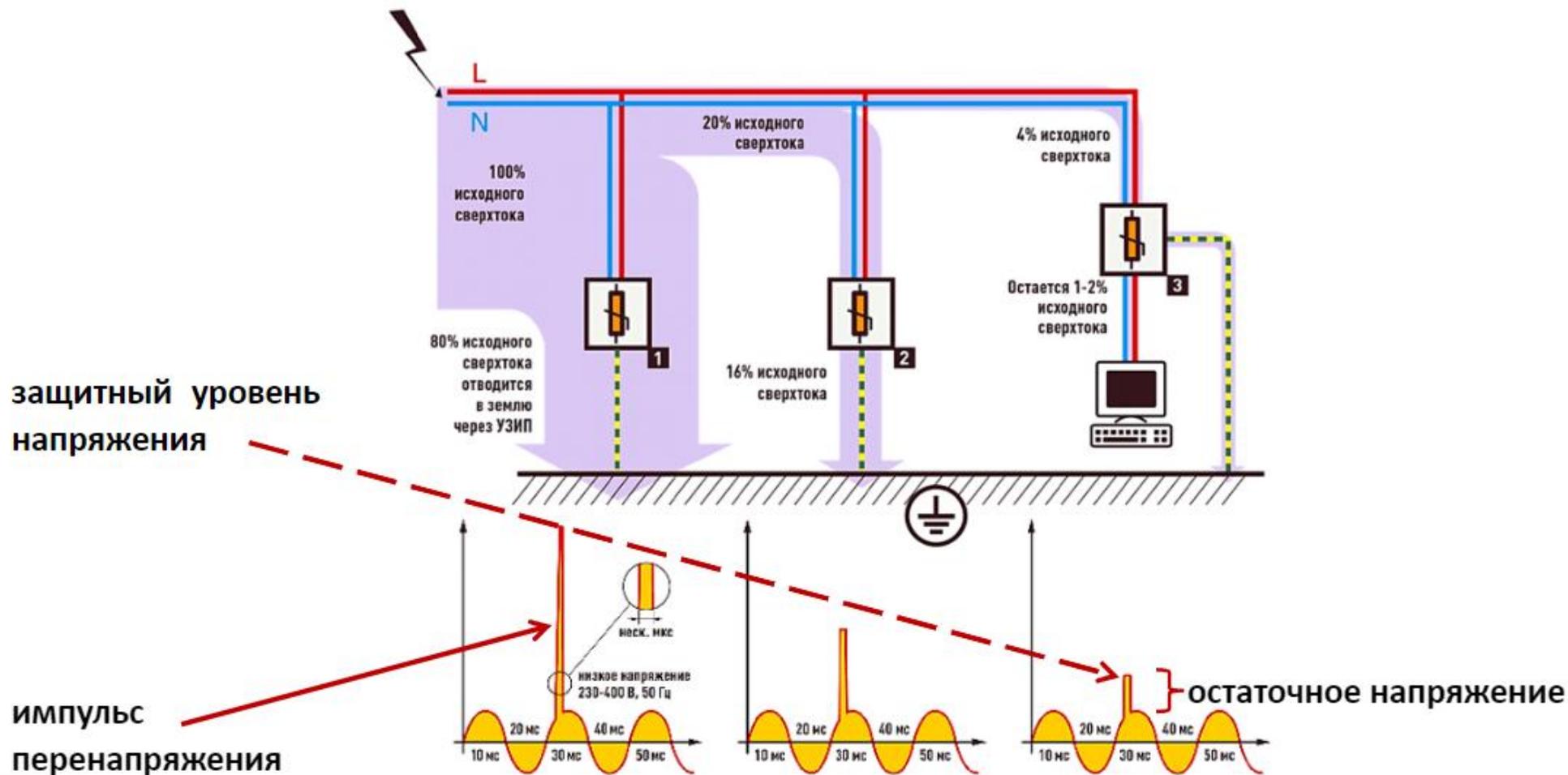
Схема подключения защитных устройств для сети типа TN-S приведена на Рис. 7. УЗИП I, II и III классов включаются между фазными проводниками (L1, L2, L3) и нулевым рабочим проводником (N) для ограничения противофазных перенапряжений (провод - провод). Для ограничения синфазных перенапряжений (провод - земля) в каждой ступени защиты между проводниками N и PE устанавливается разрядник соответствующего класса защиты.

## Приложение 6. Установка УЗИП в сеть с системой заземления TN-S



В данном случае УЗИП классов I и II включаются между токоведущими проводниками (L1, L2, L3, N) и нулевым защитным проводником (PE) для ограничения синфазных перенапряжений (провод-земля). УЗИП класса III включаются в соответствии с предыдущей схемой для ограничения противофазных перенапряжений (провод - провод) непосредственно около защищаемого оборудования.

Приложение 7. Снижение нежелательного воздействия перенапряжения для сети и потребителей электроэнергии в зависимости от требований по импульсной стойкости изоляции



[\(вернуться\)](#)

## Приложение 8. Маркировка УЗИП

- 
- Номинальное рабочее напряжение →  $U_n$  400 В~
  - Максимальное рабочее напряжение →  $U_{max}$  440 В~
  - Номинальный разрядный ток → 50 Гц
  - Максимальный разрядный ток →  $I_n$  30 кА (8/20)
  - Уровень напряжения защиты →  $I_{max}$  60 кА (8/20)
  - $U_p$  2,0 кВ

## Продолжение 8. Маркировка УЗИП

**ВЕРНУТЬСЯ** 

<p><math>U_n</math> 400 В~ <math>U_{max}</math> 440 В~ 50 Гц</p> <p><math>I_n</math> 30 кА (8/20) <math>I_{max}</math> 60 кА (8/20) <math>U_p</math> 2,0 кВ</p>	<p><b>Номинальное рабочее напряжение</b> – это номинально действующее напряжение сети, для работы в которой предназначено защитное устройство</p>
<p><math>U_n</math> 400 В~ <math>U_{max}</math> 440 В~ 50 Гц</p> <p><math>I_n</math> 30 кА (8/20) <math>I_{max}</math> 60 кА (8/20) <math>U_p</math> 2,0 кВ</p>	<p><b>Максимальное рабочее напряжение</b> - наибольшее действующее значение напряжения переменного тока, которое может быть приложено к выводам ограничителя перенапряжений в течение всего срока службы.</p>
<p><math>U_n</math> 400 В~ <math>U_{max}</math> 440 В~ 50 Гц</p> <p><math>I_n</math> 30 кА (8/20) <math>I_{max}</math> 60 кА (8/20) <math>U_p</math> 2,0 кВ</p>	<p><b>Номинальный разрядный ток</b> - импульс тока формы 8/20 микросекунд в килоамперах (кА), которую ограничитель перенапряжений способен пропустить многократно.</p>
<p><math>U_n</math> 400 В~ <math>U_{max}</math> 440 В~ 50 Гц</p> <p><math>I_n</math> 30 кА (8/20) <math>I_{max}</math> 60 кА (8/20) <math>U_p</math> 2,0 кВ</p>	<p><b>Максимальный разрядный ток</b> - импульс тока формы 8/20 микросекунд в килоамперах (кА), которую ограничитель перенапряжений способен пропустить один раз и не выйти из строя.</p>
<p><math>U_n</math> 400 В~ <math>U_{max}</math> 440 В~ 50 Гц</p> <p><math>I_n</math> 30 кА (8/20) <math>I_{max}</math> 60 кА (8/20) <math>U_p</math> 2,0 кВ</p>	<p><b>Уровень напряжения защиты</b> - максимальное значение падения напряжения (кВ) на ограничителе перенапряжений при протекании через него импульса тока. Параметр характеризует способность устройства ограничивать перенапряжение.</p>

