

1. Основные принципы подбора, размещения и монтажа ограничителей перенапряжений

1.1. Нормы касающиеся устройств ограничения перенапряжений

Согласно норм:

IEC 61643-1: Устройства для ограничения перенапряжений в сетях распределительных низкого напряжения. Часть 1: Технические требования и методы испытаний

Назначением устройств для ограничения перенапряжений является защита оборудования и устройств от воздействия индуцированных внутренних и атмосферных перенапряжений а также от непосредственного воздействия части тока молнии. Эти устройства предназначены для оборудования, запитанного переменным током напряжением 50/60 Hz номиналом до 1000 V или для оборудования, запитанного постоянным током номиналом до 1500 V. Упомянутые нормы определяют характер действия, методы испытаний, а также технические параметры для этих устройств.

Общие принципы подбора и координации действия ограничителей перенапряжений разных классов содержит также техническая спецификация:

IEC/TS 61312-3:2004: Защита от электромагнитного импульса молнии. Часть 3. Требования к устройствам для ограничения перенапряжений (SPD).

В стандарте определены требования относительно ограничителей перенапряжений, принципы их установки в соответствии с зоной концепцией молниезащиты а также взаимной энергетической координации между отдельными ограничителями перенапряжений или между ограничителем и защитным устройством.

В соответствии с обязывающими принципами, системы правильно подобранных и размещенных в соответствующих местах ограничителей должны взаимодействовать с другими электрическими устройствами и создавать условия, гарантирующие длительное и безаварийное их питание.

Первичное обеспечение предназначается в основном для ограничения ударов внешнего происхождения. Вторичные обеспечения ограничивают проводящие состояния возникающие после действия первичного обеспечения, а также ударов, генерированных внутри здания.

Среди группы стандартов, относящихся к тематике молниезащиты строительных объектов кроме принципов подбора и установки молниезащитных устройств можно найти также основные рекомендации, касающиеся использования элементов и систем ограничивающих перенапряжения. В этих стандартах требуется, чтобы все проводящее оборудование, вводимое в объект, а также оборудование, пролегающее внутри его были охвачены эквипотенциализацией (уравниванием потенциалов). Уравнивание потенциалов необходимо выполнить с помощью уравнивающих соединений:

- ♦ **Непосредственных** между молниезащитными устройствами и оборудованием, на котором постоянно не возникает электрический потенциал,
- ♦ **Косвенных (или оснащенных ограничителями перенапряжений)** между молниезащитным устройством и изолированными от земли а также находящимися под напряжением проводниками электрических и электронных устройств.

1.2. Ступенчатость систем защиты от перенапряжений

В большинстве строительных объектов оснащенных молниезащитными устройствами требуется использование ступенчатой системы ограничения перенапряжений в устройствах электроснабжения. Каждая ступень защиты такой системы складывается из соответствующим образом подобранных и размещенных систем ограничителей перенапряжений. Классическая, повсеместно используемая до настоящего времени трехступенчатая схема защиты оборудования электропитания 230/400 V выполненная в системе TN-C-S представлена на рис. 2.1.

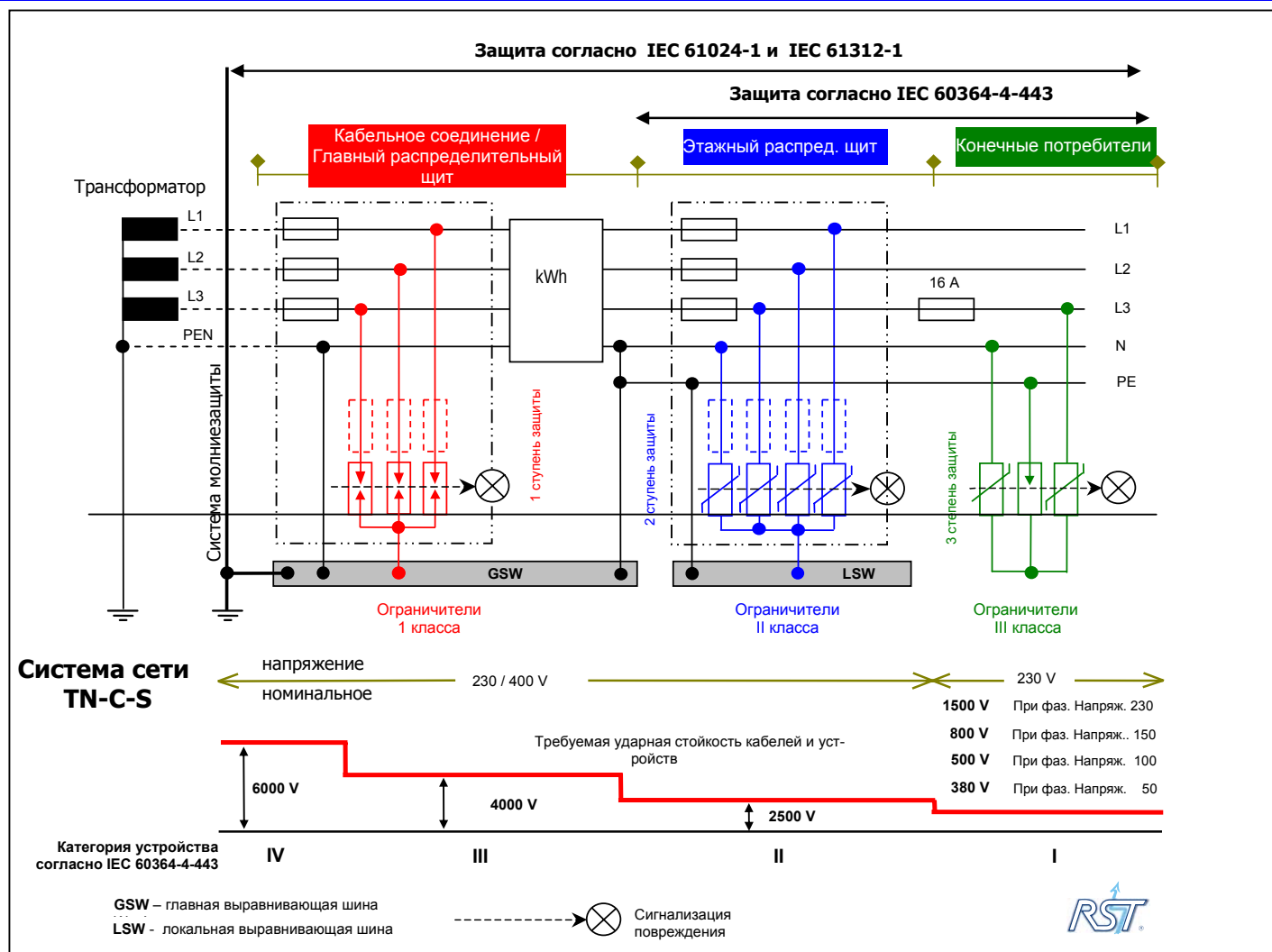


Рис. 1.1. Положение ограничителей перенапряжений в оборудовании электроснабжения строительного объекта на примере системы защиты от перенапряжений сети TN-C-S

Представленная схема защиты от перенапряжений оборудования электропитания 230/400 V содержит:

- Элементы грубой защиты, так наз. 1. ступень защиты – способны отвести токи молнии прямых разрядов в объект, а также
- Элементы так наз. конечной защиты – ограничивающие энергию перенапряжений пропущенную через 1 ступень защиты, а также энергию перенапряжений, индуцированных в кабелях, расположенных внутри объекта.

Элементы грубой защиты следует монтировать на входе силовых кабелей в здание – лучше всего в соединении кабелей или в главном распределительном щите. Элементы конечной защиты монтируются непосредственно в силовых цепях охраняемых устройств. На рис. 2.1 представлены три ступени защиты:

1. ступень – в соединении кабелей, ограничивающая перенапряжения до уровня 4 kV,
2. ступень – в этажном распределительном щите, ограничивающая перенапряжения до уровня 2,5 kV,
3. ступень – установлен местно поблизости от защищаемого устройства, например в распределительном щите, предназначенном для электропитания цепи в серверной, ограничивающая перенапряжения до уровня 1,5 kV,

1.3. Классический состав защитного каскада

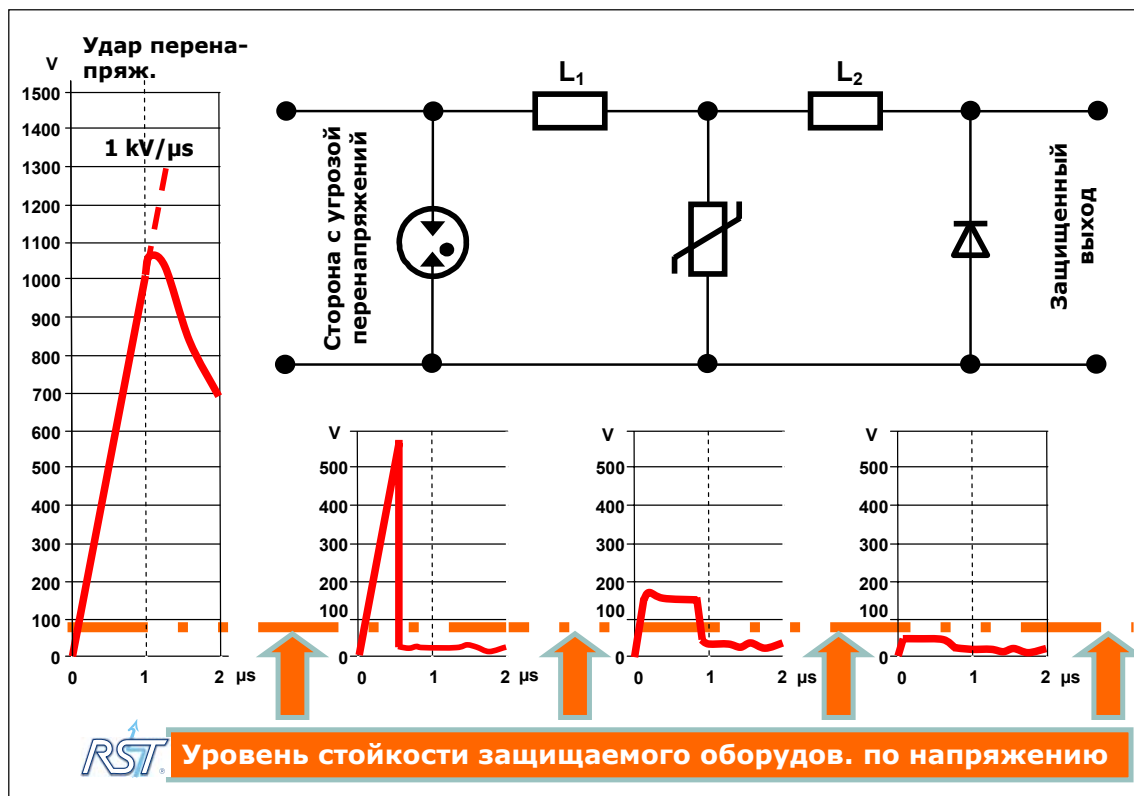


Рис. 1.2. Каскадное строение защиты от перенапряжений: разрядник – варистор – диод

На рис. 1.2 показана примерная трехступенчатая схема защиты цепи электроснабжения постоянным током 24 V DC от перенапряжений. Защищающий диод характеризуется отличными коммутационными параметрами (скоростью и повторяемостью уровня ограничения), однако смонтированный самостоятельно может быть поврежден и обычно сам требует защиты. Его монокристаллическая структура не способна противостоять энергетически сильным ударам перенапряжений.

Как поддержка ветви с диодом использован следующая ступень защиты на базе варистора ZnO, который способен отвести в землю значительно большую энергию, чем диод. С целью правильной координации защитных параметров диод и варистор разделены специальным элементом L2 (в этом случае применена индуктивность). Благодаря этому, когда в процессе ограничения удара перенапряжения диодом потечет ударный ток, то на зажимах варистора появится напряжение

$$U_{\text{варистора}} = U_{\text{диода}} + L_2 \frac{di}{dt}.$$

Подбирая надлежащим образом значение индуктивности L_2 можно управлять напряжением на варисторе, чтобы он уложился в процесс ограничения перенапряжений до того момента как диод подвергнется повреждению.

Аналогичная ситуация имеет место в каскаде разрядник – варистор. Известно, что включение в работу разрядника, благодаря его отличным энергетическим параметрам увеличивает способность отведения разрушительной энергии перенапряжений через защитное устройство. Элемент L_1 подбирается таким образом, чтобы относительно свободно включающийся разрядник стал действовать прежде, чем будут превышены критические параметры варистора.

Каскадный состав, представленный на рис. 2.2 позволяет, в этом случае, соединить очень большую скорость действия относительно мало энергетичного защищающего диода со способностью отведения очень больших ударных токов через разрядник и варистор, которые характеризуются однако значительно высшими уровнями ограничения по напряжению и более свободным срабатыванием.

В результате – на защищенный вход приходит волна перенапряжения с контролируемым, безопасно малым значением максимальной энергии (меньшим относительно уровня стойкости по напряжению защищаемого оборудования), а решающая часть энергии нежелательного перенапряжения отводится в землю и рассеивается в рабочем пространстве самих защитных элементов. Объединение позитивных черт разных типов защитных элементов в устройствах защиты позволяет значительно расширить диапазон их применения.

1.4. Разделение ограничителей перенапряжений

Устройства для ограничения перенапряжений, используемые в распределительных сетях низкого напряжения (до 1000 V) внутри строительных объектов содержат как минимум один нелинейный элемент и, согласно нормативным требованиям должны быть подвергнуты испытаниям класса I, II или III.

С точки зрения различных характеристик ограничителей перенапряжений определенные во время их ударных испытаний эти устройства разделяются на:

Ограничители перенапряжений класса I (ранее класс B) – требуемые защитные свойства для этой группы гарантируют ограничители перенапряжений на основе разрядника, на электродах которого при возникновении скачка перенапряжения наступает искровой проскок, переходящий в дуговой разряд. В ограничителях этого типа значение сниженного напряжения равно напряжению срабатывания и зависит от скорости нарастания ударного напряжения. Значения номинального ударного тока, который может многократно протекать через систему ограничителей перенапряжений класса I, не вызывая их повреждения соответствуют значениям силы тока, который может возникнуть в естественных условиях во время грозы (в соответствии с требованиями норм по молниезащите). Типичный уровень защиты ограничителей класса I по напряжению не превышает значения 4000 V.

Ограничители перенапряжений класса II (ранее класс C) – характеризуют уровень защиты по напряжению, соответствующий I или II категории ударной стойкости (соответственно 2500 V и 1500 V). Рекомендованной формой токов разряда номинального i_n и максимального i_{max} , используемых для испытания ограничителей класса II является удар с временем возрастания фронта $8 \mu s$ и времени продолжительности до полуспада $20 \mu s$. Значения тока i_n , который может многократно протекать через ограничитель класса II, не вызывая его повреждения, чаще выбираются со следующего ряда значений: **2,5; 3,0; 5,0; 10; 15 и 20 кА**. Для производства ограничителей перенапряжений класса II чаще используют полупроводниковые элементы – варисторы.

Ограничители перенапряжений класса III (ранее класс D) – уровень защиты по напряжению это обычно 1500 V, 1200 V или 1000 V. Подвергаются испытаниям класса III выполняемым комбинированным ударом: по напряжению $1,2/50 \mu s$ и затем токовым $8/20 \mu s$. Наибольшие значения тестируемого напряжения составляет 20 kV $1,2/50 \mu s$, а тестируемого тока – 10 kA $8/20 \mu s$. Обеспечивают защиту устройств от последствий прямых, близких и удаленных атмосферных разрядов (несколько сотен метров от объекта), индуцируемых удары перенапряжений в оборудовании внутри строительных объектов, а также от коммутационных перенапряжений, возникающих в электрическом оборудовании внутри строительного объекта.

В естественных условиях не возможно исключить прямых ударов молнии в строительные объекты или разрядов происходящих в ближайшем соседстве с ними. Этот факт приводит к тому, что в электрических устройствах ограничители перенапряжений класса III часто взаимодействуют с ограничителями классов I и II, образуя многоступенчатые защитные системы. Принципиальная схема включения последовательных ступеней ограничителей показано на рис. 1.1.

Основные свойства ограничителей разных классов, а также примерные места их монтажа представлены в таблице 1.1.



Таблица 1.1. Основная информация об ограничителях перенапряжений, отвечающих разным классам ударных воздействий

Класс ограничителя	Характеристика ограничителя	
Класс I (B)	Назначение	✓ Ограничение очень больших значений части токов грозовых разрядов ✓ Недопущение проникновения тока молнии и всякого рода перенапряжений к электрическому оборудованию, расположенному внутри строительного объекта.
	Основная процедура испытания	• Номинальным ударным напряжением 1,2/50 μs, • Ударным импульсным током I_{max}, (эмитирующий ток молнии), • Номинальным разрядным током 8/20 μs.
	Основные технические данные	✓ Вид и уровень номинального напряжения (переменное напряжение, постоянное или оба вида напряжений), ✓ Наибольшее длительное рабочее напряжение, а также номинальная частота, ✓ Уровень защиты по напряжению, ✓ Стойкость против короткого замыкания, ✓ Способ монтажа (идентификация зажимов, определение нормальной позиции).
Класс II (C)	Назначение	Ограничение перенапряжений между: • Фазными проводниками L1, L2, L3 и защитным проводником PE, • Нейтральным проводником N и защитным проводником PE.
	Основная процедура испытания	Основные испытания: • Номинальным разрядным током i_n, • Максимальным разрядным током i_{max}, • Ударным напряжением 1,2/50.
	Основные технические данные	✓ Вид и уровень номинального напряжения (переменное напряжение, постоянное или оба вида напряжений), ✓ Наибольшее длительное рабочее напряжение, а также номинальная частота, ✓ Уровень защиты по напряжению, ✓ Стойкость против короткого замыкания, ✓ Способ монтажа (идентификация зажимов, определение нормальной позиции).
Класс III (D)	Назначение	Ограничение перенапряжений между: • Проводником фазным L и нейтральным N, • Проводниками нейтральным N, фазным L и защитным PE.
	Основная процедура испытания	Испытания номинальным ударом напряжение-ток 1,2/50-8/20.
	Основные технические данные	✓ Вид и уровень номинального напряжения (переменное напряжение, постоянное или оба вида напряжений), ✓ Наибольшее длительное рабочее напряжение, а также номинальная частота, ✓ Уровень защиты по напряжению, ✓ Стойкость против короткого замыкания, ✓ Способ монтажа (идентификация зажимов, определение нормальной позиции).
I, II i III – обозначение классов согласно с IEC 61643-1 с 1998.02 B, C i D – обозначение классов согласно с DIN VDE V 0675 Teil 6		

1.5. Местоположение ограничителей перенапряжений – общие замечания

Правильное местоположение ограничителей перенапряжений имеет принципиальное значение для последствий запроектированной системы защиты от перенапряжений.

Как уже отмечалось ранее в случае систем защиты от перенапряжений силового электроэнергетического оборудования ограничители монтируются в следующих местах:

- а) Снаружи строительного объекта в зоне молниезащиты O_B на входе питающих кабелей к устройствам (чаще это ограничители классов II, иногда класса I);
- б) В месте перехода силовых кабелей через стену здания (в зависимости от уровня угрозы это ограничители класса I или II) – в кабельном соединении, заземленным кратчайшим путем к заземляющему устройству;
- в) Внутри строительного объекта:
 - В локальных распределительных щитах (в зависимости от уровня угрозы это ограничители классов II или III)
 - Поблизости от защищаемых устройств (чаще это ограничители класса III, иногда – класса II, с точки зрения слишком малого номинального тока ограничителей класса III, составляющего чаще всего 16 А).

Необходимо здесь подчеркнуть, что из всех мест расположения ограничителей перенапряжений предложенных в разделе 443 нормы IEC 60364-4 единственно правильным является расположение в кабельном соединении при условии, что соединение находится в стене защищаемого здания.

Рекомендованное нормой размещение ограничителей в воздушной линии или в оборудовании здания не целесообразно для защиты объекта.

Размещение ограничителей в воздушной линии

В случае размещения ограничителей в воздушной линии нельзя забывать о возможности проникновения ударов перенапряжений к силовому кабелю на трассе столб – здание, что делает это размещение бесполезным.

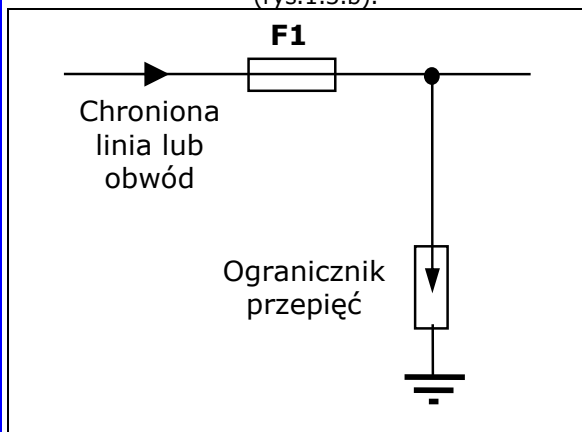
Размещение ограничителей внутри здания

Размещение ограничителей перенапряжений наружного назначения внутри здания, может в свою очередь означать допущение важной ошибки с точки зрения повторных эффектов, сопровождающих процессы ограничения перенапряжений. В этой ситуации большой ток перенапряжений – после прохождения через ограничитель – будет протекать внутри здания на трассе жила внутреннего кабеля – внутренний ограничитель – заземлитель, вызывающий повторное индуцирование перенапряжений в соседних запитанных устройствах и сигнальных линиях. Такое местоположение имеет смысл, например, тогда, когда ограничители размещены в помещении главного распределительного щита, где по меньшей мере одна из стен является внешней стеной здания, а другие стены имеют экранирующие свойства, например сделаны из железобетона.

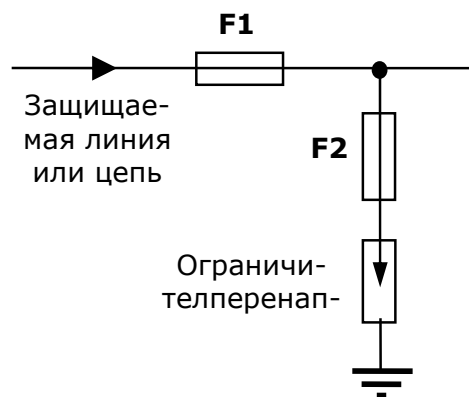
1.6. Стойкость ограничителей против короткого замыкания

Ограничители перенапряжений следует хранить от последствий замыкания. Производитель должен заявить какой предохранитель следует использовать последовательно с ограничителем, чтобы гарантировать соответствующую стойкость против замыкания системы предохранитель – ограничитель перенапряжений. Определяя потребность использования дополнительной защиты от перенапряжения, следует сравнить значения номинальных токов I_{F1} защиты от перенапряжений защищаемой цепи которые возникают перед ограничителями с допустимыми значениями I_{DOP} , рекомендованными производителями. В зависимости от результатов такого сравнения следует использовать систему:

- ♦ $I_{F1} \leq I_{DOP}$ - без дополнительной защиты (рис.1.3.а),
- ♦ $I_{F1} > I_{DOP}$ - содержащую дополнительно защиту, включенную последовательно с ограничителями (rys.1.3.b).



а) без дополнительного предохранителя



б) с дополнительным предохранителем F2, включенным последовательно с ограничителем

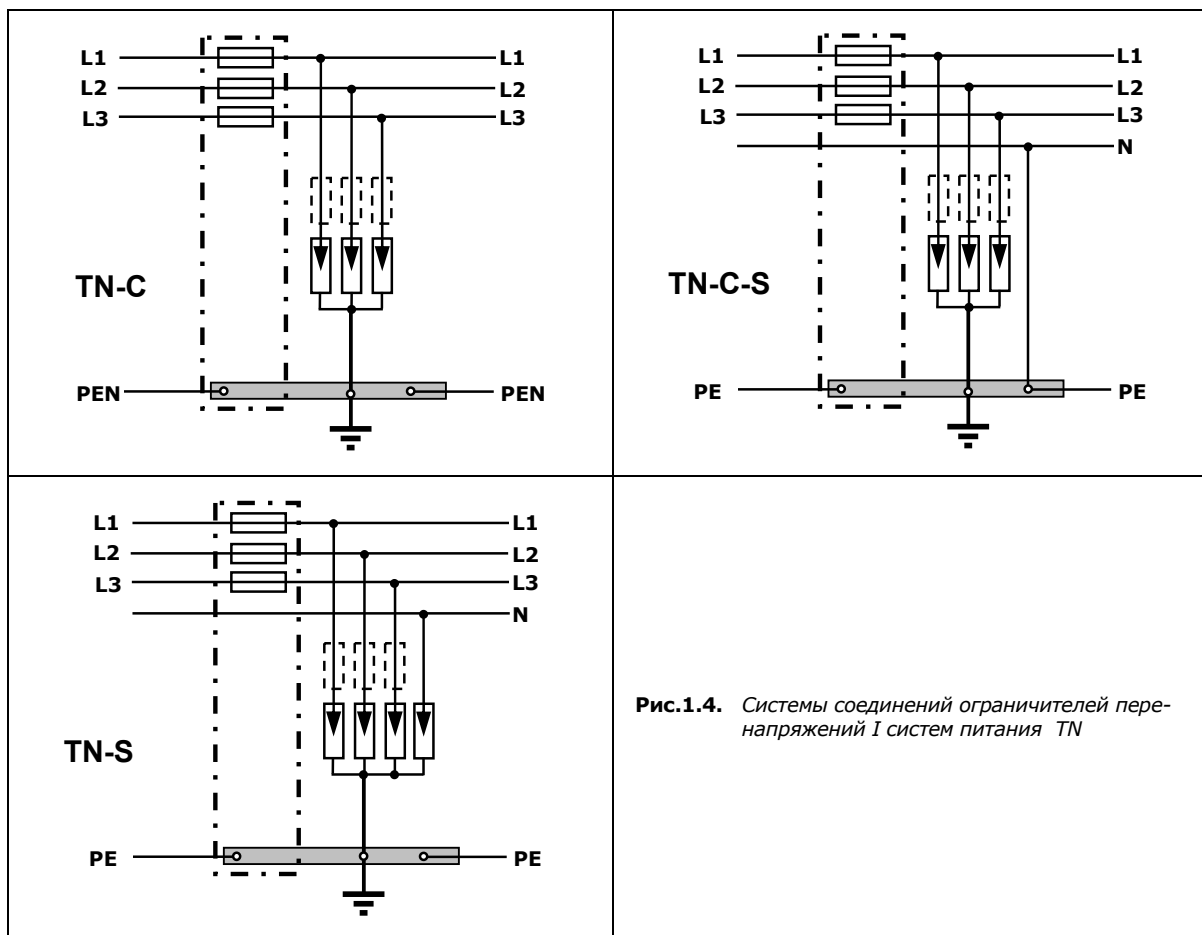
Рис.1.3. Системы включения ограничителей перенапряжений класса I :

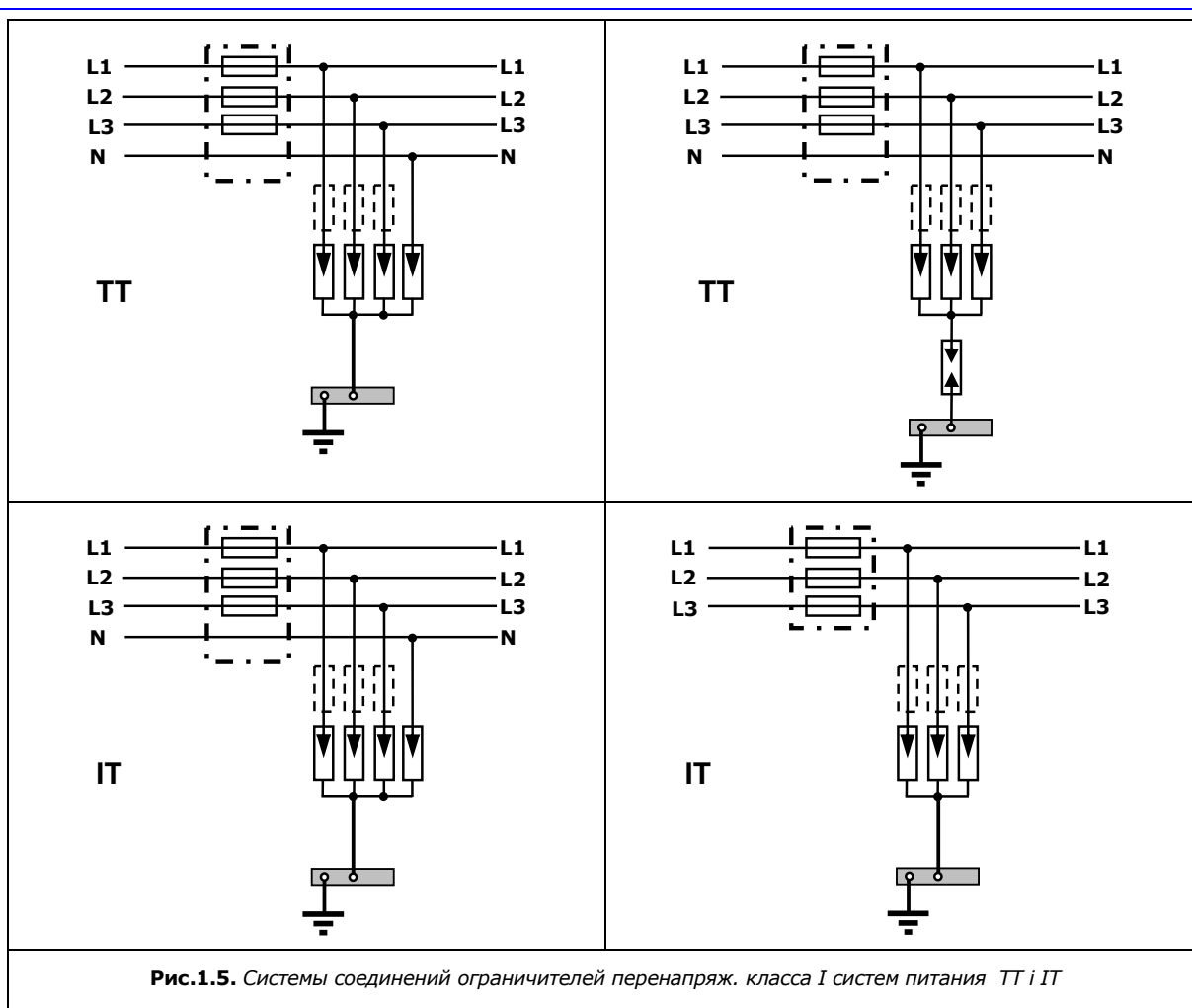
1.7. Системы соединений ограничителей перенапряжений

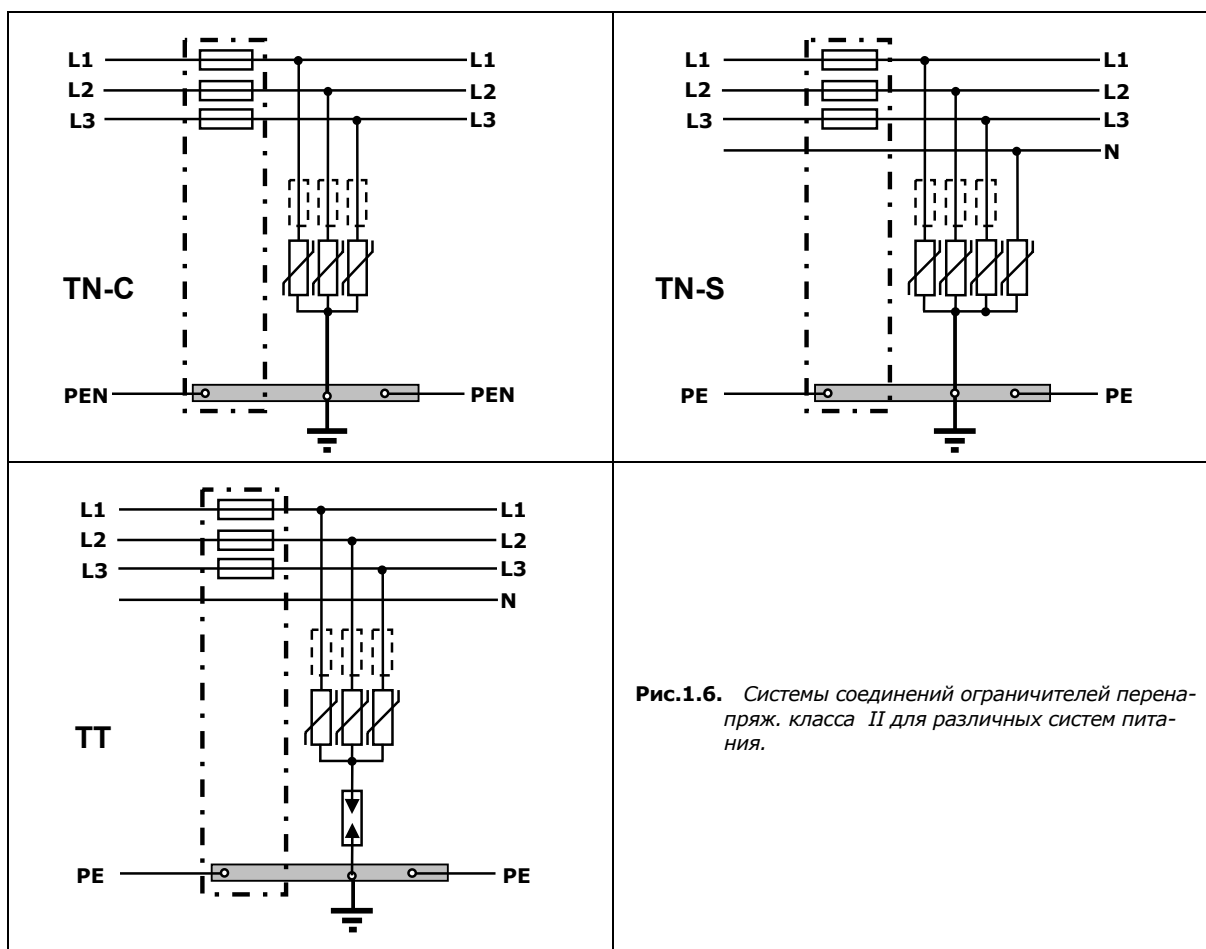
В зависимости от системы сети используется один из видов соединения ограничителей перенапряжений, представленных на рис. 1.4, 1.5 или 1.6.

В системе сети ТТ существует возможность применения 4 типовых ограничителей перенапряжений или так наз. системы 3+1 (3 ограничителя перенапряж. + 1 ограничитель N-PE). Такие системы соединений касаются ограничителей классов I и II.

В случае ограничителей класса I представлены системы с дополнительными предохранителями соединенными последовательно с ограничителями. Применение предохранителей не обязательно, если выполняются условия, описанные в разделе 1.6.









2. Ограничители, защищающие от прямого разряда части потока молнии

Система ограничителей перенапряж. класса I должна обеспечивать защиту в случае угроз, вызванных:

- поток молнии растекается в строительном объекте в момент прямого разряда в объект,
- непосредственный удар молнии либо удар поблизости от воздушных линий или закопанных кабелей низкого напряжения,
- перенапряжения коммутационные, а также индуцированные атмосферными явлениями,

Среди объектов, в которых требуется или рекомендовано применение ограничителей класса I в электрооборудовании, необходимо упомянуть:

- строительные объекты, имеющие молниезащитные устройства,
- объекты без молниезащиты, запитанные непосредственно от воздушных линий, либо коротких кабельных подходов,
- объекты без молниезащиты, соседствующие с мачтами, башнями, либо строительными объектами с системой молниезащиты (во всех случаях присутствует общий заземлитель).

Принимая во внимание господствующее в последнее время направление в оборудовании сантехническом – повсеместная замена металлических водно-канализационных труб на пластиковые трубы – следует учитывать это оборудование при анализе растекания потока молнии. При подборе ограничителей класса I для защиты объектов, оснащенных молниезащитной системой в этом случае следует учесть возможность протекания через их проводящие пути половины потока молнии.

Значения потоков молнии, которые могут протекать через систему ограничителей в зависимости от требуемого уровня защиты представлены в таблице 2. 1.

Таблица 2.1. Значения тока, который может протекать через ограничитель перенапряж. класса I

Уровень защиты	Надежность молниезащиты	Сила тока, кА				
		Система сети TN	Система сети TT*	Система сети TT** ограничители	Система сети IT разрядник	Система сети IT
I	98%	$\geq 100/m$	$\geq 100/m$	≥ 100	$\geq 100/m$	$\geq 100/m$
II	95%	$\geq 75/m$	$\geq 75/m$	≥ 75	$\geq 75/m$	$\geq 75/m$
III	90%	$\geq 50/m$	$\geq 50/m$	≥ 50	$\geq 50/m$	$\geq 50/m$
IV	80%					

m : означает число проводников, в которых может протекать ток молнии
например, в системе TN-S это L1, L2, L3 N, а также PE - m = 5
* - система из 4 ограничителей перенапряж.,
** - система так наз. 3+1 трех ограничителей перенапряж. и одного разрядника

Систему ограничителей класса I следует устанавливать за главными предохранителями электропитания поблизости от места ввода электрического оборудования в строительный объект.

Таким местом могут быть:

- соединения кабелей, либо дополнительный шкаф поблизости от соединения,
- главный распределительный щит низкого напряжения.

Проводники, используемые для присоединения ограничителей класса I должны быть как можно короткими. Рекомендовано применение для присоединения ограничителей класса I проводников, длина которых не превышает 0,5 m (рис.2.1.).

Падение напряжений на индуктивностях проводников можно исключить, используя так наз. «соединение V» (рис. 2.1 b и рис. 2.2). Ограничители, используемые для такой системы должны предусмотреть возможность подключения двух проводников к каждому контакту (двойные зажимы).

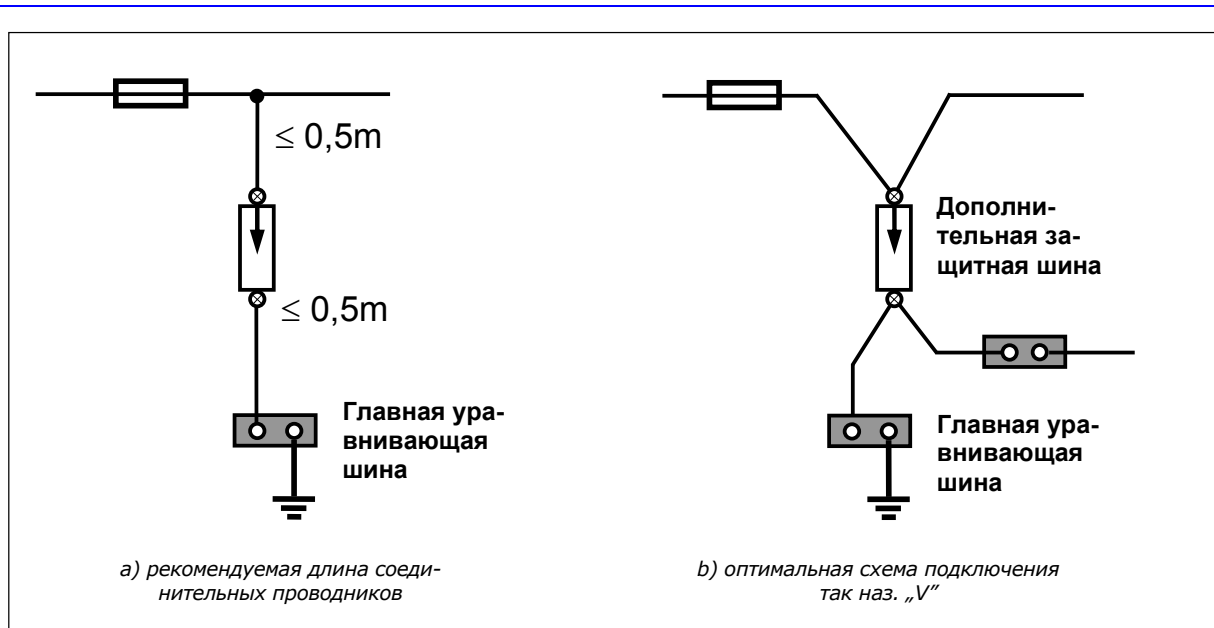


Рис. 2.1. Подключение ограничителя класса I

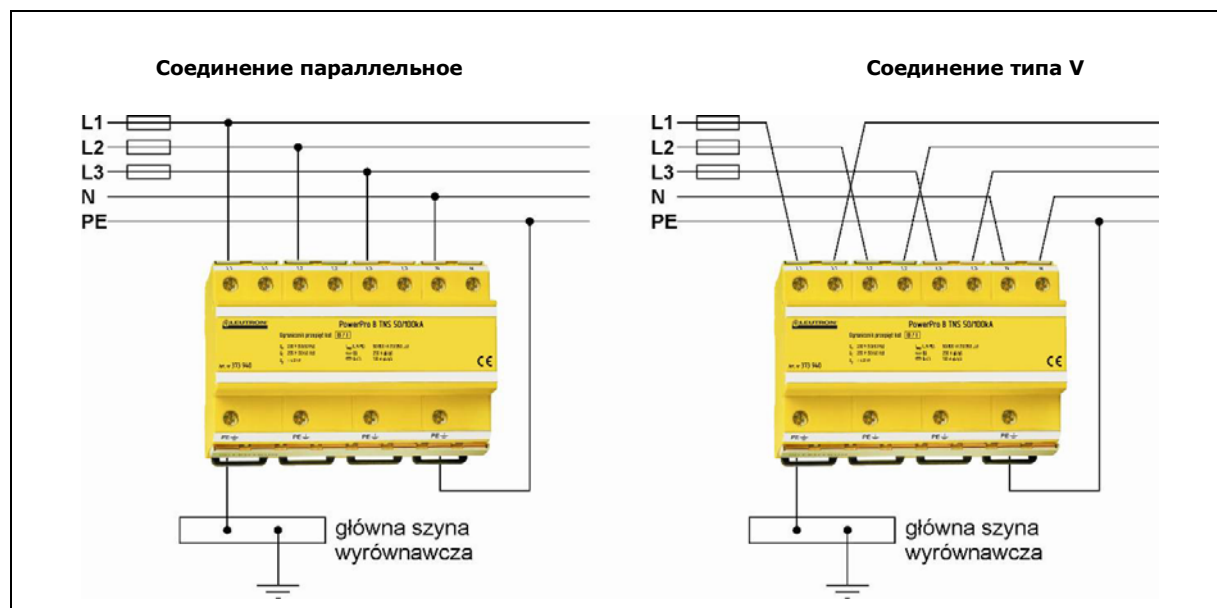


Рис.2.2. Пример параллельного и последовательного подключения на примере защитного модуля **PowerPro B TNS 50/100kA** (продукция **LEUTRON**)

В большинстве случаев для подключения ограничителей перенапряж. класса I можно использовать медные проводники сечением **16 mm²**, рекомендовано использование медных проводников сечением:

- **25 mm²** между ограничителями и проводниками фазными и нейтральным (если такие имеются),
- **35 mm²** между ограничителями и шиной уравнивания потенциалов,

или только проводников сечением **35 mm²** Cu для обоих видов подключений.

Можно также использовать проводники сечениями проводников предохранителей, находящимися перед ограничителями. Уровень защиты по напряжению ограничителей класса 1 зависит от их назначения и чаще всего находится ниже 4000 V, 2500 V или даже ниже 1000 V.



2.1. Ограничители перенапряжений класса I

Норма IEC 61643-1 [20], содержащая технические требования и методы испытаний ограничителей перенапряж. не навязывает конкретных значений уровня защиты по напряжению для ограничителей данного класса. Представляются только рекомендованные значения, которые в случае электрического оборудования напряжением 230/400 V необходимо выбрать из следующего ряда значений: 600 V, 700 V, 800 V, 900 V, 1000 V, 1200 V, 1500 V, 1800 V, 2000 V, 2500 V, 3000 V, 4000 V, 5000 V и 6000 V.

В многоступенчатой системе ограничения перенапряжений, учитывая требования устройств при соединении оборудования (таблица 2.1.), ограничители класса I должны ограничить перенапряжения ниже уровня ударной стойкости категории IV – ниже 6000 V.

Фирма **LEUTRON**, например, предлагает для защиты устройств и оборудования ограничители класса I **PowerPro B 50kA (FM)**, **IsoPro B 60kA (FM)**, **IsoPro B 25kA (FM)** с уровнями защиты по напряжению ниже 4 000V. Значения основных параметров этих ограничителей представлено в таблице 3.2.

В ограничителе типа **PowerPro B 50kA (FM)** (рис.2.3.) использован многоразрывный разрядник, помещенный в атмосфере нейтрального газа в керамическом корпусе, который обеспечивает:

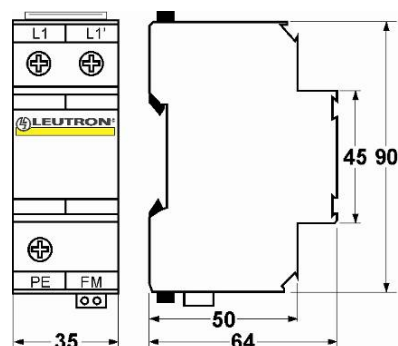
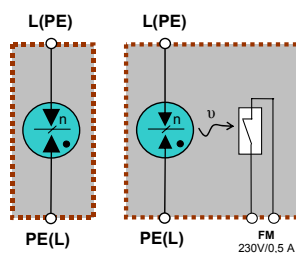
- Более быстрое срабатывание ограничителя в сравнении с ограничителями, содержащими классические разрядники,
- Уровень защиты по напряжению ниже 4000 V,
- Возможность защиты от ударных токов в форме 10/350 силой до 50 kA,
- Незначительное искажение напряжения в электрическом оборудовании, которое возникает после действия ограничителя,
- отсутствие выброса газа наружу ограничителя.

Таблица 2.2. Ограничители класса I с уровнем защиты по напряжению ниже 4000V

Тип ограничителя		PowerPro B 50kA	IsoPro B 25kA	IsoPro B 60kA
Статическое напряжение срабатывания	U_{agn}	$\geq 800V$	$900 \pm 20\%$	$900 \pm 20\%$
Номинальное рабочее напряжение 50/60Hz	U_N	230/400 V	230/400 V	230/400 V
Наибольшее продолжительное рабочее напряжение 50/60Hz	U_C	255 V	255	255
100% напряжение срабатывания при ударе молнии 1.2/50 μs	U_{as}	$\leq 4\ 000V$	$\leq 4\ 000V$	$\leq 4\ 000V$
Уровень защиты по напряжению	U_p	$\leq 4\ 000V$	$\leq 4\ 000V$	$\leq 4\ 000V$
Номинальный мипульсный ток 10/350 μs	I_{imp}	50 kA	25 kA	60 kA
Максимальный предшествующий предохранитель		250 A gL	160 A gL	160 A gL
Сопротивление изоляции	R_{isol}	$\geq 10^{10} \Omega$	$\geq 10^{10} \Omega$	$\geq 10^{10} \Omega$
Время ответа	t_A	$\leq 50\ ns$	$\leq 50\ ns$	$\leq 50\ ns$
Диапазон рабочих температур	θ	$-40^{\circ}...+85^{\circ}$	$-40^{\circ}...+85^{\circ}$	$-40^{\circ}...+85^{\circ}$
Степень защиты, обеспечиваемая корпусом		IP 20	IP 20	IP 20
Каталожный номер		373 835	373 815	373 810
Монтаж		На шине 35 mm		

В ограничителях продукции фирмы **LEUTRON** существует возможность отслеживания состояния разрядника. В случае возрастания температуры разрядника наступает открытие безпотенциального контакта, который может быть элементом цепи, отслеживающей систему ограничителей. Ограничители содержащие такие системы отслеживания включают в своем названии дополнительное обозначение FM.

Ограничители серии **PowerPro** можно также использовать в так наз. соединении V (см. рис.2.2).



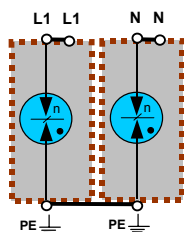
а) внутренний состав соединений ограничителя без и с отслеживанием разрядника

б) общий вид ограничителя,

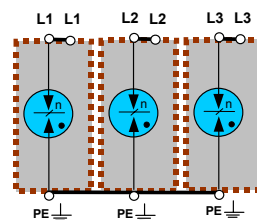
с) основные размеры

Рис.2.3. Ограничитель класса I: **PowerPro B 50kA**

PowerPro B TN 50/100 kA
Для сети однофазной TN-S



PowerPro B TNC 50/100 kA
Для сети трехфазной TN-C



PowerPro B TNS 50/100kA - сеть трехфазная TN-S

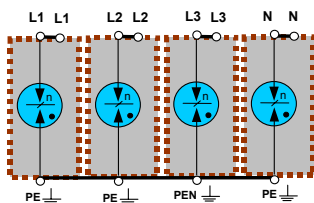
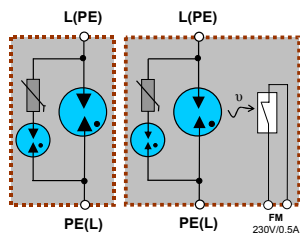


Рис.2.4. Примеры модульных систем ограничителей серии **PowerPro B**

Рис. 2.5. Ограничитель **IsoPro**: внутренняя схема соединений без и с отслеживанием состояния разрядника, а также общий вид ограничителей **IsoPro B 60kA** и **IsoPro B 25kA**



IsoPro B 60kA



IsoPro B 25kA

Интересное решение использовано также в ограничителях **IsoPro B 60kA (FM)** и **IsoPro B 25kA (FM)**. В корпусе шириной в два типовых модуля размещена система параллельно соединенных разрядников с дополнительным варистором включенным последовательно с разрядником в одной ветви (rys. 2.5).

В представленной системе соединений, если ударные токи не превышают 4 кА – например при протекании 10/350 (наиболее частый случай ударов в электрическом оборудовании), действует только последовательно соединенный разрядник с варистором. После превышения ударного тока значения 4 кА, что происходит только в случае прямых разрядов молнии в объект или очень близких разрядов дополнительно задействуется главный разрядник.

Главный разрядник, используемый в ограничителе **IsoPro B 60kA** имеет защиту от воздействия ударных токов в форме 10/350 а также значений силы тока до 60 кА, а уровень защиты по напряжению не превышает значения **4000 V**. В случае ограничителя **IsoPro B 25kA** максимальный ударный ток 10/350 достигает значения 25кА, уровень защиты по напряжению 4000 V.

Аналогично, как и в случае ограничителей **PowerPro**, доступны также созданные из ограничителей **IsoPro**, защитные модули для основных систем сети (рис. 2.6).

IsoPro B TN 25/50kA

IsoPro B TNC 25/75kA

IsoPro B TNS 25/100kA



Рис.2.6. Примеры модульных систем ограничителей IsoPro B

Модульные системы ограничителей **PowerPro** и **IsoPro** можно соединять параллельно или последовательно. Примерные решения таких соединений для модуля **PowerPro B TNS 50/100kA** представлены на рис.3.2. Последовательное соединение может быть использовано если значение предохранителей в электрическом оборудовании не превышает 100 А.

Пример параллельного включения модуля **PowerPro B TNS 50/100kA** для защищаемой сети питания 230/400 V предствлен на рис. 2.7.

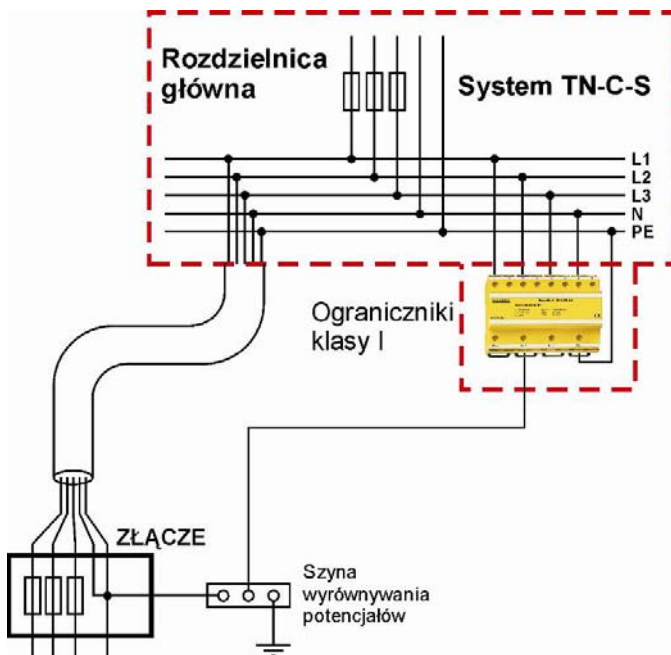


Рис.2.7. Система соединений ограничителей класса I монтируемых в главном распределительном щите

2.2. Ограничители перенапряжений класса I/II

Новые типы ограничителей класса I фирмы LEUTRON без проблем исполняют также требования, вытекающие из области испытаний ограничителей класса II. Благодаря этому системы этих ограничителей с уровнем защиты по напряжению ниже 2500 V, могут заменить применение до сих пор используемых решений, состоящих из трех групп элементов: ограничителей класса I – и ограничителей класса II.

С целью упрощения проектирования и монтажа введено понятие ограничителей класса I/II.

Примерами таких решений, предлагаемых фирмой **LEUTRON**, являются ограничители типа **PowerPro BC 25kA (FM)**, **IsoPro BC 60kA (FM)**, а также **IsoPro BC 25kA (FM)**.

Размеры ограничителей, их строение и форма аналогичны ограничителям класса I. Вид наиболее часто используемых ограничителей класса I/II, предназначенных для сети TN-C, TN-S и TT представлены на рис.2.8.



Рис. 2.8. Вид ограничителей класса I/II типа IsoPro

Основные параметры этих ограничителей представлено в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Ограничители класса I/II

ТИП ОГРАНИЧИТЕЛЯ		PowerPro BC 25 kA (FM)	IsoPro BC 25 kA (FM)	IsoPro BC 60 kA (FM)
Статическое напряжение срабатывания	U_{agn}	$\geq 800V$	$900 \pm 20\%$	$900 \pm 20\%$
Номинальное рабочее напряжение 50/60Hz	U_N	230/400 V	230/400 V	230/400 V
Наибольшее продолжительное рабочее напряжение 50/60Hz	U_C	255 V	255	255
100% напряжение срабатывания при ударе молнии 1.2/50 μs	U_{as}	$\leq 2500V$	$\leq 2500V$	$\leq 2500V$
Уровень защиты по напряжению	U_p	$\leq 2\,500V$	$\leq 2\,500V$	$\leq 2\,500V$
Номинальный мипульсный ток 10/350 μs	I_{imp}	25 kA	25 kA	60 kA
Максимальный предшествующий предохранитель		250 A gL	160 A gL	160 A gL
Сопротивление изоляции	R_{isol}	$\geq 10^{10} \Omega$	$\geq 10^{10} \Omega$	$\geq 10^{10} \Omega$
Время ответа	t_A	$\leq 50\,ns$	$\leq 50\,ns$	$\leq 50\,ns$
Области рабочей температуры	ϑ	$-40^0...+85^0$	$-40^0...+85^0$	$-40^0...+85^0$
Степень защиты, обеспечиваемая корпусом		IP 20	IP 20	IP 20
Каталожный номер			373 825	373 830
Каталожный номер (с отслеживанием работоспособности)			373 826	550 518
Монтаж		На шине 35 mm		

Ограничители класса I/II характеризуются уровнем защиты по напряжению ниже 2500V и обеспечивают основную защиту в электрическом оборудовании в строительных объектах, оснащенных молниезащитной системой.

Выбор уровня ограничения по напряжению ниже 2500 V имеет еще одно преимущество. Применение ограничителей с такими уровнями защиты требует норма IEC 60364-443 в случае, когда **«оборудование запитано воздушной линией низкого напряжения или с такой линией соединено»**. Эти рекомендации касаются защиты от перенапряжений атмосферных, доходящих снаружи к электрическому оборудованию в строительных объектах без молниезащитных устройств, если они находятся в районах, где количество грозových дней в году составляет более, чем 25.

2.3. Универсальные ограничители класса I/II/III

Следующим этапом развития ограничителей класса I явилось применение многоразрывных разрядников, обеспечивающих уровень защиты по напряжению ниже 1000 V, так наз. ограничители перенапряж. класса I/II/III (рис.2.9), выполняющих требования области испытаний классов I, II и III.



а) ограничитель с парой зажимов для подключения с фазовым или нейтральным проводником б) модульная система ограничителей для системы сети TN-C

Рис.2.9. Ограничитель **PowerPro BCD**

В этих ограничителях применяется новое поколение разрядника, помещенного в газе (рис.3.10), который обеспечивает уровень защиты по напряжению ниже 1000 V.

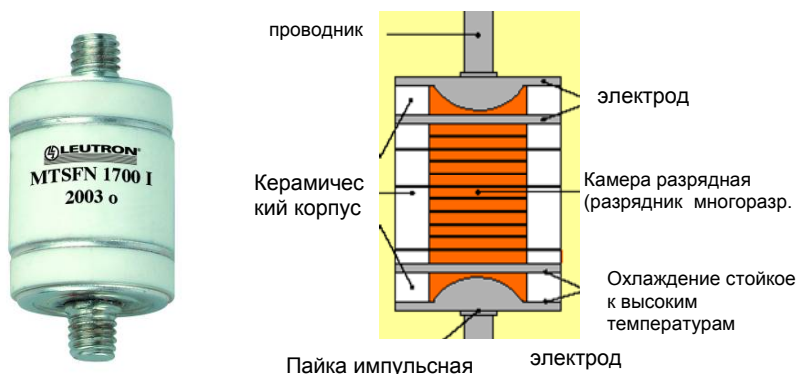


Рис. 2.10. Многоразрывный разрядник универсального устройства для ограничения перенапряжений

Универсальные ограничители **PowerPro BCD** имеют, в сравнении с типовыми ограничителями класса I, следующие преимущества:

1. Обеспечивают защиту электрического оборудования и запитанных устройств от воздействия части тока молнии, а также всякого рода перенапряжений.
2. Могут быть использованы для защиты от прямого воздействия части тока молнии в соответствии с конкретным уровнем молниезащиты.
3. Отвечает требованиям области испытаний классов I, II и III.
4. Уровень защиты ограничителей по напряжению составляет ниже 1000 V.

5. Характеризуется простым строением, где присутствуют только разрядники без дополнительных элементов управления или ускоряющих срабатывание, что уменьшает их аварийность.
6. Имеет указатель повреждения разрядника (реакция на нагревание разрядника).
7. Простая система защиты состоящая только из 3 или 4 ограничителей.
8. Могут быть использованы во всех видах стоительных объектов.
9. Ограничители можно монтировать в параллельной системе или последовательной. Ограничители **PowerPro BCD** не требуют дополнительных предохранений, если значения фазовых предохранителей не превышают 250 A gL/gG и 100A gL/gG (соответственно для параллельной системы и последовательной).
10. Строение защитных систем из однофазных ограничителей приводит к тому, что существует возможность легкой и дешевой замены отдельных ограничителей в случае их повреждения. Не требуется замены целой защитной панели, как это имеет место в случае других решений.
11. Не требуются защитные расстояния между ограничителями и соседними техническими устройствами (в применяемых обустроенных разрядниках не происходит выбросов газов из ограничителя).

Ограничители класса I/II/III нашли широкое применение в электрическом оборудовании небольших объектов, в которых работают электронные устройства, например контейнеры или шкафы с устройствами телекоммуникационными или контрольно-измерительной аппаратурой, базовые станции GSM. В случае базовых станций необходимость применения ограничителей с таким низким уровнем защиты по напряжению вытекает из относительно низких уровней ударной стойкости работающих устройств.

Основные параметры ограничителей **PowerPro** представлены в таблице 2.4

Таблица 2.4. Ограничители класса I/II/III

ТИП ОГРАНИЧИТЕЛЯ		PowerPro BCD 25kA (FM)
Статическое напряжение срабатывания	U_{agn}	$\geq 800V$
Номинальное рабочее напряжение 50/60Hz	U_N	230/400 V
Наибольшее продолжительное рабочее напряжение 50/60Hz	U_C	255 V
100% напряжение срабатывания при ударе молнии 1.2/50 μs	U_{as}	$\leq 1000 V$
Уровень защиты по напряжению	U_p	$\leq 1000 V$
Номинальный импульсный ток 10/350 μs	I_{imp}	25 kA
Максимальный предшествующий предохранитель		250 A gL
Сопротивление изоляции	R_{isol}	$\geq 10^{10} \Omega$
Время ответа	t_A	$\leq 50 ns$
Области рабочей температуры	ϑ	$-40^0...+85^0$
Степень защиты, обеспечиваемая корпусом		IP 20
Каталожный номер		373 850
Каталожный номер (с отслеживанием работоспособности)		373 860
Монтаж		На шине 35 mm

3. Ограничители класса II

Ограничители класса II должны ограничить всякого рода атмосферные индуцированные перенапряжения, коммутационные, а также, в многоступенчатой защитной схеме (рис. 2.1 и 2.2.), перенапряжения, пропущенные через систему ограничителей класса I. Типичные уровни защиты таких ограничителей чаще всего не превышают 1000 V или 1500 V. Это значения напряжений, которые выдерживают большинство электрических и электронных устройств.

Номинальный ток разряда, который может многократно протекать через ограничитель перенапряж. класса II, не вызывая его повреждения, обычно выбирается из ряда значений **2, 3, 5, 10, 15 или 20 кА**.

Временной проскок тока разряда характеризуется временем нарастания фронта, составляющим 8 μs и временем существования до полуспада волны удара 20 μs .

В многоступенчатых системах защиты от части тока молнии и всякого рода перенапряжений ограничители перенапряж. класса II используют как вторую ступень защиты.

Они могут также создавать первую ступень защиты. Такие решения допустимы, если не существует возможности:

- ♦ Прямого удара молнии в строительный объект а также доходящую до него электроэнергетическую сеть низкого напряжения (возникают только индуцированные атмосферные перенапряжения) ,
- ♦ Прямого удара молнии в строительный объект, к которому сеть проведена с помощью соответствующего защищенного ввода.

Производимые фирмой **LEUTRON** ограничители класса II можно разделить на две основные группы:

- Состоящие только из варисторов,
- Содержащие последовательно соединенные варисторы и разрядники.

Основные типы, производимых фирмой **LEUTRON**, ограничителей класса II представлены на рис. 3.1, а их основные параметры в таблице 3.1.

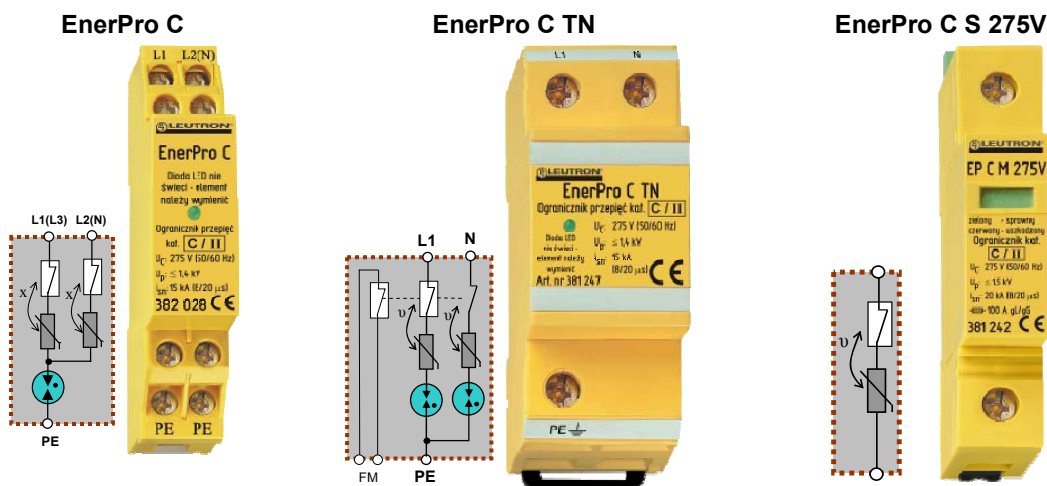


Рис.3.1. Примеры различных ограничителей класса II

Необходимо помнить, что прежде чем приступить к испытаниям изоляции электрического оборудования необходимо отключить от питающей сети ограничители перенапряж. класса II или вынуть из них сменные модули. Причиной является относительно низкие напряжения срабатывания этих элементов и возможность их повреждения во время замеров сопротивления изоляции.

Таблица 3.1. Основные параметры ограничителей класса II

ТИП ОГРАНИЧИТЕЛЯ		EnerPro C	EnerPro C TN	EnerPro C S 275V
Статическое напряжение срабатывания	U_N	230/400 V	230/400 V	230/400
Наибольшее продолжительное рабочее напряжение	U_C	275/480 V	275/480V	275
Уровень напряжения ограничителя при $1\text{ kV}/\mu\text{s}$ (L(N) – PE)	U_{as}	$\leq 1400\text{V}$	$\leq 1400\text{V}$	$\leq 1400\text{V}$
Напряжения сниженные при протекании номинального тока разряда	U_{res}	$\leq 1400\text{V}$	$\leq 1400\text{V}$	$\leq 1400\text{V}$
Номинальный ток разряда (8/20 μs)	I_N	15 kA	15 kA	20 kA
Максимальный ток разряда	I_{max}	18 kA	40kA	40 kA
Стойкость к ударным токам 10/700 μs	I_S	500X100A 100x500A	500X100A 100x500A	
Максимальный предшествующий предохранитель в оборудовании		100 A gL	100 A gL	100 gL
Области рабочей температуры	ϑ	$-25^0...+85^0$	$-40^0...+80^0$	$-40^0...+80^0$
Каталожный номер		382 028	381 247	381 270
Каталожный номер (с отслеживанием работоспособности)		382 029	381 248	381 275
Монтаж		На шине 35 mm		

В случае устройства систем TN-C, TN-S или TT можно применить заблокированные одномодульные ограничители **EnerPro C** или **EnerPro C S** со сменными защитными вкладышами (рис. 3.2 и 3.3).



Рис.3.2. Примеры заблокированных ограничителей класса II

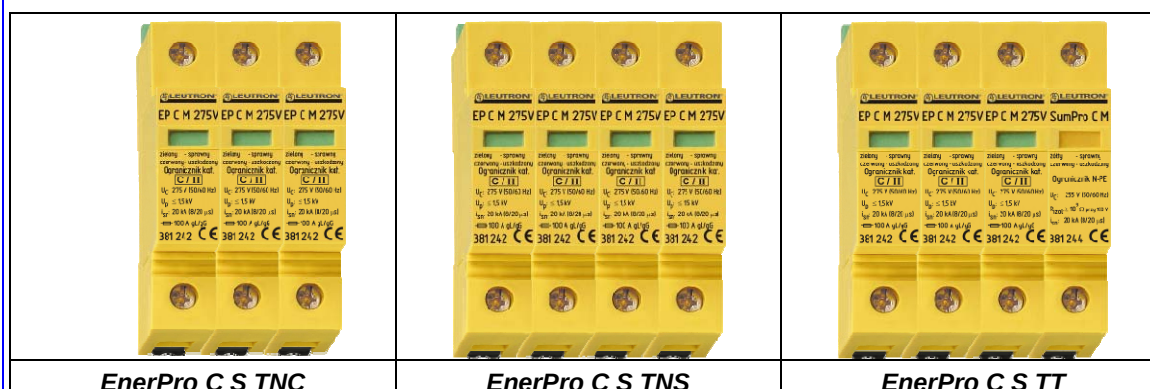


Рис.3.3. Ограничители класса II типа **EnerPro C S** предназначенные для сети систем TN-C, TN-S и TT со сменными модулями **EnerPro C M 275V**. В составе, предназначенном для системы TT виден разрядник **SumPro C M** включенный между проводниками N и PE (примеры включения - рис. 1.6).



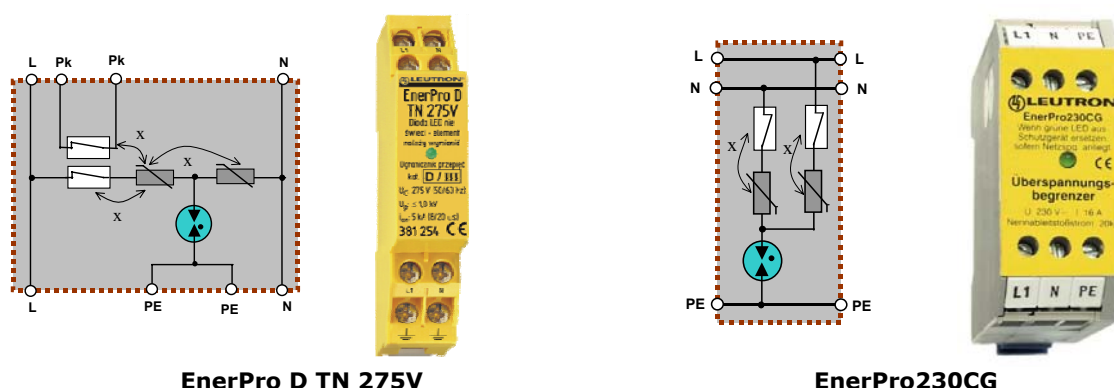
4. Ограничители класса III

Ограничители III класса должны обеспечить защиту устройств от перенапряжений атмосферного происхождения, вызванные явлением индукции в оборудовании внутри защищаемого здания, а также от перенапряжений коммутационных, возникающих внутри объекта.

В большинстве случаев двухступенчатая система защиты, используемая ограничители I и II классов обеспечивают достаточную защиту электрических и электронных устройств. Ограничители I и II класса часто являются дополнением многоступенчатой системы защиты. Перед их подбором необходимо точно проанализировать целесообразность их использования. Классическим примером их использования является слишком большое расстояние между ограничителями II класса и защищаемым оборудованием. В практике следует принять, что расстояние в несколько десятков метров создает угрозу появления на зажимах защищаемого оборудования большего напряжения, чем может выдержать, с точки зрения возможности возникновения дополнительного напряжения в кабеле, соединяющем ограничитель класса II с защищаемым оборудованием, например в результате протекания токов молнии через проводники молниезащитной системы защищаемого объекта.

В электрическом оборудовании строительных объектов ограничители класса III могут быть установлены в распределительных щитах, кабельных каналах, непосредственно в розетках или в качестве переносных устройств, включаемых в розетки.

Примерные решения ограничителей класса III, предназначенных для монтажа в распределительных щитах представлены на рис. 4.1. Технические параметры этих ограничителей представлены в таблице 4.1.



EnerPro D TN 275V **EnerPro230CG**
Рис. 4.1. Ограничители, предназначенные для монтажа в распределительных щитах

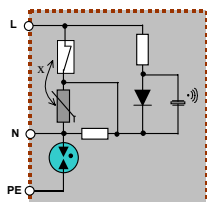
Таблица 4.1. Основные параметры ограничителей класса III

ТИП ОГРАНИЧИТЕЛЯ		EnerPro D TN 275V	EnerPro 230CG(10kA)
Номинальное рабочее напряжение	U_N	230 V / 50 Hz	230 V/50Hz
Наибольшее продолжительное рабочее напряжение	U_C	275 V / 50 Hz	275V/50Hz
Максимальный предохранитель перед ограничителем	I	16 A gL gG	16 A
Уровень напряжения ограничителя при 1kV/ μ s (L(N) – PE)	U_{as}	$\leq 1000V$	$\leq 1\ 400V$
Напряжения сниженные при протекании номинального тока разряда	U_{res}	$\leq 1000V$	$\leq 1\ 400V$
Номинальный ток разряда (8/20 μ s)	I_N	5 kA	10 kA
Максимальный ток разряда	I_{max}	8 kA	15 kA
Стойкость к ударным токам 10/700 μ s	I_S	500X100A 100x500A	500 x 100 A 100 x 500A
Области рабочей температуры	θ	-40°...+80°	-25°...+85°
Монтаж		На шине 35 mm	На шине C или G

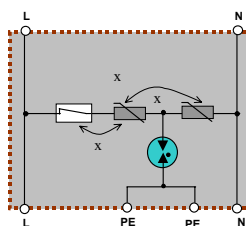
Каталожный номер		381 254	391 022
------------------	--	---------	---------

Примерные решения ограничителей перенапряж. класса III, предназначенные для монтажа в розетках представляет рис. 4.2. Ограничители перенапряж., предназначенные для монтажа в розетках снабжены акустическим датчиком повреждения. Основные параметры этих ограничителей собраны в таблице 4.2.

EnerPro D 230V SDU



NM D



EnerPro D Schuko

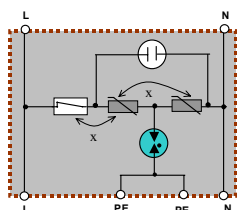


Рис.4.2. Ограничители перенапряж. класса III

Таблица 4.2. Основные параметры ограничителей класса III

ТИП ОГРАНИЧИТЕЛЯ		EnerPro D 230V SDU	NM D	EnerPro D Schuko
Номинальное рабочее напряжение	U_N	230 V	230 V	230V
Уровень напряжения ограничителя при $1\text{ kV}/\mu\text{s}$ (L(N) – PE)	U_{as}	$\leq 1500\text{ V}$	$\leq 1000\text{ V}$	$\leq 1200\text{ V}$
Номинальный ток разряда (8/20 μs) L/N-PE	I_n	2,5 kA	5 kA	5 kA
Максимальный ток разряда (8/20 μs) L/N-PE		5 kA	15 kA	
Максимальное напряжение в оборудовании		16 A	16 A	16 A
Области рабочей температуры	ϑ	$-20^0...+80^0$	$-20^0...+85^0$	$-20^0...+80^0$
Каталожный номер		240 002	360 522	600 022



5. Ограничители класса II/III

В объектах, где электрическое оборудование и устройства не подвержены прямому воздействию части тока молнии часто используются системы, содержащие одновременно состав ограничителей перенапряж. класса II/III. В таких случаях между этими составами необходимо сохранять расстояние в несколько метров (считается вдоль проводников). В небольших объектах (например с электронной аппаратурой, защита отдельных помещений) или для непосредственной защиты устройств можно применить ограничители:

- Защищающие от токов разряда (форма 8/20) доходящими до значений 20 кА (а иногда максимальных значений даже 40 кА), характерных для ограничителей класса II,
- Ограничивающие перенапряжения ниже 1500 В,
- Содержащие систему соединений защитных элементов, характерных для ограничителей класса III.

Ограничители с такими параметрами, отвечающие требованиям класса II и III, названы ограничителями класса II/II. Примерами таких решений являются предлагаемые фирмой **LEUTRON**, ограничители **EnerPro CD** и **NM CD** (рис.5.1.).

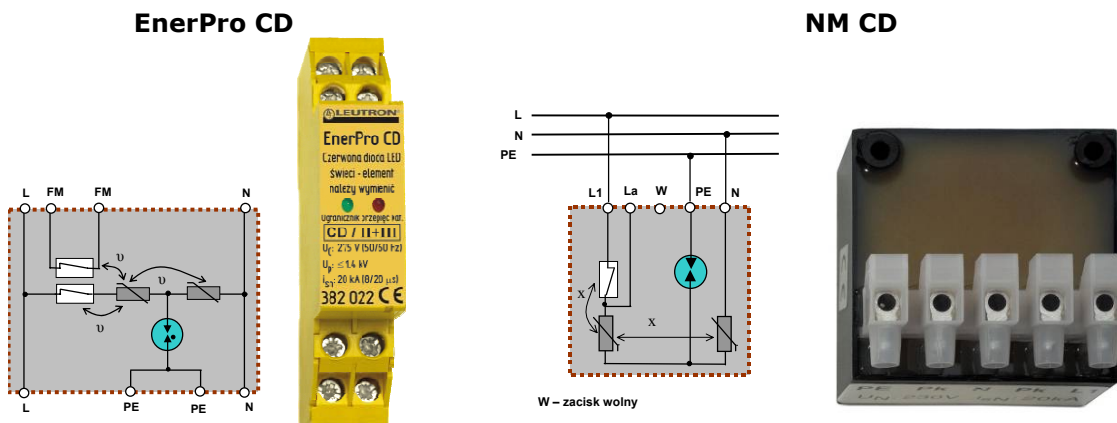


Рис.5.1. Ограничители ,отвечающие требованиям класса II/III

Основные технические параметры ограничителей **EnerPro CD** и **NM CD** даны в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Основные параметры ограничителей класса II/III

ТИП ОГРАНИЧИТЕЛЯ		EnerPro CD	NM CD
Номинальное рабочее напряжение	U_N	230 V / 50 Hz	230 V
Наибольшее продолжительное рабочее напряжение	U_C	275 V / 50 Hz	
Максимальный предохранитель перед ограничителем	I	16 A gL	16 A
Уровень напряжения ограничителя при 1kV/ μ s (L(N) – PE)	U_{as}	$\leq 1400V$	$\leq 1400V$
Напряжения сниженные при протекании номинального тока разряда	U_{res}	$\leq 1400V$	
Номинальный ток разряда (8/20 μ s)	I_N	20 kA	20 kA
Максимальный ток разряда	I_{max}	20 kA	20 kA
Стойкость к ударным токам 10/700 μ s	I_s	500X100A 100x500A	500X100A 100x500A
Области рабочей температуры	ϑ	-25 ⁰ ...+85 ⁰	-20 ⁰ ...+85 ⁰
Монтаж		На шине 35 mm	В устройстве
Каталожный номер		382 022	362 022

Каталожный номер (с отслеживанием работоспособности)		382 023	362 023
--	--	---------	---------

В устройствах электрических промышленных объектов, а иногда и офисных, могут также появиться составляющие высокой частоты, которые могут создавать помехи в электрических устройствах. В таком случае ограничитель класса III должен также защитить от такого рода угроз. Примером такого решения является ограничитель **EnerPro CD 220V F FM**, который содержит систему ограничителей, а также фильтр, снимающий высокочастотные помехи в электрическом оборудовании.

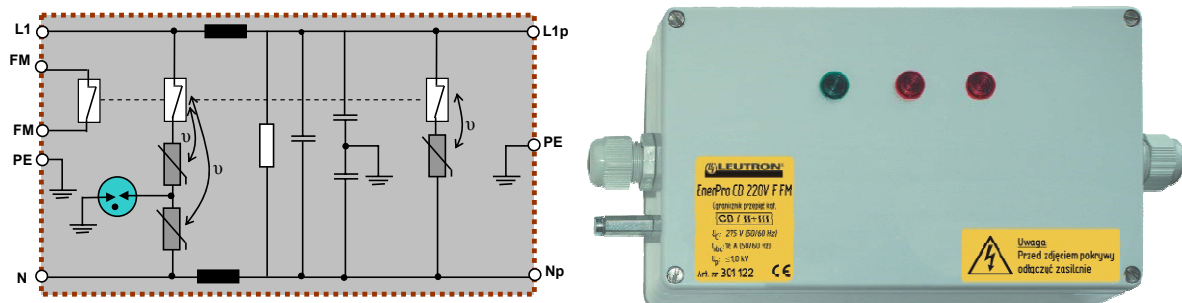


Рис.5.2. Ограничитель класса III типа **EnerPro CD 220V F FM с фильтром** а) электрическая схема , б) общий вид ограничителя

Таблица 5.2. Основные параметры ограничителя *EnerPro CD 220V F FM*

ТИП ОГРАНИЧИТЕЛЯ		EnerPro CD 220V F FM
Номинальное рабочее напряжение	U_N	230 V/50Hz
Наибольшее продолжительное рабочее напряжение	U_C	275V/50Hz
Максимальный предохранитель перед ограничителем	I	16 A gL
Уровень напряжения ограничителя при 1kV/ μ s (L(N) – PE)	U_{as}	$\leq 1000V$
Напряжения сниженные при протекании номинального тока разряда	U_{res}	$\leq 1000V$
Номинальный ток разряда (8/20 μ s)	I_n	15 kA
Максимальный ток разряда	I_{max}	20 kA
Стойкость к ударным токам 10/700 μ s	I_s	500X100A 100x500A
Области рабочей температуры	ϑ	-25 ⁰ ...+85 ⁰
Каталожный номер		301 122

Необходимо принять во внимание, что применяемые в ограничителях **EnerPro CD 220V F FM** элементы защиты от перенапряжений обеспечивают защиту даже от токов разряда, доходящих до 20 кА.