

ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗАЩИТЫ УСТРОЙСТВ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ*

(Окончание. Начало см. «АСИ», 2010 г., № 3)



М.Б. ЗИНГЕР,
начальник Вологодского
отделения ПКБ ЦШ

На страницах журнала «Автоматика, связь, информатика» (2008 г., № 12, 2009 г., № 7, 8) рассматривались проблемы построения эффективной системы защиты устройств ЖАТ от перенапряжений. Реальный эффект от ее создания на базе современных аппаратных средств можно получить только при комплексном подходе. Одними из наиболее серьезных проблем при реализации такого подхода являются несогласованность параметров защиты по высоковольтной и низковольтной сторонам вследствие ведомственной разобщенности, а также отсутствие в устройствах ЖАТ промышленной системы заземлений.

■ Следует сказать, что **плавкие вставки (предохранители)**, являющиеся неотъемлемой частью схем защиты от перенапряжений, – это отдельная проблема. Современный подход к ней можно рассмотреть на примере керамических предохранителей для промышленного использования.

Важнейшим их параметром является временная характеристика срабатывания. По современной классификации промышленные керамические предохранители выпускаются четырех видов:

с временной задержкой (time lag, slow acting) предназначены, как правило, для защиты устройств, имеющих большие токи при включении или вследствие кратковременных переходных процессов. Они имеют маркировку Am, TDZ или стилизованное изображение улитки;

без временной задержки (Standart fuses) маркируются буквами gG/GI и gTr;

быстрые (Quick acting), применяющиеся, как правило, в цепях управления и маркируются F, flink;

сверхбыстрые (ultra rapid) маркируются uberflink, silized, FF, gR, aR, gS, DZ и используются в цепях защиты электронных устройств.

Основные усредненные параметры вышеупомянутых предохранителей для диапазона 4–10 А, приведенные в табл. 1, позволяют получить представление об их специализации.

Применяющиеся в устройствах ЖАТ предохранители представляют собой прибор неизвестного класса с непонятными временными характеристиками и используются для защиты всех без разбора схем. К тому же доступ воздуха к плавкой вставке резко снижает их надежность (особенно с номиналом от 3 А и ниже) и приводит к эпизодическим перегораниям при исправных устройствах.

Очевидно, что, по крайней мере, для защиты микропроцессорных устройств ЖАТ следует применять серийно выпускаемые предохранители промышленного применения, имеющие гарантированное время срабатывания и гарантированный срок эксплуатации.

Использование предохранителей с временной задержкой на срабатывание (time lag) в действующих релейных системах ЭЦ в ряде случаев позволило бы избежать перегораний предохранителей при штатных переключениях фидеров или кратковременных возмущениях со стороны питающих электросетей.

Возможность визуального контроля состояния плавкой вставки является сомнительным достоинством, поскольку осматриваются они эпизодически и все равно дополняются устройствами контроля их перегорания (к слову сказать, недостаточно надежными). К тому же механическая система контроля целостности плавкой вставки в процессе эксплуатации приводит к снижению надежности предохранителя. Отсутствие в технических данных этих предохранителей временных характеристик срабатывания затрудняет расчет селективности и эффективности токовой защиты в целом по релейной. Именно низкая надежность суще-

Таблица 1

Кратность превышения $I_{ном}$		Время срабатывания предохранителей			
		сверхбыстрое	быстрое	без временной задержки	с временной задержкой
2,1	max	30 мин	30 мин	30 мин	30 мин
2,75	max	100 мс	1,5 с	2 с	8 с
	min	10 мс	150 мс	200 мс	1 с
4	max	25 мс	300 мс	400 мс	5 с
	min	1 мс	50 мс	80 мс	150 мс
10		менее 15 мс	50 мс	80 мс	100 мс

* Печатается в порядке обсуждения.

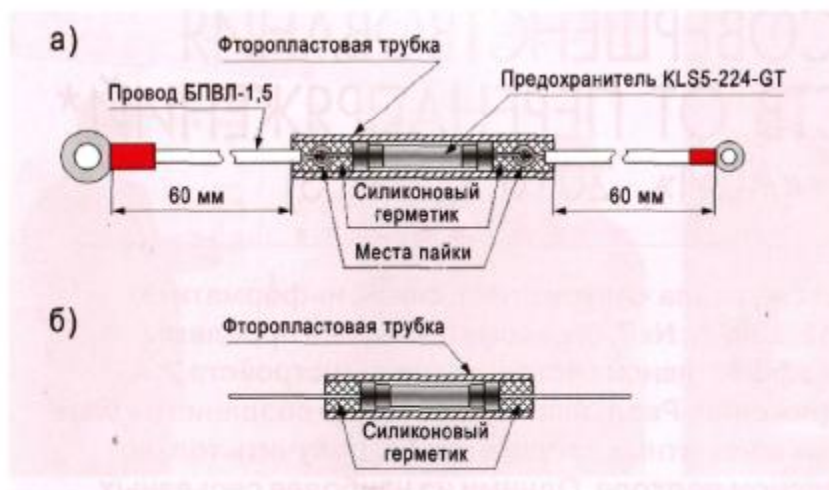


РИС. 1

ствующих предохранителей привела, по мнению автора, к появлению схемных решений и устройств для их резервирования, но дублирование при наличии явной причины перегорания бессмысленно.

Следует отметить, что ведущими фирмами-изготовителями современных плавких предохранителей также предлагаются и системы контроля их перегорания. В характеристиках приборов защиты от перенапряжений зарубежными фирмами обязательно указываются тип и методика расчета номинала плавкого предохранителя для его защиты при нештатных срабатываниях.

Учитывая то, что применяемые в устройствах ЖАТ приборы УЗИП отечественного производства не имеют функции автоматического отключения при прожоге варистора, использование плавкого предохранителя в его цепи видится обязательным – есть масса примеров возгораний устройств СЦБ по этой причине. Кроме того, практика размещения УЗИП непосредственно на стивах релейной к тому же без каких-либо защитных конструктивов является, по мнению автора, в корне неправильной. Приборы защиты должны монтироваться в отдельных несгораемых конструктивах в местах, максимально приближенных к точкам ввода на пост ЭЦ защищаемых линий.

Развивая тему токовой защиты устройств ЖАТ, нельзя не упомянуть проблему защиты кабельной сети и монтажа устройств ЖАТ при аварийных ситуациях в контактной сети (к примеру, коротких замыканий из-за перекрытия изоляторов или падения контактного провода на напольные объекты СЦБ) при явных упущениях в содержании автоматической защиты по высоковольтной стороне. В последнее время на сети дорог по этой причине произошли случаи отказов с тяжелыми последствиями. И хотя вины эксплуатационного штата дистанций СЦБ в этом нет, устранять последствия таких отказов приходится эсцбистам.

Сама по себе проблема не нова. С ней постоянно приходится сталкиваться владельцам разветвленных кабельных сетей, находящихся в зоне влияния силовых (высоковольтных и низковольтных) кабельных линий электропередач. В качестве примера можно привести АТС – в них на уровне кросса защищается каждая пара со стороны поля. И в защитных модулях, кроме схемы защиты от импульсных перенапряжений, в обязательном порядке есть токовая защита, как правило, без возможности автоматического повторного включения. Кабельные сети и монтаж устройств

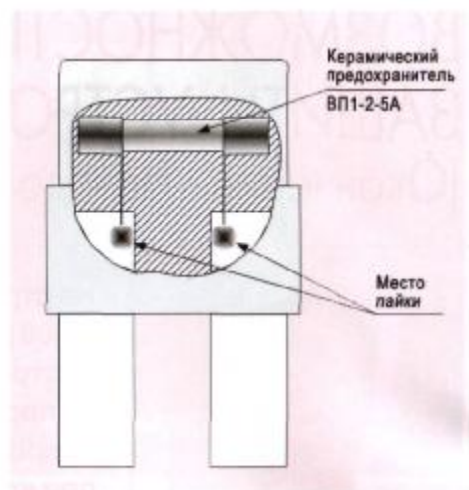


РИС. 2

ЖАТ в этом плане полностью беззащитны – «результаты» очевидны. Кардинально решить эту проблему, по мнению автора, можно следующими способами.

Каждую рабочую сигнальную жилу и, соответственно, монтаж нужно защитить со стороны напольных устройств на уровне кросса керамическим предохранителем типа KLS5-224-GT с медленным срабатыванием, имеющим аксиальные выводы (под пайку) и габарит корпуса 32x7 мм. Примерные конструктивы для размещения этих предохранителей в устройствах ЖАТ в напольных устройствах и на кроссе показаны на рис. 1, а и б соответственно. Температурный диапазон эксплуатации такого предохранителя –55 ... +125°C, виброустойчивость соответствует самым жестким стандартам, расчетный срок эксплуатации – 20 лет. Исходя из сечения защищаемых жил, стативного монтажа и максимальных рабочих токов, востребован, судя по всему, будет номинал 8–10 А, что заведомо значительно выше номинала рабочих предохранителей в релейной.

В качестве защитного корпуса предохранителя предлагается использовать фторопластовую полупрозрачную трубку Ф-4Д 10x1,5 с температурным диапазоном –60 ... +250°C и устойчивостью к самым агрессивным химическим средам. С торцов трубка заделывается специализированным герметиком и одновременно фиксируются выводы предохранителя.

Как вариант, для кроссовых стативов может быть использован конструктив дужки с размещением в нем предохранителя (рис. 2). В таком случае установка токовой защиты сводится к замене соединительных

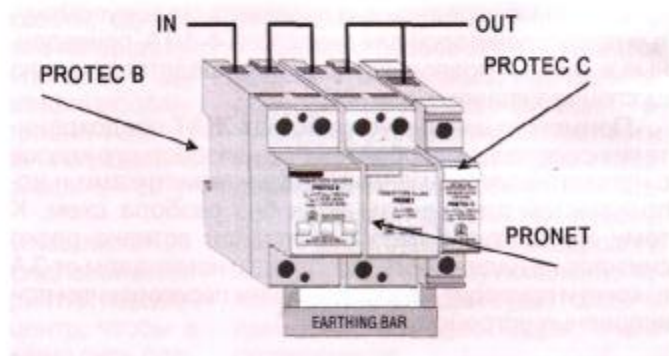


РИС. 3

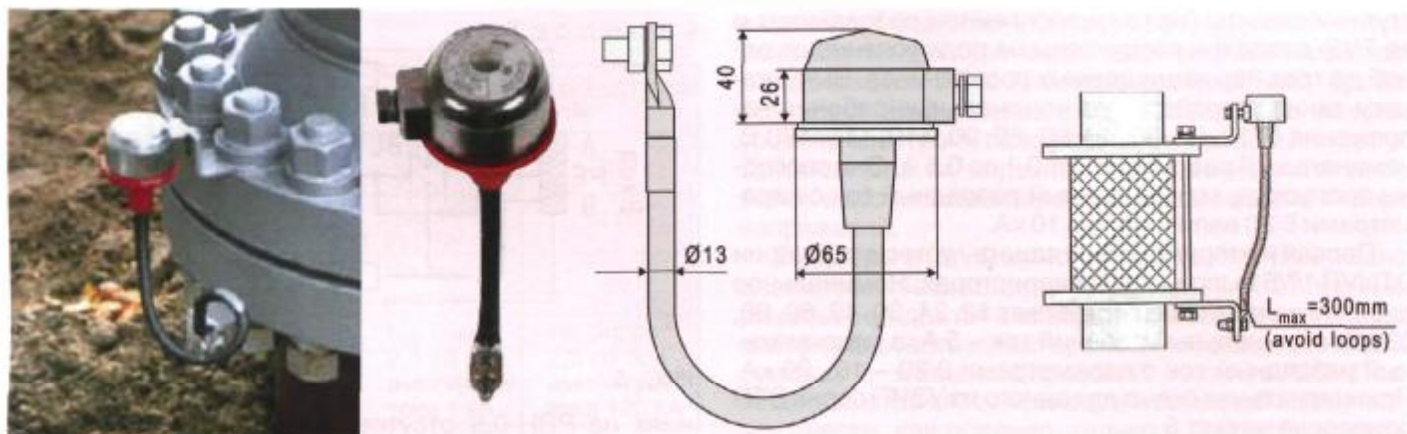


РИС. 4

дужек. Недостаток предлагаемого метода – отсутствие сигнализации срабатывания предохранителей.

Для защиты на уровне кросса также можно использовать малогабаритные автоматические выключатели с индикацией срабатывания, размещаемые со стороны монтажа на специальном конструктиве. В качестве примера можно назвать тип Circuit breaser (384-3); 8,0 А (11х19х33 мм) с разрывающей способностью 40 А при времени срабатывания 1–2 с. Но этот вариант однозначно будет более дорогим по сравнению с предыдущим.

Двухсторонняя токовая защита устройств ЭЦ со стороны кабельной сети даст высокую степень гарантии сохранности последних при аварийных ситуациях с контактной сетью.

За рубежом выпускаются ряды **устройств защиты от импульсных перенапряжений** на базе мощных варисторов с необходимым защитным уровнем (например, PROTEC B, PROTEC B2, PROTEC C), предназначенных для установки во всех зонах с уровнем защиты в соответствии с принятой классификацией допускаемых перенапряжений в электроустановках. Часть из них выполнена по двухмодульной или одномодульной схеме. Все они имеют функцию аварийного отключения поврежденного модуля, визуальную индикацию срабатывания термовыключателя и большинство – дистанционную сигнализацию.

К номенклатуре таких УЗИП относятся также **разделительные дроссели**, например, типа PRONET (максимальный ток до 35 А) и PI-L (рабочие токи 16, 32, 63 и 120 А) с индуктивностью 15 мкГн. Они предназначены для соединения смежных устройств защиты при многокаскадной схеме с целью обеспечения корректного (поочередного) срабатывания каскадов. Подключение таких дросселей показано на рис. 3.

Использование УЗИП с таким конструктивом позволит организовать эффективную эксплуатацию систем защиты с минимизацией эксплуатационных затрат. Кроме того, практически все они имеют ремонтпригодную конструкцию. Следует отметить, что несгораемый материал корпуса устройств защиты различных фирм-производителей не отменяет необходимости защитных кожухов. Существуют такие факторы, как ударная волна и осколки при нештатных высокоэнергетических срабатываниях устройств защиты, способные серьезно повредить монтаж и оборудование. Кроме того, УЗИП основных ведущих зарубежных разработчиков (в соответствии со стандартами) в обязательном порядке проходят испытания на нагрев при длительном воздей-

ствии токов, вызванных отдельными видами перенапряжений, что значительно снижает их пожароопасность.

Многими зарубежными фирмами выпускаются **разрядники**, предназначенные для выравнивания потенциалов между различными частями оборудования и элементами металлоконструкций. По мнению автора, они могут заменить крайне ненадежный искровой промежуток ИПМ-62 – устройство непонятного класса с непонятными параметрами, часто являющегося источником повреждений, самое характерное из которых – устойчивое короткое замыкание искрового промежутка при сильноточных пробоях. Для замены ИПМ-62 можно использовать, например, приборы серии EXFS, имеющие в основе угольный многозачерный искровой промежуток, исключающий указанный недостаток. Внешний вид таких разрядников и способ крепления показаны на рис. 4. Их основные параметры таковы:

номинальный разрядный ток (8/20) – 100 кА;

импульсный ток молнии (10/350) – 50 кА;

переменное напряжение пробоя (50 Гц) – 1,2 кВ;

напряжение пробоя тока молнии (1,2/50) – 2,5 кВ.

Принципы защиты линейных цепей устройств ЖАТ, изложенные в действующих руководящих и методических указаниях, не предусматривают каскадный принцип построения защиты в пределах одного устройства. Они реализуются на имеющейся отечественной элементной базе (РВНШ, ВОЦН, РКВН и др.) с использованием в качестве продольного трансформатора, как правило, типовых СТ-4 или СТ-5 для подавления синфазных помех. Следует отметить, что вследствие неравенства параметров их обмоток компенсировать импульс перенапряжения невозможно. Обмотки лишь выполняют роль катушек индуктивности, что делает схему защиты неэффективной (см. РУ-90, схема 9).

Для защиты от продольной волны перенапряжения («земля» – «провод») обычно применяются разрядники РКВН-250, а от поперечного перенапряжения («провод» – «провод») – выравниватели типа ВОЦН-220 (ВОЦН-110).

Сегодня зарубежные фирмы выпускают специализированные **УЗИП для защиты линий передачи данных и сигнальных линий**, имеющие, в том числе, встроенный фильтр для защиты чувствительной электронной аппаратуры от высокочастотных и импульсных помех. В качестве примера можно привести устройства типа DTR, DTNVR, DTNVH, предназначенные для защиты линейных цепей. Они размещаются в корпусе для крепления на 35 мм DIN-рейку, имеют две

ступени защиты (на газонаполненных разрядниках и на TVS-диодах) и рассчитаны на подключение от одной до трех пар защищаемых проводников. Выпускаются такие устройства на номинальные рабочие напряжения 6, 12, 24, 30, 48, 60, 80, 90, 110, 115, 170 В, номинальный рабочий ток от 0,1 до 0,5 А. Они способны пропускать максимальный разрядный ток с параметрами 8/20 величиной до 10 кА.

Первая и вторая ступени защиты устройства серии DTNVR */*/5 выполнены на варисторах. Номинальное рабочее напряжение составляет 12, 24, 30, 48, 60, 80, 230 В, номинальный рабочий ток – 5 А, а максимальный разрядный ток с параметрами 8/20 – 10...20 кА. Принципиальная схема для одного из УЗИП серии DTR приведена на рис. 5.

Следует отметить такой класс приборов, как **помехоподавляющие фильтры серии PI-k** со встроенными УЗИП класса III. Они представляют собой двухступенчатое однофазное или трехфазное устройство для защиты чувствительного электронного оборудования от высокочастотных помех и импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах переменного и постоянного тока. В конструкции фильтра применяются высококачественные ферромагнитные сердечники, обладающие очень высокой магнитной проницаемостью (более 8000). Принципиальная схема одного из таких фильтров приведена на рис. 6.

Их целесообразно использовать для избирательной защиты, к примеру, приемников и генераторов тональных рельсовых цепей и управляющих вычислительных комплексов в качестве последнего каскада защиты. Это особенно актуально в случае питания устройств от линий ДПР или ВЛ, имеющих высокий уровень помех самого широкого спектра.

Вышеупомянутые устройства также снабжены внутренними терморасцепителями, которые срабатывают при повреждении (перегреве) варисторов. Индикация состояния терморасцепителей осуществляется с помощью сигнальных кнопок на корпусе устройства и дистанционной сигнализации (переключением «сухих» контактов).

Развивая тему защиты от перенапряжений, нельзя не упомянуть такой класс УЗИП, как **грозоразрядники**, предназначенные для установки в пределах $0_A - I$ зон молниезащиты. Они имеют в основе своей конструкции многозачорные угольные искровые разрядники специальной конструкции, обеспечивающие эффективное гашение сопровождающих токов большой величины. Этот класс разрядников можно рассмотреть на примере серии HAKELSTORM, сравнивая параметры не самого мощного разрядника HS55 с параметрами разрядника РВН-0,5, используемого для защиты на уровне ЦВП.

Как видно из табл. 2, импортный разрядник обеспечивает аналогичный уровень защиты при несопоставимо больших величинах амплитуд разрядных токов с параметрами 8/20, чем у РВН-0,5. Полноценное сравнение довольно проблематично, поскольку в справочных сведе-

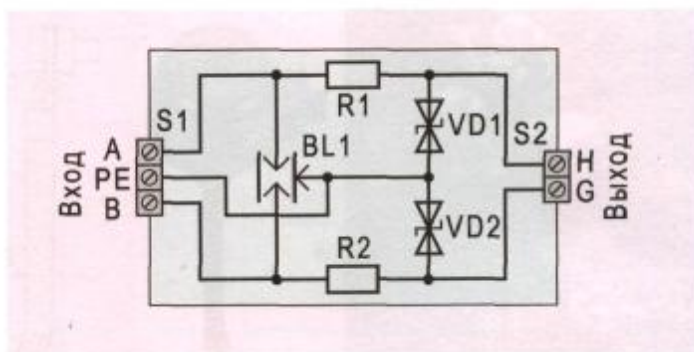


РИС. 5

ниях на РВН-0,5 отсутствуют данные о защитном уровне для импульсов тока с параметрами 10/350 – несоизмеримо более тяжелом режиме, чем при параметрах 8/20.

Ограничители перенапряжений ОПН-П1-0,38, которые сейчас устанавливаются на вводе в ЦВПУ, по своим параметрам также не могут конкурировать с современными УЗИП зарубежного производства.

Необходимо отметить, что для разработчиков грозоразрядников, имеющих в своей основе искровые разрядники, заявлять параметр «время срабатывания прибора» весьма проблематично вследствие наличия ряда объективных факторов, влияющих на величину этого параметра. Тем более ценно, что практически все ведущие зарубежные фирмы-изготовители указывают гарантированное максимальное время их срабатывания. Это позволяет разрабатывать более эффективные схемы защиты с их использованием.

Так, для грозоразрядников серии HAKELSTORM этот параметр не превышает 100 нс, что является очень хорошим показателем. Использование разрядников, имеющих в своей основе искровой промежуток, в качестве основного прибора защиты для зон 0_A и 0_B , видимо, предпочтительней, поскольку они обеспечивают значительно большее по сравнению с варисторным УЗИП энергопоглощение при наличии гальванической развязки с защищаемым устройством.

Кроме того, следует отметить, что в зарубежных промышленных системах защиты широкое распространение находят **устройства защитного отключения, управляемые дифференциальным, т. е. оста-**

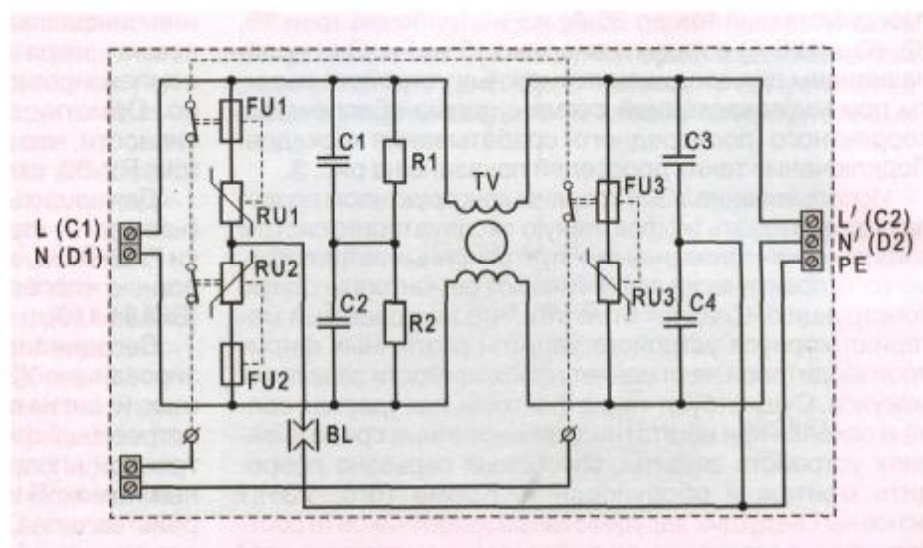


РИС. 6

Таблица 2

Тип разрядника	PBH-0,5	HAKESTORM HS55
Номинальное рабочее напряжение, В	500	400
Максимальное рабочее напряжение, В	Не нормируется	440
Максимальный импульсный разрядный ток (10/350), кА	Не нормируется	60
Защитный уровень с параметрами тока (8/20)	Не более 2,5 кВ при амплитуде тока 1 кА	Не более 2,5 кВ при амплитуде тока 120 кА
Время срабатывания	Не более 2 мкс	Не более 120 нс

точным, током (УЗО-Д). Их действие основано на принципе равенства токов в прямом и обратном проводах дифференциального датчика-трансформатора, создающих равные и противоположно направленные магнитные потоки, компенсирующие друг друга. При появлении дифференциального тока (тока утечки на заземленные элементы через поврежденную изоляцию токоведущих частей) равенство магнитных потоков в магнитопроводе датчика нарушается. Если значение дифференциального тока окажется достаточным для создания с помощью катушки расцепителя магнитного потока в ярме, то произойдет сброс механизма управления – выключатель отключится.

Достаточно часто такие устройства дополняются защитой от сверхтоков. Они известны как диффавтоматы (рис. 7) и выпускаются в вариантах для двухпроводных и трехфазных цепей.

По сути УЗО-Д выполняют роль сигнализатора заземления с функцией автоматического отключения защищаемых устройств. Их применение в устройствах ЖАТ видится вполне оправданным в случае правильного подхода к выбору тока уставки (срабатывания). Внедрение этих приборов помогло бы в ряде случаев избежать возникновения пожароопасных ситуаций, связанных с нарушением схемы электрических соединений в цепочке КТП – ЩВП – ПВ и созданием обходных цепей.

Следует отметить, что все ведущие разработки УЗО при определении необходимых параметров ориентируются на систему заземления TN-C-S, как наиболее перспективную сегодня. Во вводно-распределительном устройстве электроустановки совмещенные

в одном проводнике (PEN) нулевой защитный и нулевой рабочий проводники при такой системе разделены и называются PE и N соответственно (рис. 8). Это позволяет в комплексе с УЗО обеспечить высокий уровень электро- и пожаробезопасности в электроустановках без их коренной реконструкции, а также более высокие характеристики схем защиты от перенапряжений.

Подводя итог, можно отметить, что имеющаяся элементная база защиты устройств ЖАТ от перенапряжений нуждается в совершенствовании и не позволяет реализовать концепцию зонной защиты. Используемые в железнодорожной технике УЗИП по общепринятой классификации в основной массе можно отнести, как правило, только к III классу защиты. Полностью отсутствуют приборы для установки в зонах 0_A и 0_B , практически нет приборов для установки в зоне защиты I.

Схемотехнические решения, прописанные в действующих РУ и типовых материалах по проектированию устройств ЖАТ, совершенно неэффективны применительно к микропроцессорным устройствам, малоэффективны применительно даже к релейным системам и не отвечают требованиям современных стандартов.

Сама технология монтажа и размещения приборов УЗИП в устройствах ЖАТ на сети российских железных дорог также резко снижает эффективность схем защиты от перенапряжений.

При этом современная элементная база ведущих мировых производителей позволяет собрать, как из конструктора, эффективную систему защиты от перенапряжений любой степени сложности с любым количеством каскадов и обеспечить мониторинг ее функционирования. Параметры систем защиты при этом будут полностью согласовываться с параметрами защищаемой аппаратуры всех классов. К тому же не потребуется разрабатывать уникальные приборы УЗИП и конструкции применительно к устройствам ЖАТ на сети дорог России.

На зарубежной элементной базе широкого спектра во всем мире собираются системы защиты от перенапряжений для разнообразных промышленных систем, включая системы АСУ самой высокой степени ответственности.

Поскольку защита устройств ЖАТ от перенапряжений со стороны фидеров электропитания и линейных цепей никаких серьезных особенностей не имеет, в них, по мнению автора, вполне допустимо использовать сертифицированную элементную базу УЗИП без



РИС. 7

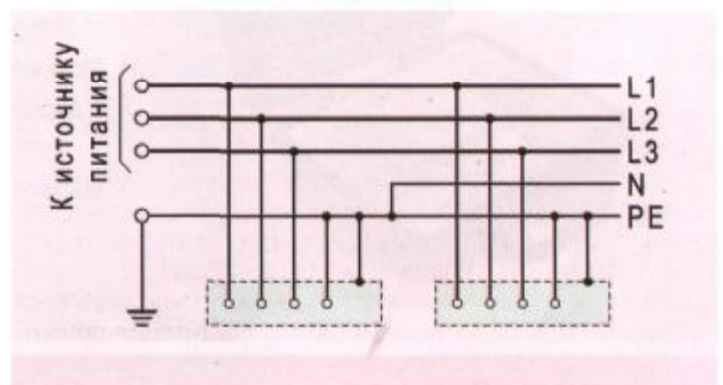


РИС. 8

многолетних испытаний и специальных разрешительных документов, что является стандартной практикой за рубежом. При разработке новых схмотехнических решений грозозащиты целесообразно ориентироваться на серийно выпускаемую элементную базу УЗИП и соответствующие аксессуары. Следует отметить, что модернизированная схема защиты от перенапряжений микропроцессорной системы автоблокировки КЭБ-2, внедряющейся на сети дорог, создана как раз на такой базе с использованием современной схмотехники и, по мнению автора, является одной из самых эффективных в отечественных устройствах ЖАТ. Так что же мешает использовать аналогичный подход в других системах как строящихся, так и находящихся в эксплуатации?

Представляется вполне допустимым в руководящих указаниях по защите устройств от перенапряжений приводить только:

общие схемы защиты устройств ЖАТ с использованием упомянутой элементной базы;

разбивку по зонам без указания конкретных типов приборов защиты;

пути проникновения перенапряжений и нормированные токи для этих путей;

категории и нормы допускаемых перенапряжений (продольных и поперечных) для существующих устройств ЖАТ;

перечень разрешенных к применению УЗИП и аксессуаров исходя в первую очередь из однотипности и унификации для всей сети дорог.

Следует отметить, что проектирование системы защиты от перенапряжений должно выделяться в отдельный раздел проекта.

С учетом таких изменений специалистам проектных институтов нужно будет только выбрать конкретный тип УЗИП (класс, уровень защиты и время срабатывания, а также число необходимых каскадов, применение соединительных дросселей и др.) с учетом результатов обследования участка проектирования, особенностей проектируемой системы ЖАТ и электроснабжения, мнения служб автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения.

При новом проектировании целесообразно применять только промышленные системы заземления типа TN-C-S. Плановым порядком переделывать системы заземлений постов ЭЦ на этот тип с одновременным усилением (и дублированием) рабочего нулевого проводника.

По мнению автора, работы по определению необходимых (согласованных) параметров защиты по высоковольтной и низковольтной сторонам систем электроснабжения должны быть включены в план НИОКР. Службам автоматики и телемеханики целесообразно предоставить права на принятие самостоятельных решений по усилению мощности схем защиты от перенапряжений (увеличение числа каскадов защиты и замены УЗИП на более мощные) в рамках, разрешенных руководящими и методическими указаниями, разрабатываемыми в настоящее время.

Еще один важный вопрос, требующий срочного решения, — организация в РТУ дистанций объективной проверки параметров УЗИП с использованием специализированных генераторов нормированных импульсов тока.



РАДИО-СЕРВИС
научно-производственная фирма

www.radio-service.ru

ПРВ-01

измеритель параметров разрядников и выравнивателей



- Измерение напряжения пробоя разрядников типа РКН, РКВН, РВНШ на постоянном токе и переменном токе от 100 до 1250 В
- Измерение тока утечки, коэффициента нелинейности и квалификационного напряжения выравнивателей типа ВОЦН, ВОЦШ, ВК
- Возможность работы в полевых условиях
- Ударопрочный, брызгозащищенный корпус

Зарегистрирован в реестре СИ РЖД № МТ 055.2008

ПРИБОР ВНЕСЕН В ГОСРЕЕСТРЫ СИ РОССИИ