

Особенности и проблемы применения УЗИП для информационных линий в цепях с большим сопровождающим током

Предназначение УЗИП для информационных линий

УЗИП систем передачи данных, управления, контроля и измерения серии DT* (производства АО «Хакель Рос») предназначены в том числе для защиты оборудования линий управления и вторичных цепей питания. В связи с этим данные УЗИП иногда применяют для защиты этих цепей, подбирая устройство по рабочему напряжению и номинальному току линии, когда сечение проводников защищаемой линии позволяет подключиться к клеммам УЗИП. Пример подобного применения УЗИП типа DTNVR 1/24/1,5/1500 (с номинальным током 1,5 А) для защиты вторичной цепи питания 24 В DC со стороны внешней линии приведён на рис. 1.

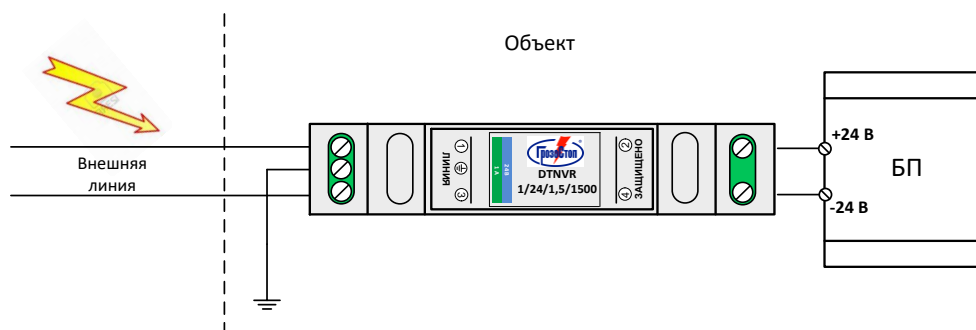


Рис. 1 Защита вторичной цепи питания 24 В DC с помощью DTNVR 1/24/1,5/1500

Это решение обеспечивает такие преимущества, как быстрдействие защиты, широкий диапазон рабочих напряжений УЗИП (от 6 до 350 В) и низкий уровень остаточного напряжения.

Однако при этом необходимо учитывать особенности и режимы работы УЗИП для информационных линий, обусловленные их схемой и применяемыми компонентами, которые налагают определённые ограничения и даже некоторые опасности при их применении в таких цепях, где могут возникать относительно большие токи короткого замыкания.

Схемы и компоненты УЗИП для информационных линий

Требования к эксплуатационным характеристикам устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), применяемых в телекоммуникационных и сигнализационных сетях с номинальным напряжением системы до 1000 В переменного тока и до 1500 В постоянного тока описаны в ГОСТ ИЕС 61643-21-2014. Конструктивно УЗИП является комплектным устройством с выводами для присоединения проводников цепи и содержит в себе как линейные компоненты, так и не менее одного нелинейного компонента для ограничения импульсного перенапряжения.

Стойкость к импульсным перенапряжениям электронных компонентов (микросхемы, транзисторы и т.д.), применяемых в том числе и в оборудовании информационных линий, существенно ниже по сравнению с электротехническим оборудованием (электромагнитные реле, контакторы, двигатели и т.д.). Электронный компонент может быть повреждён воздействием импульса перенапряжения длительностью порядка сотен наносекунд и амплитудой несколько сотен вольт. Поэтому УЗИП для информационных линий обладают более высоким быстрдействием и имеют более низкий уровень остаточного напряжения по сравнению с УЗИП для электрооборудования низковольтных силовых распределительных сетей.

УЗИП для информационных линий как правило включаются в защищаемую цепь последовательно. В зависимости от конструкции, схемы и применяемых компонентов, УЗИП имеют ограничения по номинальному току (т.е. ток, допустимый в цепи) и неизбежно вносят различные дополнительные влияния в информационные линии – активное сопротивление, индуктивность и паразитную ёмкость – которые должны быть минимизированы.

Таким образом, исходя из этих требований, обусловлен выбор схемы (двухступенчатая) и применяемых компонентов УЗИП серии DT*.

Быстродействие (менее 1 наносекунды) и низкий уровень остаточного напряжения УЗИП этой серии обеспечивается применением во второй ступени защиты таких нелинейных компонентов, как защитные диоды (супрессор или TVS-диод), которые переходят в режим лавинного пробоя (срабатывают), когда амплитуда импульса перенапряжения достигнет значения их срабатывания (пробоя), пропуская через себя импульс тока, и ограничивая таким образом амплитуду импульса перенапряжения. Этот пробой является обратимым, т.е. по окончании импульса перенапряжения супрессор возвращается в исходное состояние, если мощность и/или длительность импульса не превысили предельных значений.

Однако пиковая мощность супрессора (в течение микросекунд), которую эти нелинейные компоненты способны рассеять при прохождении через них импульса тока, относительно небольшая и сильно уменьшается с увеличением длительности импульса. Способность УЗИП серии DT* пропускать значительные импульсы тока (до 20 кА 8/20 мкс или до 2,5 кА 10/350 мкс) обеспечивается применением в первой ступени защиты газонаполненных разрядников.

Так как время срабатывания разрядников существенно больше – до 100 наносекунд – времени срабатывания супрессоров, необходимо произвести их согласование. Согласование производится включением между ступенями защиты линейных или нелинейных согласующих элементов (Z1), в качестве которых применяют резисторы (УЗИП линий связи – серия DTR) или дроссели (УЗИП линий управления и контроля – серия DTNVR). Электрическая схема УЗИП серии DT* приведена на рис. 2.

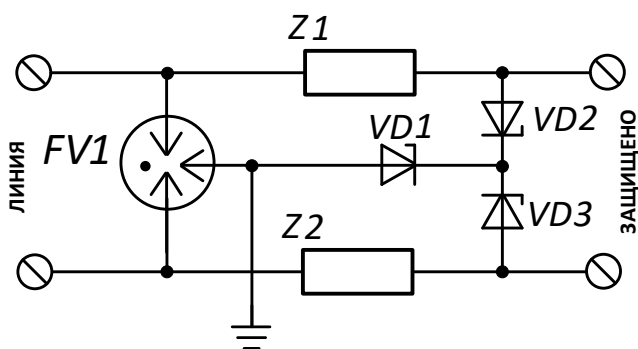


Рис. 2 Схема УЗИП информационных цепей серии DT* с согласующими элементами

Ограничения, особенности и опасности применения УЗИП для информационных линий в цепях с большим сопровождающим током

Сопровождающий ток - параметр, имеющий отношение к разрядникам – это ток, который протекает через разрядник после окончания импульса перенапряжения и поддерживается самим источником.

Для оценки сопровождающего тока, можно сказать, что фактическое значение этого тока стремится к расчётному току короткого замыкания для данной цепи непосредственно в точке подключения входных клемм «Линия» УЗИП. Кроме того, так как источник питания цепи подключается со стороны выходных клемм «Защищено» УЗИП, то для УЗИП серии DTR, сопровождающий ток дополнительно ограничивается согласующими резисторами 2,2

Ом в каждом проводе. Для УЗИП серии DTNVR, где в качестве согласующего элемента применены дроссели, их сопротивлением для цепей вторичного питания постоянного или переменного (50 Гц) тока можно пренебречь.

Таким образом, в данном материале речь идёт о цепях, токи (в т.ч. токи короткого замыкания) в которых могут превышать отключающую способность сопровождающего тока разрядника (Таблица 1). Это в первую очередь цепи вторичного питания и цепи управления с большими рабочими токами.

I. Ограничения по номинальному току

Как указывалось выше, номинальный ток УЗИП для информационных линий имеют ограничения. Для УЗИП, чья схема представлена на рис. 2, номинальный ток в зависимости от типа устройства ограничен (0,25 А; 1 А; 1,5 А; 3 А). При этом необходимо учитывать ток, который возможен в защищаемой цепи в месте подключения УЗИП в аварийной ситуации, например, ток, выдаваемый источником в режиме перегрузки достаточно длительное время.

Для УЗИП серии DTNVR */**/5 на базе варисторов (рис. 3) номинальный ток выше - 5 А, но при этом способность отводить токовые импульсы ограничена - от 2 до 8 кА 8/20 мкс (в зависимости от его рабочего напряжения).

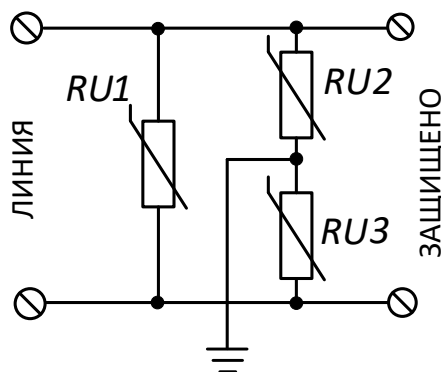


Рис. 3 УЗИП серии DTNVR */**/5

II. Надёжность

2.1. В отличие от УЗИП силовых цепей, которые как правило подключаются к защищаемой цепи параллельно, УЗИП для информационных линий подключается последовательно. Таким образом, обрыв внутренних соединений или согласующих элементов, потеря контакта в клеммах, приведёт к обрыву защищаемой цепи и перерыву в работе защищаемого оборудования.

2.2. Вероятность выхода из строя супрессора существенно выше по сравнению с вероятностью выхода из строя варистора, применяемыми в УЗИП силовых цепей или в УЗИП серии DTNVR */**/5.

III. Особенности и опасности

3.1. При повреждении супрессора (необратимом электрическом пробое), через него будет протекать ток от источника, близкий к току короткого замыкания. Причём для цепи постоянного тока достаточно пробоя одного супрессора (рис. 5). В лучшем случае это приведёт к отключению устройства защиты от сверхтока – предохранителя, автоматического выключателя или внутренней защиты источника. Однако возможна ситуация, когда этот ток или не достигнет номинального тока устройства защиты, или будет близок к нему (переходное сопротивление повреждённого супрессора, сопротивление согласующих элементов, сопротивление проводников защищаемой линии и других компонентов цепи). В этом случае протекающий через повреждённый супрессор ток

приведёт к его разогреву, вплоть до возникновения пожароопасной ситуации. В отличие от УЗИП для силовых цепей, в УЗИП для информационных линий нет терморасцепителей (в т.ч. в УЗИП серии DTNVR */**/5 на базе варисторов), которые могли бы отключить повреждённое устройство от линии, и нет индикаторов и дистанционной сигнализации об их неисправном состоянии. Поэтому повреждённый УЗИП может быть выявлен только тогда, когда защищаемая линия будет отключена вследствие обрыва или короткого замыкания.

3.2. Ограничения по сопровождающим токам связаны с особенностью работы газонаполненного разрядника, включённого в первую ступень защиты УЗИП для информационных линий. Принцип работы разрядников основан на электрическом пробое зазора (искрового промежутка) между электродами при превышении амплитуды напряжения выше определённого уровня (статическое напряжение пробоя).

Динамика работы одноазорного газонаполненного разрядника при воздействии импульса перенапряжения в защищаемой линии с большим сопровождающим током при срабатывании токовой защиты цепи показана на рис. 4.

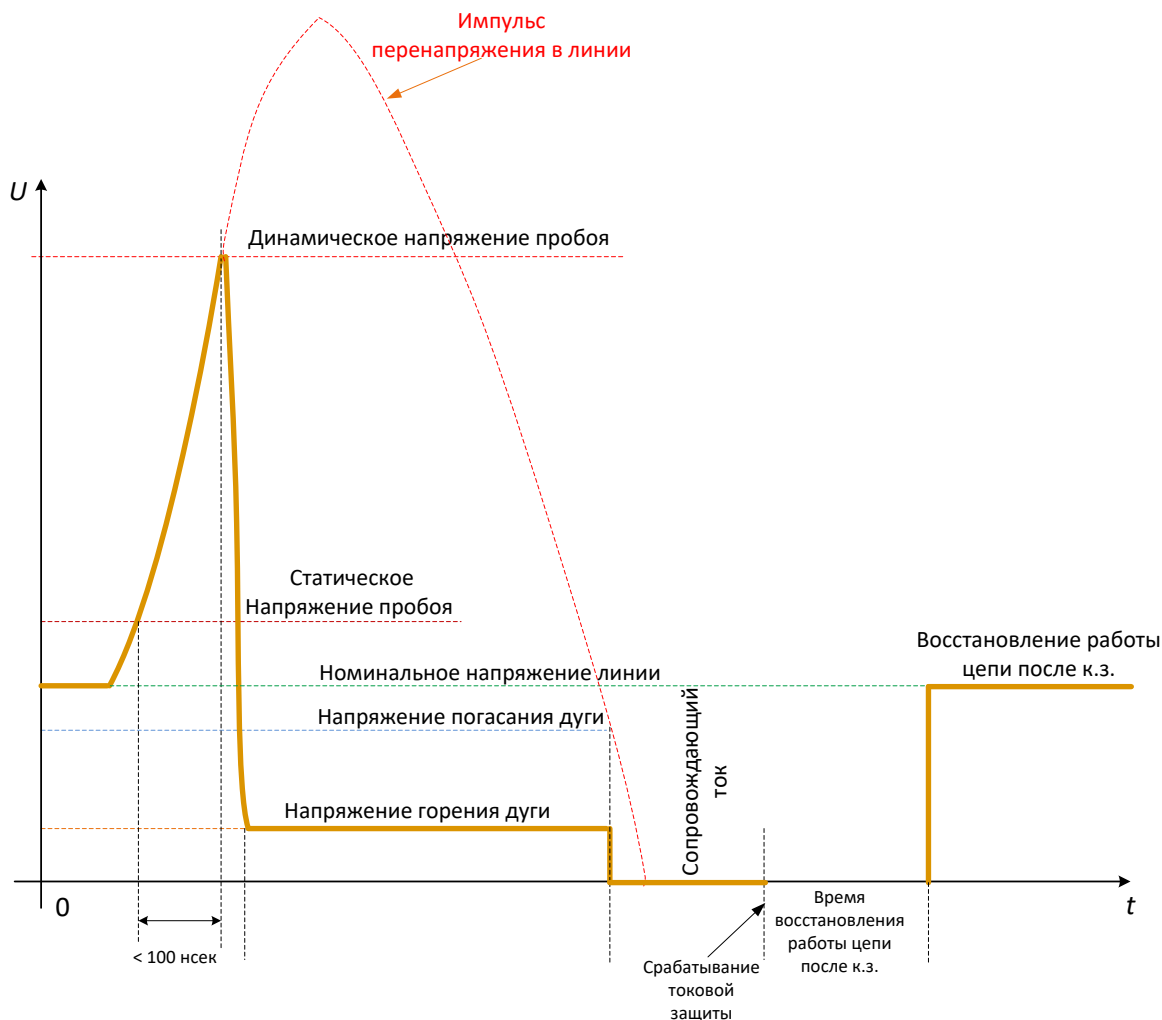


Рис. 4 Диаграмма работы газонаполненного разрядника в защищаемой линии

Амплитуда, которая достигается волной перенапряжения на момент срабатывания разрядника - это его динамическое напряжение пробоя, и зависит оно в том числе и от скорости нарастания фронта импульса. При достижении динамического напряжения пробоя в разряднике происходит ионизация инертного газа и начинает протекать ток. При дальнейшем росте тока в разряднике вспыхивает электрическая дуга, и устройство переходит в режим, близкий к режиму короткого замыкания. На разряднике при этом

остаётся напряжение горения электрической дуги (для разрядников, применяемых в УЗИП информационных линий порядка 10-35 В), которое уже не зависит от величины проходящего импульсного тока. Сопровождающий ток, текущий в этот момент через разрядник вместе с импульсным током, создаёт режим близкий к режиму короткого замыкания (рис. 5).

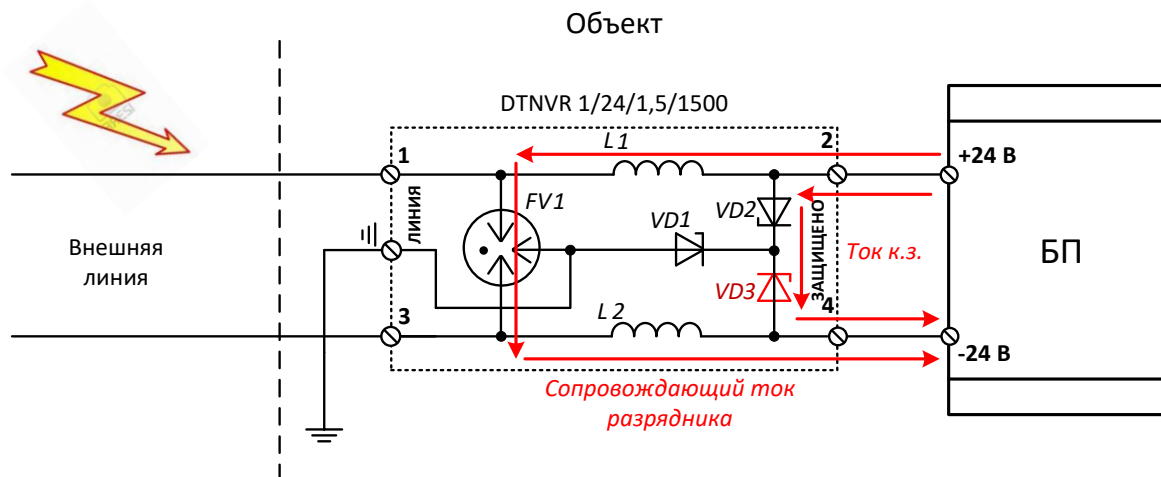


Рис. 5 Прохождение тока к.з. через повреждённый супрессор (VD3) и сопровождающего тока через разрядник

По окончании импульса гашение дуги в разряднике происходит, когда амплитуда напряжения на разряднике уменьшится до уровня погасания дуги (причём это напряжение может оказаться меньше напряжения в защищаемой линии) и сопровождающий ток уменьшится до значения, который разрядник может отключить самостоятельно (номинальная отключающая способность сопровождающего тока).

Процесс гашения дуги сильно зависит от зазора между электродами и от рода тока в защищаемой линии. Гашение дуги разрядника при переменном токе обеспечивается в том числе и его формой (синусоидой) в тот момент, когда амплитуды напряжения и сопровождающего тока переходят уровень погасания дуги. При постоянном токе, когда такого перехода нет, гашения дуги может не произойти. Поэтому отключающая способность сопровождающего постоянного тока разрядника меньше, по сравнению с сопровождающим переменным током.

Таким образом, для разрядников, в т.ч. газонаполненных, ограничения по отключающей способности сопровождающего тока зависят от рода тока в цепи (постоянный, постоянный с переменной составляющей, переменный), от приложенного к ним напряжения и от конструкции разрядника.

Рекомендуемые ограничения по сопровождающим токам, применительно к УЗИП для информационных линий, приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Максимальное длительное напряжение УЗИП U_c		Предельные значения сопровождающего тока			
		Переменный (AC)		Постоянный (DC)	
AC	DC	I (A)	U (B)	I (A)	U (B)
5 ÷ 23 В	7 ÷ 33 В	< 0,5	≤ U_c	≤ 0,5	≤ 24
37 ÷ 96 В	57 ÷ 138 В	≤ 1	≤ 60	≤ 0,5	≤ 24
120 В	170 В		≤ U_c	≤ 0,25	> 24 ÷ ≤ 48
350 В	-	< 0,5	≤ 200	< 0,1	> 48 ÷ ≤ 135

То есть можно сказать, что во вторичных цепях питания и цепях управления с большими рабочими токами (например, управление приводами), особенно в цепях постоянного тока, после срабатывания УЗИП сопровождающий ток может превысить отключающую способность разрядника. В этом случае должна сработать токовая защита цепи, и тут, в зависимости от её схемы, возможны разные последствия.

Если источник имеет встроенную автоматическую токовую защиту от перегрузки, сопровождающий ток вызывает срабатывание этой защиты и отключение источника. После чего происходит автоматическое восстановление работы цепи.

Если источник не имеет встроенной автоматической токовой защиты от перегрузки и короткого замыкания, тогда сопровождающий ток вызовет отключение внешнего аппарата защиты от сверхтока (автоматические выключатели, предохранители, дифференциальные выключатели). Возможна ситуация, когда сопровождающий ток не достигнет порога срабатывания токовой защиты. В этом случае он будет протекать до теплового разрушения разрядника с опасностью его возгорания.

При применении в качестве аппарата защиты от сверхтока автоматического выключателя, в силу его инерционности, тепловое разрушение разрядника может произойти раньше, чем сработает автоматический выключатель. Поэтому в данном случае в качестве аппаратов защиты от сверхтока предпочтительней применение предохранителей. Однако, т.к. номинал предохранителя в данной цепи при применении УЗИП для информационных линий не может быть большим (не более 3 А), это может привести к тому, что предохранитель будет перегорать каждый раз во время прохождения через него сопровождающего тока при срабатывании разрядника в УЗИП, и защищаемое оборудование будет отключаться.

Необходимо так же учесть, что при каждом срабатывании УЗИП в результате прохождения импульса тока, даже если разрядник отключил сопровождающий ток или сработала встроенная автоматическая защита блока питания от перегрузки и короткого замыкания с последующим быстрым восстановлением работы защищаемой цепи, создаются нарушения в качестве передаваемого/принимаемого сигнала или электропитания. На диаграмме 4 это момент между динамическим пробоем разрядника и восстановлением работы цепи после короткого замыкания. Хотя длительность этого процесса может быть невелика - микросекунды или доли секунд в зависимости от скорости восстановления работы источника – к примеру, в цепях электропитания это может вызвать нарушение работы защищаемого оборудования (возможен его уход в перезагрузку), что в итоге сказывается на его работоспособности и функционировании системы в целом (например, охранные системы).

Если токовая защита после срабатывания не восстанавливается автоматически, перерыв в работе оборудования может быть значительным. Особенно критично это может быть на удалённых объектах, где нет обслуживающего персонала.

IV. Рекомендации

4.1. Учитывая свойства и особенности УЗИП для информационных линий с газонаполненным разрядником, они применяются для защиты цепей, где сопровождающих токов нет или они незначительны (Табл. 1) – линии связи, измерения, контроля, цифровые интерфейсы и т.п. Подобные УЗИП для информационных линий с номинальными токами и напряжениями, превышающими эти значения ($I_L = 1; 1,5; \text{ и } 3 \text{ А}$), можно применять в цепях с большими сопровождающими токами в том случае, когда источники питания (особенно постоянного тока!), имеют автоматическую защиту от перегрузки и короткого замыкания, с последующим автоматическим восстановлением его работы, а также в цепях, где нарушения качества сигнала или электропитания при срабатывании УЗИП не критичны. Причём, во избежание аварийных режимов работы УЗИП рекомендуется, что бы номинальный ток источника питания цепи не превышал номинальный ток УЗИП, или был максимально близким к нему.

4.2. Для УЗИП серии DTNVR */**/5 на базе варисторов нет ограничений по сопровождающим токам. Но в силу ограниченности этих УЗИП отводить токовые импульсы (2 – 8 кА 8/20 мкс), для их применения может понадобиться анализ электромагнитной обстановки на защищаемом объекте. Данные УЗИП можно применять только для защиты цепей, где нет внешних линий, т.е. проходящих на объект извне, которые могут подвергаться грозовым воздействиям, или если в цепи не ожидаются коммутационных или наведённых (индуцированных) перенапряжений, которые превысят стойкость УЗИП. Источником таких перенапряжений могут быть рядом проходящие силовые линии или оборудование с большими токами (пусковые, рабочие или токи к.з.).

4.3. В остальных случаях для защиты цепей с большими сопровождающими токами (например, цепи вторичного питания) рекомендуется применять УЗИП силовых цепей класса испытаний II на основе варисторов. УЗИП при этом подключается на вводе в объект (здание, блок-бокс, шкаф и т.п.) внешней линии.

Для двухпроводной цепи рекомендуется УЗИП серии ГСВ2-*/40 2+0 (С) (рис. 6). УЗИП данной серии можно подобрать по номинальному напряжению цепи.

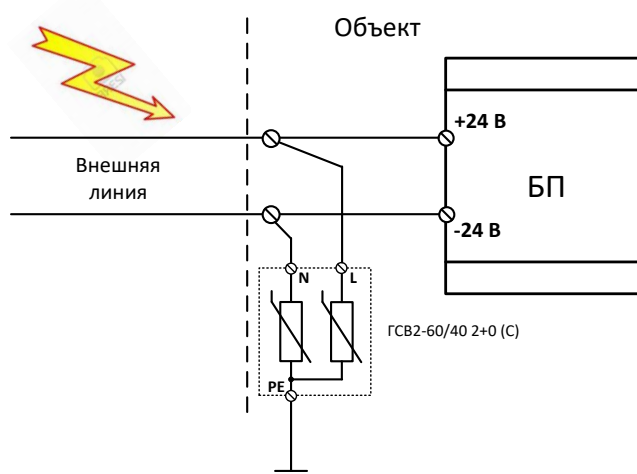


Рис. 6 Схема защиты на основе ГСВ2-60/40 2+0 (С) для цепи (24 В DC) с большим сопровождающим током

Для изолированных цепей, где недопустимы утечки на землю или есть контроль изоляции, рекомендуется применить Т-образную схему защиты для изолированных цепей, собранную на основе УЗИП серии ГСВ2-*/40 2+0 (С) и ГСГ2-230/20 (С) (рис. 7).

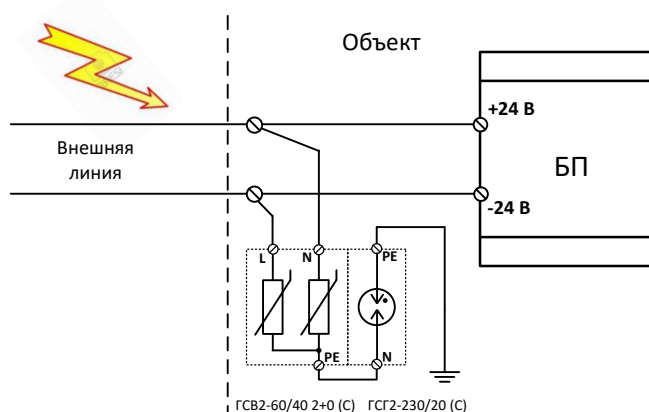


Рис. 7 Т-образная схема защиты изолированной цепи 24 В DC с большим сопровождающим током на основе ГСВ2-60/40 2+0 (С) и ГСГ2-230/20 (С)

УЗИП серии ГСВ2-*/40 2+0 (С) так же подбирается по номинальному напряжению цепи.

4.4. Так как УЗИП класса II устанавливается при вводе в объект внешней линии, возможна ситуация, когда защищаемое оборудование находится на удалении более 10 м от этого места (по длине проводников). В этом случае защищаемое оборудование оказывается вне зоны защитного расстояния УЗИП и на него могут воздействовать колебания или блуждающие волны, вызванные разрядными импульсами (остаточное напряжение УЗИП на вводе или источники помех на самом объекте), а также индуктивностью проводников и ёмкостью самого защищаемого оборудования (ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011). Амплитуда этих волн может оказаться опасной для чувствительного оборудования. Поэтому может понадобиться дополнительная ступень защиты – УЗИП класса III серии ГСДЗ-*/IT, включаемый к клеммам защищаемого оборудования или в непосредственной близости от него (рис. 8).

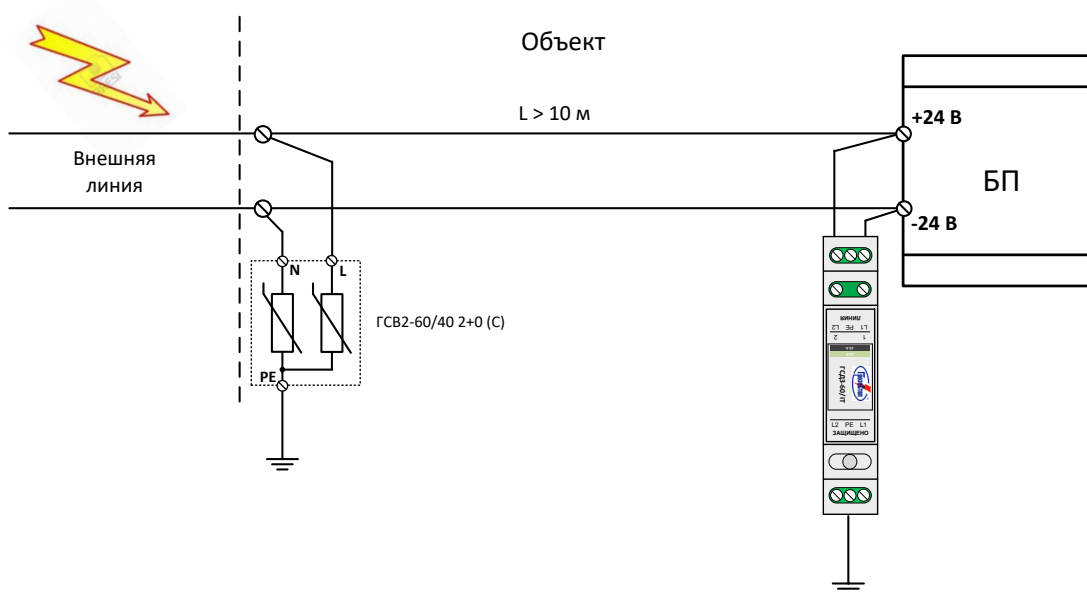


Рис. 8 Двухступенчатая схема защиты

Номинальное напряжение ГСДЗ-*/IT при этом должно соответствовать номинальному напряжению УЗИП первой ступени защиты (на вводе в объект).

Когда цепь не имеет внешних линий, т.е. все участки цепи находятся внутри объекта (внутренние линии), то при протяжённых внутренних линиях (десятки метров), и/или когда внутри объекта есть источники импульсных перенапряжений (силовые линии, коммутационные процессы силового оборудования), для чувствительного оборудования может понадобиться защита. Для этих целей рекомендуется УЗИП класса III серии ГСДЗ-*/IT, включаемое непосредственно возле защищаемого оборудования или к его клеммам (рис. 9).

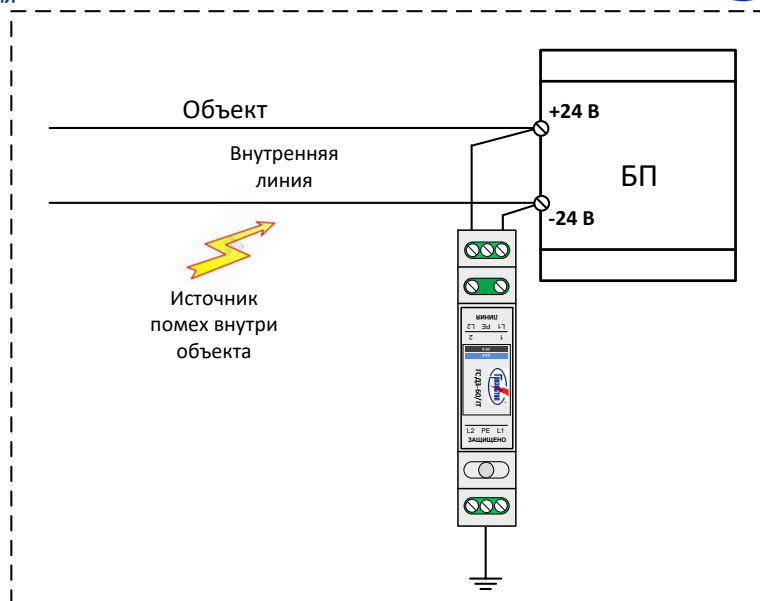


Рис. 9 Защита чувствительного оборудования с помощью УЗИП класса III серии ГСДЗ-*/IT

Номинальное напряжение ГСДЗ-*/IT при этом должно соответствовать номинальному напряжению линии (в диапазоне от 24 до 230 В).

Литература:

1. ГОСТ IEC 61643-21-2014 Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 21. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединённые к телекоммуникационным и сигнализационным сетям. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний.
2. ГОСТ Р 53539-2009. Устойчивость коммутационного оборудования электросвязи к перенапряжениям и сверхтокам. Общие технические требования.
3. Рекомендация МСЭ-Т (ITU-T) К.12. Характеристики газоразрядных трубок, предназначенных для защиты установок электросвязи.
4. Технические материалы АО «Хакель Рос».