

01.07.2009 г.

Применение УЗИП класса I

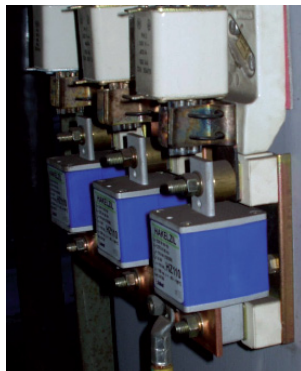


Рис.1. УЗИП класса I HZ 110 установленные в ВРУ.

Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) класса I предназначены для защиты низковольтных силовых распределительных систем до 1000 В от импульсных перенапряжений источниками которых являются:

- прямые удары молнии (ПУМ) в систему молниезащиты объекта или воздушную линию электропередач в непосредственной близости перед вводом в объект;
- межоблачные разряды или удары молнии в радиусе до нескольких километров вблизи от объектов и коммуникаций входящих и выходящих из объекта;
- коммутации индуктивных и емкостных нагрузок, короткие замыкания в распределительных электрических сетях высокого и низкого напряжения.

Основными техническими характеристиками УЗИП класса I являются:

- род тока (переменный, постоянный);
- максимальное длительное рабочее напряжение U_c ;
- импульсный ток I_{imp} ;
- удельная энергия W/R ;
- коммутируемый заряд Q ;
- номинальный разрядный ток $I_n(8/20)$;
- значение уровня напряжения защиты U_p ;
- сопровождающий ток I_r , для УЗИП на основе разрядников;
- максимальные рекомендованные параметры защиты от сверхтока.

Для определения способности выдерживать токовые нагрузки УЗИП класса I испытываются номинальным разрядным током I_n 8/20 мкс, импульсным напряжением 1,2/50 мкс и импульсным током I_{imp} .

Испытание импульсным током I_{imp} определяется его параметрами: пиковым значением I_{peak} и зарядом Q . Испытательный импульсный ток должен достичь значения I_{imp}/Q в течение 10 мкс. Типичная форма волны, при которой могут быть достигнуты параметры по Таблице 1, — это форма волны однополярного импульсного тока. Удельная энергия (W/K) рассчитывается после испытания.

Таблица 1 — Параметры испытания УЗИП класса I

Пиковый ток $I_{peak} \pm 10\%$, кА	Заряд $Q \pm 10\%$, А•с (в течение 10 мкс)
20	10,0
10	5,0
5	2,5
2	1,0
1	0,5

Примечание: Если значения отличаются от данных в таблице 1, соотношение между I_{peak} и Q вычисляют по формуле $Q = 0,5 I_{peak}$.

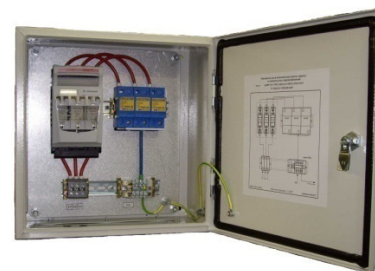





Рис.2. УЗИП класса I HS55 установленные в ЩЗИП.

В качестве испытательного импульса тока I_{imp} для УЗИП класса I принимается импульс тока с фронтом 10 мкс и длительностью (полупериодом) 350 мкс (импульс 10/350 мкс), что соответствует форме тока молнии по СО-153-34.21.122-2003.

В настоящее время для производства УЗИП класса I в качестве нелинейных элементов используются разрядники различных типов, оксидно-цинковые варисторы и их комбинации. Условно графические обозначения (УГО) различных нелинейных элементов приведены в Таблице 2.

Таблица 2 — УГО нелинейных элементов УЗИП класса I

Наименование	Разрядник	Газонаполненный разрядник	Варистор
Обозначение			

Варисторные секции УЗИП снабжаются внутренними терморасцепителями, которые срабатывают при повреждении варисторов. Индикация рабочего состояния осуществляется с помощью индикатора красного цвета, расположенного на корпусе устройства, а также с помощью дистанционной сигнализации (DS) переключением «сухих» контактов см. Таблицу 3.

К наименованию УЗИП на основе варисторов, снабженных дополнительными контактами дистанционной сигнализации добавляется индекс DS. Полный перечень УЗИП класса I выпускаемых компанией Hakel приведен в Приложении 1.

01.07.2009 г.

Таблица 3. Индикация рабочего состояния УЗИП класса I на основе варисторов.

Контакты дистанционной сигнализации		Механическая сигнализация	
При исправном состоянии УЗИП контакты 1-2 замкнуты. При повреждении варистора контакт 2 переключается на контакт 3.		При утопленном индикаторе красного цвета УЗИП исправно. При сработавшем терморасцепителе устройство подлежит замене.	
Работа	Авария	Работа	Авария

Схемы подключения УЗИП класса I

Существуют две основных схемы подключения УЗИП в низковольтных силовых распределительных системах до 1000 В (Рис.3).

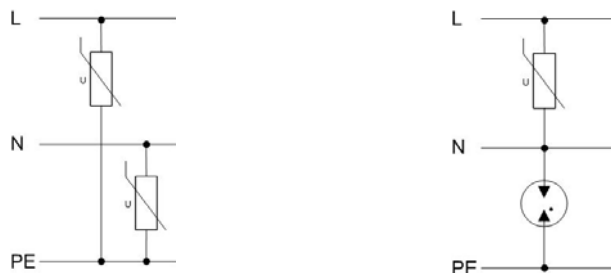


Рис. 3 Схемы включения УЗИП: 1) для защиты от синфазных перенапряжений; 2) для защиты от противофазных перенапряжений.

Схема 1 предназначена для защиты от синфазных (продольных) перенапряжений в цепи провод-земля. УЗИП класса I должны устанавливаться после вводного аппарата защиты от сверхтока следующим образом:

- если рабочий нулевой проводник заземлен на вводе в объект или если рабочий нулевой проводник отсутствует — между незаземленными фазными проводниками и землей (L/PE);
- если рабочий нулевой проводник не заземлен на вводе в объект:
 - а) между каждым фазным проводником и землей (L/PE);
 - б) между рабочим нулевым проводником и землей (N/PE).

Схема 2 предназначена для защиты электрооборудования от противофазных (поперечных) перенапряжений в цепи провод-провод. УЗИП класса I должны устанавливаться после вводного аппарата защиты от сверхтока следующим образом:

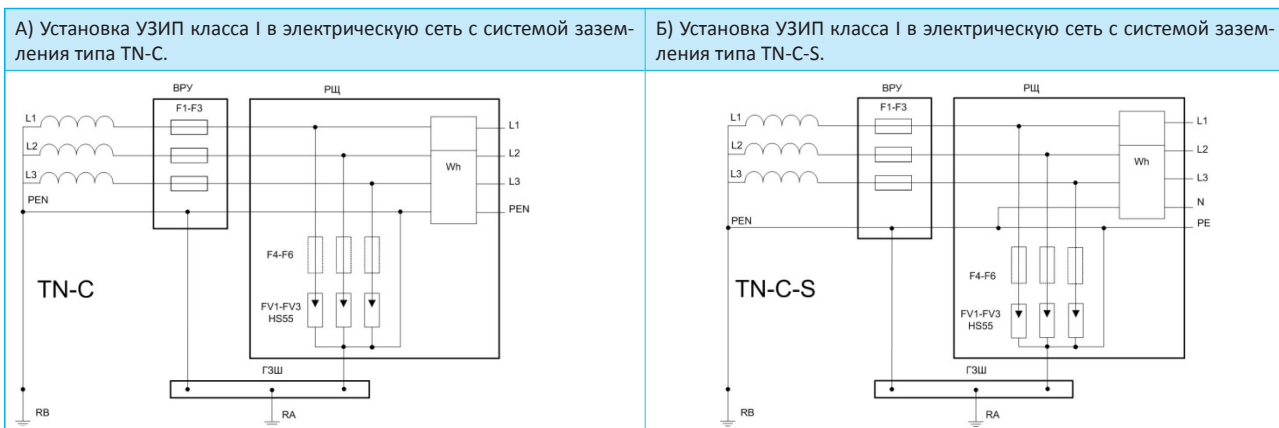
- если рабочий нулевой проводник заземлен на вводе в объект - между незаземленными фазными проводниками и землей (L/PEN);
- если рабочий нулевой проводник не заземлен на вводе в объект:
 - а) между каждым фазным проводником и нулевым проводником (L/N);
 - б) между рабочим нулевым проводником и землей (N/PE).
- если рабочий нулевой проводник отсутствует, то УЗИП, подключаемые к незаземленным фазным проводникам соединяются в средней точке, которая в свою очередь через УЗИП (N/PE) соединяется с землей.

Из-за гальванической развязки между нулевым рабочим проводником и землей которую выполняет УЗИП в цепи N – PE подключение УЗИП по Схеме 2 обеспечивает лучшую помехозащищенность оборудования связи и обработки информации.

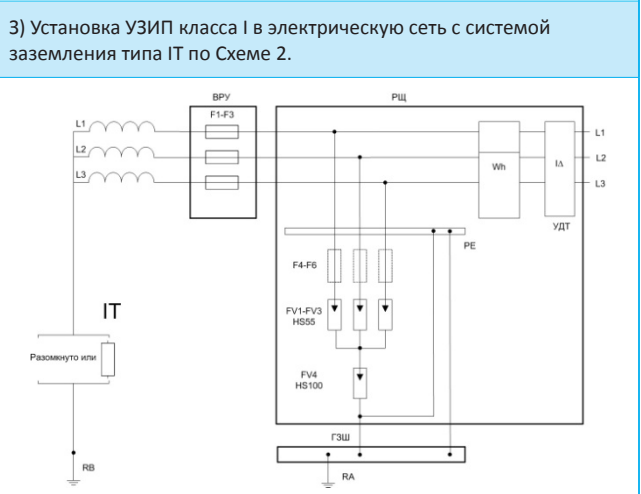
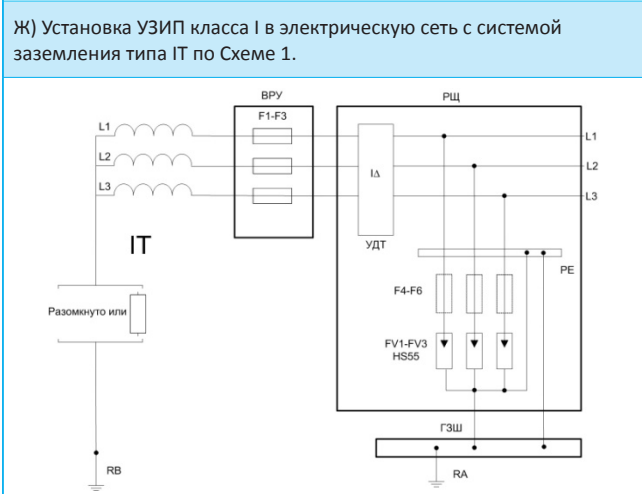
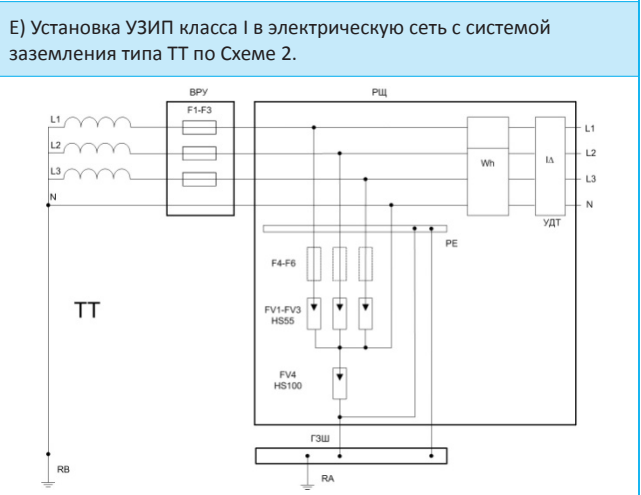
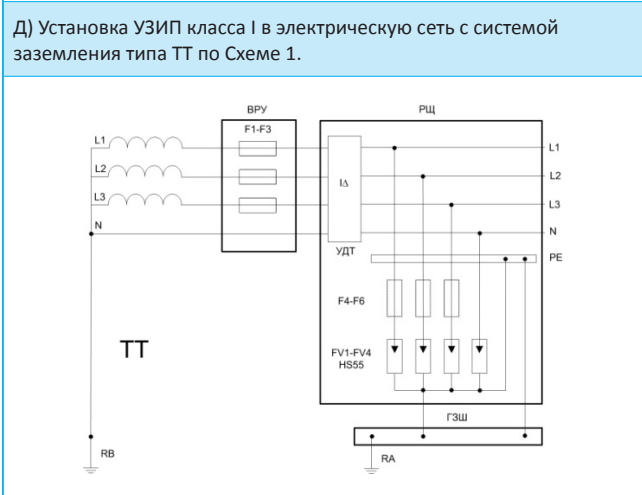
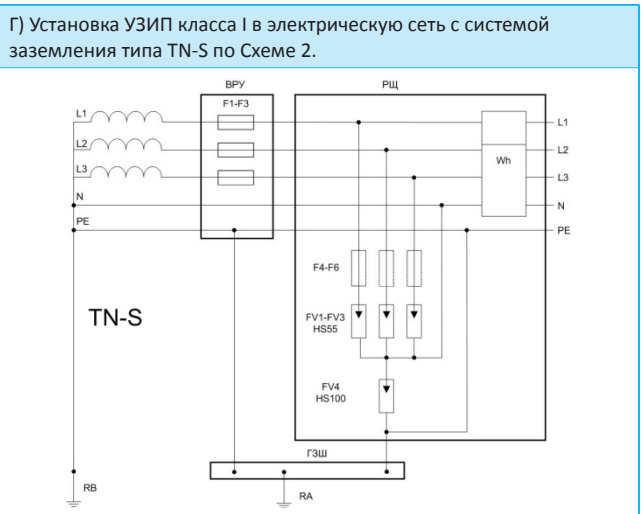
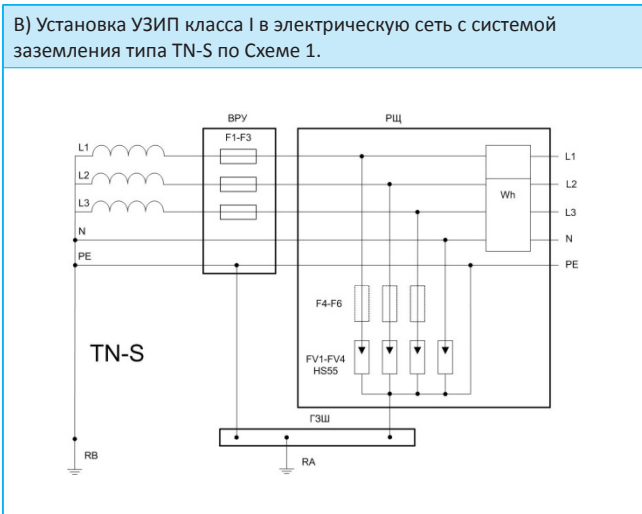
Экспериментальные исследования и опыт эксплуатации показали, что наибольшую опасность для защищаемого оборудования составляют противофазные перенапряжения по сравнению с продольными перенапряжениями. При проектировании различных ступеней защиты возможно комбинирование Схем 1 и 2.

В Таблице 4 представлены типовые схемы подключений УЗИП класса I для сетей с различными типами систем заземления.

Таблица 4. Схемы подключения УЗИП класса I для сетей с различными типами систем заземления.



01.07.2009 г.



При подключении УЗИП для сети с системой заземления типа TT по Схеме 1 (Рис.4 А) существует вероятность возникновения опасного напряжения на корпусе электрооборудования в случае повреждения одного из УЗИП, например при коротком замыкании. Подключение УЗИП после устройства защитного отключения (УЗО) не решает проблему, так как в этом случае УЗО подвергается воздействию импульсных токов. Подключение УЗИП для сети с системой заземления типа TT по Схеме 2 (Рис.4 Б) исключает данную вероятность.

01.07.2009 г.

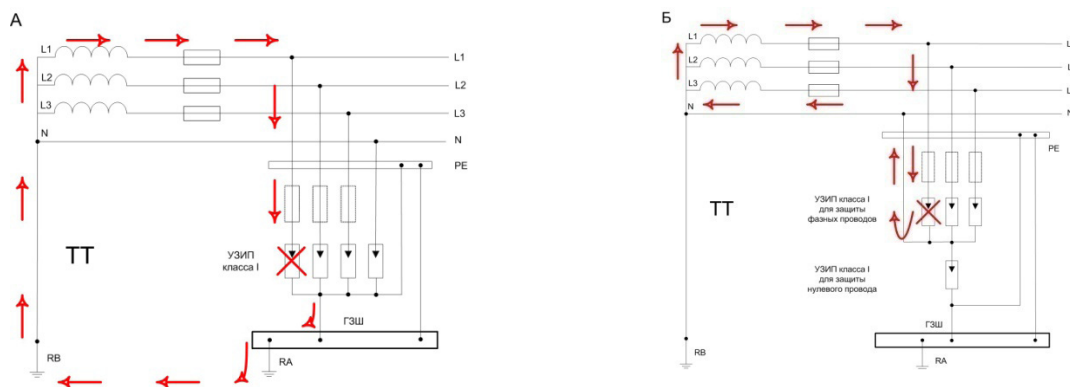


Рис. 4. Протекание тока в случае повреждения одного УЗИП А) в схеме 1, Б) в схеме 2.

Выбор УЗИП класса I

Система защиты оборудования от импульсных перенапряжений (внутренняя молниезащита или грозозащита) в низковольтных силовых распределительных системах до 1000 В должна обеспечить отвод импульсных токов от защищаемого оборудования без повреждения УЗИП.

Для определения пикового значения импульсного тока протекающего через УЗИП необходимо знать распределение тока при прямом ударе молнии (ПУМ) в пределах электроустановки объекта. Эмпирическая методика расчета распределения тока приведена в ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98), ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Для более точной оценки распределения тока необходимо иметь результаты измерения сопротивления системы заземления, проверки металlosвязи всех металлических коммуникаций и конструкций, системы электропитания объекта и т. д. На практике, при отсутствии этих исходных данных и руководствуясь вышеуказанной методикой, принимается что 50 % импульсного тока растекается через систему заземления объекта, а оставшиеся 50 % распределяются равномерно через систему электропитания объекта, металлические конструкции и коммуникации и т.д.

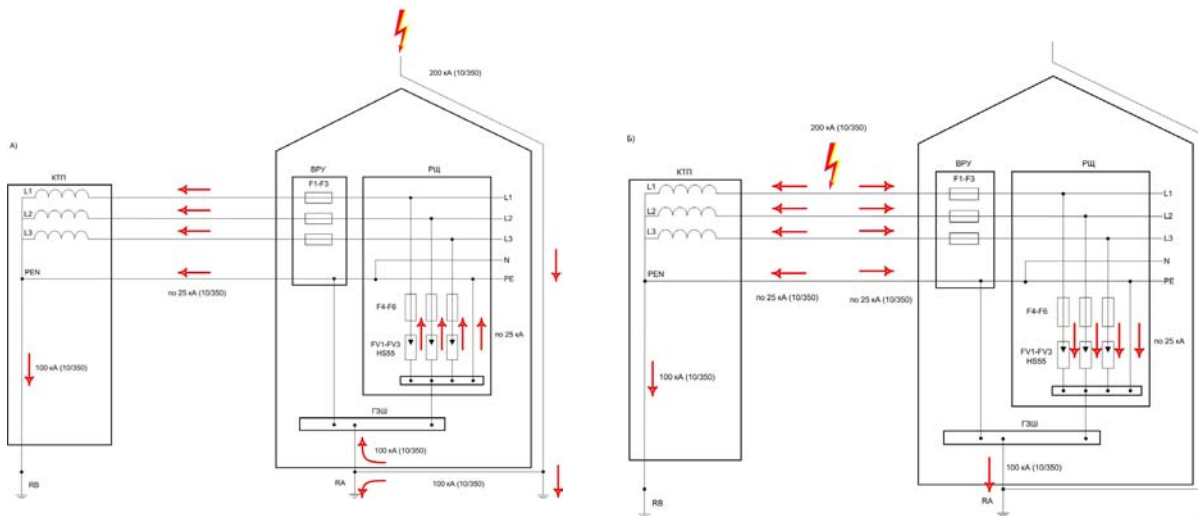


Рис. 5. Растекания тока молнии в системе электропитания: А) в случае ПУМ в систему молниезащиты объекта; Б) в случае ПУМ в воздушную линию электропередач перед вводом в объект.

Для небольших объектов или для объектов, к которым подведены коммуникации, выполненные из диэлектрических материалов, можно принять, что через УЗИП потечет половина импульсного тока (Рис. 5 А). Предполагая равномерное растекание тока молнии между системой заземления объекта и системой электропитания можно рассчитать пиковые значения импульсных токов, протекающих через УЗИП в сетях с различными типами системы заземления при различных уровнях молниезащиты (Таблица 5).

Таблица 5. Пиковые значения импульсного тока для УЗИП класса I.

Уровень защиты	Пиковое значение тока, кА	
	TNC, TNS, TT, IT (L/PEN, L/PE, L/N)	TNS, TT, IT (N/PE)
I	$> 100/n$	> 100
II	$> 75/n$	> 75
III, IV	$> 50/n$	> 50

n- количество электрических проводников входящих в объект, через которые может протекать ток молнии. Например для системы заземления типа TN-S это L1, L2, L3, N и PE, то есть n=5.

01.07.2009 г.

В случае ПУМ в воздушную линию электропередач непосредственно перед вводом в объект и условия равномерного растекания тока в сторону трансформаторной подстанции и системы электропитания объекта, на вводе в объект будет воздействовать импульсный ток до 25 кА (10/350 мкс) на проводник (Рис. 5 Б). При неравномерном растекании токов это значение может возрасти до 50 кА.

Выбор УЗИП класса I по импульсному току необходимо производить с запасом 20 – 30 % учитывая возможную неравномерность растекания токов по различным проводникам. Особое внимание необходимо уделить выбору УЗИП для защиты нулевого провода, так как через него может протекать ток до 100 кА (10/350 мкс).

УЗИП класса I должны обеспечивать безопасный уровень импульсных перенапряжений для электрооборудования объекта и УЗИП последующих ступеней защиты. В соответствии с ГОСТ Р 50571.19-2000 для трехфазной сети 220/380 В определен уровень выдерживаемого импульсного перенапряжения на вводе в объект в 6 кВ. УЗИП класса I производства компании HAKEL обеспечивают уровень защиты от 1,3 до 2,5 кВ.

Во время своей работы УЗИП и включенные с ними последовательно защитные устройства должны выдерживать временные перенапряжения (ВПН) U_T в течение заданного промежутка времени t_T по ГОСТ Р 50571.18 вызванные:

- замыканиями на землю в электроустановках выше 1 кВ;
 - обрывом нулевого проводника в электрических сетях с системами заземления типа TN, TT;
 - замыканиями фазового проводника на землю в электрических сетях с системой заземления типа IT.
- Значения ВПН приведены в Таблице. 6.

Таблица 6. Значения ВПН.

Применяемая система и подключаемые проводники	при минимальном U_T в течении 5 с	при значениях ВПН в течении 200 мс
Системы заземления типа TN, TT и IT		
L—PE	$\sqrt{3} \cdot U_0$	$1200 + U_0$
L—(PE)N	$1,45 U_0$	
N—PE		1200

где U_0 - номинальное напряжение переменного тока в сети.

Для отечественных низковольтных сетей наиболее частым является случай обрыва нулевого проводника в сетях с системами заземления типа TN, TT и замыкание фазного проводника на землю в сетях с системой заземления типа IT. В этом случае на УЗИП будет действовать уже не фазное, а линейное напряжение, которое в $\sqrt{3}$ раз выше фазного. В случае если линейное напряжение сети выше максимально длительного напряжения УЗИП U_c , то через УЗИП начнет протекать ток короткого замыкания, величина которого стремится к величине тока короткого замыкания источника питания.

Для защиты УЗИП от тока короткого замыкания, который УЗИП не в состоянии отключить самостоятельно без последствий его воздействия на электроустановку и обеспечения непрерывности подачи электропитания, последовательно с УЗИП включаются дополнительные устройства защиты от короткого замыкания. Предохранители, по сравнению с автоматическими выключателями, имеют более высокую стойкость к импульсным токам, являются более простыми в эксплуатации и надежными по конструкции. Номиналы предохранителей и их характеристики указываются конкретным производителем УЗИП в технической документации.

Для определения необходимости установки дополнительного предохранителя следует сравнить номинальный ток защитного устройства установленного перед УЗИП I_{F1} с номинальным током дополнительного предохранителя рекомендуемого производителем I_{F2} . Компания HAKEL, в зависимости от типа УЗИП класса I, рекомендует применять предохранители с номинальными токами 100, 250, 315, 500 А и характеристикой gG.

- $I_{F1} \geq I_{F2}$ – устанавливается дополнительный предохранитель (Рис. 6А),
- $I_{F1} < I_{F2}$ – без дополнительного предохранителя (Рис. 6Б),

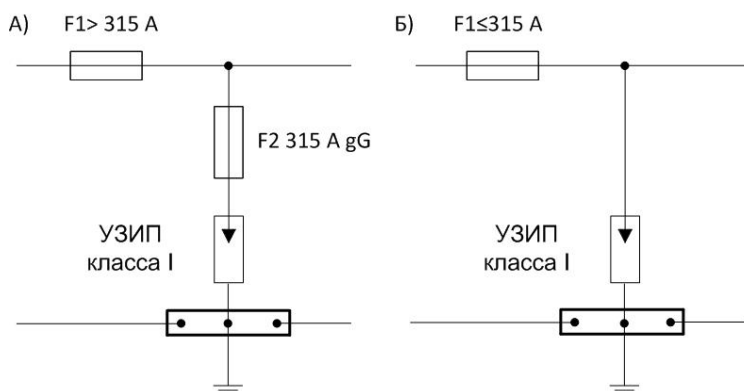


Рис. 6. Примеры схем подключения УЗИП класса I: А) с дополнительным предохранителем F2, включенным последовательно с УЗИП, Б) без дополнительного предохранителя.

01.07.2009 г.

Монтаж УЗИП класса I

УЗИП класса I устанавливаются в пределах 0А(В) - 1 зон молниезащиты во вводно-распределительном устройстве (ВРУ), главном распределительном щите (ГРЩ) или отдельном щите рядом с вводом электропитания в объект. Монтаж УЗИП производится на DIN-рейку 35 мм или на монтажную панель.

В качестве отдельного щита ЗАО «Хакель Рос» предлагает щиты собственного производства с установленными УЗИП различных классов - щитки защиты от импульсных перенапряжений низковольтные комплектные - ЩЗИП, ТУ 3434-001-79740390-2007. ЩЗИП, производства ЗАО «Хакель Рос», изготавливаются из комплектующих ведущих мировых производителей, отличаются высоким качеством сборки, соответствуют требованиям электромагнитной совместимости, имеют сертификат соответствия РОСС RU.МЛ02.В00405 требованиям ГОСТ Р 51321.1-2000. Каждый ЩЗИП изготавливается по индивидуальному проекту, учитывающему все особенности объекта и защищаемого оборудования. Для заказа ЩЗИП необходимо заполнить опросный лист, размещенный на сайте www.hakel.ru в разделе **Информация**, и направить для согласования в технический отдел ЗАО «Хакель Рос».

Установка УЗИП класса I на вводе в объект предполагает подключение перед счетчиком электроэнергии для его защиты от импульсных перенапряжений и обеспечения бесперебойного снабжения объекта электроэнергией. Данная схема подключения становится особенно актуальной для двухтарифных электронных счетчиков, более чувствительных к импульсным перенапряжениям, чем механические. В случае возражений Энергосбыта УЗИП класса I можно разместить в отдельном пломбируемом щите или отсеке ГРЩ. В этом случае применяются только УЗИП класса I на основе разрядников, так как не имеют токов утечки.

При подключении проводников к УЗИП необходимо избегать образования петель из-за воздействия электродинамических сил в момент прохождения импульсных токов, совместной прокладки защищенного и незащищенного участков проводника, защищенного и заземляющего проводников. Варианты прокладки проводников различного назначения приведены на Рис. 7.



Рис. 7. Варианты прокладки защищенных и влияющих проводников: а), б) – неправильная в) – правильная.

При монтаже УЗИП необходимо учитывать, что соединительные проводники между УЗИП и его точкой подключения к сети, а также между УЗИП и землей должны иметь минимальную длину. Это связано с появлением падений напряжения на проводниках, возникающих из-за индуктивности проводников в момент прохождения через них импульсного тока. Возникающие таким образом напряжения суммируются с напряжением защиты U_p на УЗИП и приводят к значительному превышению напряжения на защищаемой нагрузке. (Рис.8). Например, при общей длине соединительных проводников 2 метра, напряжение прикладываемое к защищаемой нагрузке возрастает на 200-250 В в зависимости от сечения проводников.

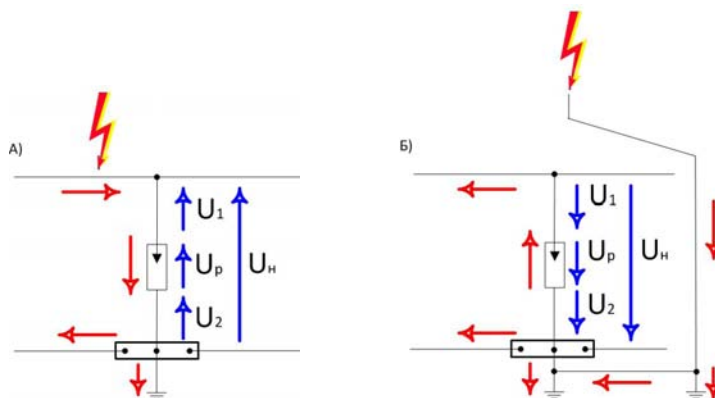


Рис. 8. Уровень напряжения прикладываемого к нагрузке: А) в случае ПУМ в линию электропередач перед вводом в объект; Б) в случае ПУМ в систему молниезащиты объекта.

$$U_n = U_p + U_1 + U_2$$

где: U_n - уровень напряжения прикладываемого к нагрузке;

U_p - уровень напряжения защиты УЗИП;

U_1 - падение напряжения на проводнике между УЗИП и фазным или нейтральным проводником;

U_2 - падение напряжения на проводнике между УЗИП и землей.

Для уменьшения уровня напряжения прикладываемого к нагрузке рекомендуется использовать соединительные проводники длиной не более 0,5 м. (Рис.9 А, Б) а также применять схему подключения типа «V»- соединение (Рис.9 В), при котором УЗИП включается «последовательно» с нагрузкой.

01.07.2009 г.

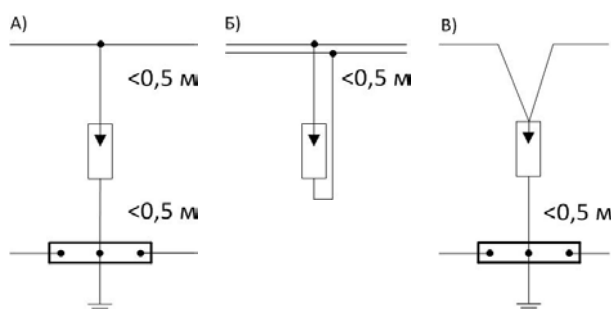


Рис. 9. Варианты подключения УЗИП.

Применять «V» - соединение для подключения УЗИП возможно как при одинарных, так и при двойных клеммах. Ограничением для этой схемы является сечение присоединяемых проводников для одинарных клемм и значение номинального тока для перемычки между двойными клеммами. Рис. 10.

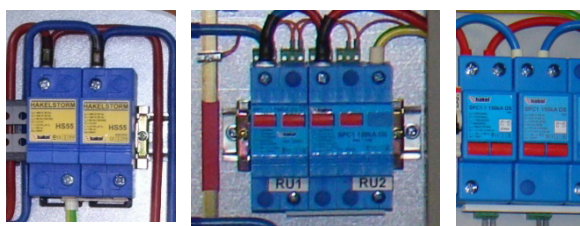


Рис. 10. Подключения УЗИП типа «V»- соединение.

Для подключения УЗИП класса I к фазным и нулевым проводником необходимо использовать медный провод с минимальным сечением 16 мм². Соединение с землей можно выполнять проводом с минимальным сечением 16 мм², однако рекомендуется применять провод с сечением 25 мм², а в случае воздействия половины тока молнии и с сечением 35 мм².

Приложение 1. УЗИП класса I, производства компании HAKEL:

Номер по каталогу	Наименование	Вид защиты	Номинальное рабочее напряжение U _N (В)	Импульсный ток I _{imp} (10/350), кА	Номинальный разрядный ток I _n (8/20), кА	Уровень напряжения защиты U _p , кВ
Однофазные УЗИП класса I на основе разрядников						
10120	HZ110	L/N,L/PEN,L/PE	230	110		<2.5
00167	HG110	N/PE	230	110		<2.5
10055	HS55	L/N,L/PEN,L/PE	400	60	60	<2.5
10090	HS50-50	L/N,L/PEN,L/PE	230	50	60	<1.3
New!	HS110	N/PE	230	110	75	<2.0
10100	HS100	N/PE	230	100	75	<2.0
10001	B100	N/PE	230	100	75	<1.3
10080	B80	N/PE	230	80	60	<1.3
New!	B50	N/PE	230	50	50	<1.3
New!	B25	N/PE	230	25	30	<1.3
Однофазные УЗИП класса I на основе варисторов						
New!	PIV60	L/N,L/PEN,L/PE	60	10	50	<0.35
10048	PIV120	L/N,L/PEN,L/PE	120	10	50	<0.95
10006	PIV230	L/N,L/PEN,L/PE	230	10	50	<1
10014	PIV400	L/N,L/PEN,L/PE	400	10	50	<1.6
10010	PIV500	L/N,L/PEN,L/PE	500	10	50	<2.1
10016	PIV720	L/N,L/PEN,L/PE	720	10	50	<3.2
New!	PIV60 DS	L/N,L/PEN,L/PE	60	10	50	<0.35
10049	PIV120 DS	L/N,L/PEN,L/PE	120	10	50	<0.95

01.07.2009 г.

Номер по каталогу	Наименование	Вид защиты	Номинальное рабочее напряжение U_N (В)	Импульсный ток $I_{имп}$ (10/350), кА	Номинальный разрядный ток I_n (8/20), кА	Уровень напряжения защиты U_p , кВ
Однофазные УЗИП класса I на основе варисторов						
10020	PIV230 DS	L/N,L/PEN,L/PE	230	10	50	<1
10024	PIV400 DS	L/N,L/PEN,L/PE	400	10	50	<1.6
10025	PIV500 DS	L/N,L/PEN,L/PE	500	10	50	<2.1
10027	PIV720 DS	L/N,L/PEN,L/PE	720	10	50	<3.2
10018	PIVT120	L/N,L/PEN,L/PE	120	5	40	<1
10021	PIVT 230	L/N,L/PEN,L/PE	230	5	40	<2
10028	PIVT 400	L/N,L/PEN,L/PE	400	5	40	<2
10011	PIVT 500	L/N,L/PEN,L/PE	500	5	40	<3
10007	PIVT 720	L/N,L/PEN,L/PE	720	5	40	<4
10019	PIVT 120 DS	L/N,L/PEN,L/PE	120	5	40	<1
10022	PIVT230 DS	L/N,L/PEN,L/PE	230	5	40	<2
10029	PIVT400 DS	L/N,L/PEN,L/PE	400	5	40	<2
10012	PIVT500 DS	L/N,L/PEN,L/PE	500	5	40	<3
10008	PIVT720 DS	L/N,L/PEN,L/PE	720	5	40	<4
New!	PIVM60	L/N,L/PEN,L/PE	60	7	50	<0.4
New!	PIVM120	L/N,L/PEN,L/PE	120	7	50	<0.95
New!	PIVM60 DS	L/N,L/PEN,L/PE	60	7	50	<0.4
New!	PIVM120 DS	L/N,L/PEN,L/PE	120	7	50	<0.95

Литература:

- ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98) «Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Часть 1. Требования к работоспособности и методы испытаний»;
- МЭК 1312-1: 1995 Защита от электромагнитного импульса молнии. Часть 1. Общие принципы;
- МЭК 62305 «Защита от удара молнии» Части 1-5;
- СО-153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций»;
- ГОСТ Р 50571.19-2000 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений»;
- ГОСТ 2.727—68 «Обозначения условные графические в схемах. Разрядники; предохранители»;
- ГОСТ 2.728—74 «Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы»;
- ГОСТ Р 50571.26-2002 (МЭК 60364-5-534-97) «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений».
- ГОСТ Р 50571.18-2002 (МЭК 60364-4-442-93) «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 442. Защита электроустановок до 1 кВ от перенапряжений вызванных замыканиями на землю в электроустановках выше 1 кВ».
- ПУЭ (7-е изд.);
- Технические материалы компании Hakel.