

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СИЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

*ЗОРИЧЕВ А.Л.,
заместитель директора
ЗАО «Хакель Рос»*

В предыдущих номерах журнала были изложены теоретические основы применения устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) в низковольтных электрических сетях. При этом отмечалась необходимость отдельного более детального рассмотрения некоторых особенностей эксплуатации УЗИП, а также типовых аварийных ситуаций, которые могут возникнуть при этом.

1. Диагностика устройств защиты от перенапряжения

Конструкция и параметры устройств защиты от импульсных перенапряжения постоянно совершенствуются, повышается их надежность, снижаются требования по техническому обслуживанию и контролю. Но, не смотря на это, нельзя оставлять без внимания вероятность их повреждения, особенно при интенсивных грозах, когда может произойти несколько ударов молнии непосредственно в защищаемый объект или вблизи от него во время одной грозы. Устройства защиты, применяемые в низковольтных электрических сетях и в сетях передачи информации подвержены так называемому старению (деградации), т.е. постепенной потере своих способностей ограничивать импульсные перенапряжения. Интенсивнее всего процесс старения протекает при повторяющихся грозовых ударах в течении короткого промежутка времени в несколько секунд или минут, когда амплитуды импульсных токов достигают предельных максимальных параметров I_{\max} (8/20 мкс) или I_{imp} (10/350 мкс) для конкретных типов защитных устройств.

Повреждение УЗИП происходит следующим образом. Разрядные токи, протекающие при срабатывании защитных устройств, нагревают корпуса их нелинейных элементов до такой температуры, что при повторных ударах с той же интенсивностью (в не успевшее остыть устройство) происходит:

- у варисторов - нарушение структуры кристалла (тепловой пробой) или его полное разрушение;
- у металлокерамических газонаполненных разрядников (грозозащитных разрядников) - изменение свойств в результате утечки газов и последующее разрушение керамического корпуса;
- у разрядников на основе открытых искровых промежутков - за счет взрывного выброса ионизированных газов во внутреннее пространство распределительного щита могут возникать повреждения изоляции кабелей, клеммных колодок и других элементов электрического шкафа или его внутренней поверхности. На практике известны даже случаи значительной деформации металлических шкафов, сравнимые только с последствиями взрыва ручной гранаты. Важной особенностью при эксплуатации разрядников этого типа в распределительных щитах является также необходимость повышения мер противопожарной безопасности.

По указанным выше причинам все изготовители устройств защиты от перенапряжения рекомендуют осуществлять их регулярный контроль, особенно после каждой сильной грозы. Проверку необходимо осуществлять с помощью специальных тестеров, которые обычно можно заказать у фирм, занимающихся техникой защиты от

перенапряжений. Контроль, осуществляемый другими способами, например, визуально или с помощью универсальных измерительных приборов, в этом случае является неэффективным по следующим причинам:

- Варисторное защитное устройство может быть повреждено, хотя сигнализация о выходе варистора из строя не сработала. Варистор может обладать искажённой вольтамперной характеристикой (более высокая утечка) в области токов до 1 мА (область рабочих токов при рабочем напряжении сети; настоящую область не возможно проверить с помощью обычно применяемых приборов). Проверка осуществляется минимально в 2-х точках характеристики, напр. при 10 и 1000 мкА, с помощью специального источника тока с высоким подъёмом напряжения (1 до 1,5 кВ)
- Металлокерамический газонаполненный (грозовой) разрядник - с помощью визуального контроля можно заметить только поврежденный от взрыва внешний декоративный корпус устройства (или его выводы). Что бы выяснить состояние самого разрядника необходимо разобрать внешний корпус, но даже при таком контроле практически нельзя обнаружить утечку его газового заряда. Контроль напряжения зажигания грозового разрядника с помощью обыкновенных измерительных приборов выполнить очень трудно, он осуществляется при помощи специализированных тестеров.
- Разрядник с открытым искровым промежутком - проверку исправной работы можно осуществить только после его демонтажа и измерения с помощью генератора грозового тока с характеристикой 10/350 мкс по заказу у изготовителя устройств для защиты от импульсных перенапряжений.

2. Защита от токов утечки и короткого замыкания в устройствах защиты от импульсных перенапряжений

Основным принципом работы устройства защиты от импульсных перенапряжений является выравнивание потенциалов между двумя проводниками, одним из которых является фазный (L) проводник, а другим нулевой рабочий (N) или (PEN) проводник, т.е. устройство включается параллельно нагрузке. При этом, в случае выхода из строя УЗИП (пробой изоляции, пробой или разрушение нелинейного элемента) или невозможности гашения сопровождающего тока (в случае применения искровых разрядников или разрядников скользящего разряда) возможно возникновение режима короткого замыкания между данными проводниками, что может привести к повреждению электроустановки и даже возникновению пожара. Стандартами МЭК предусматривается два обязательных способа защиты электроустановок потребителя 220/380 В от подобного рода ситуаций.

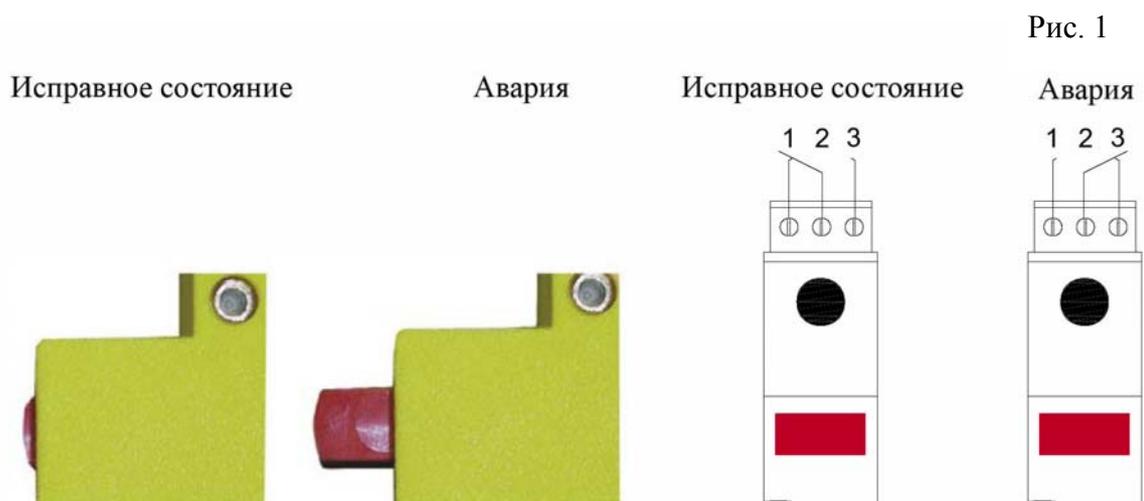
2.1. Устройство теплового отключения в варисторных устройствах защиты от импульсных перенапряжений

Имеющееся в варисторных ограничителях перенапряжений устройство отключения при перегреве (тепловая защита), как правило, срабатывает в результате процесса старения варистора. Суть явления заключается в том, что при длительной эксплуатации, а также в результате воздействий импульсов тока большой амплитуды происходит постепенное разрушение р-n переходов в структуре варистора, что приводит к снижению значения такого важного параметра, как **наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение защитного устройства (максимальное рабочее напряжение) U_c** . Этот параметр определяется для действующего напряжения электрической сети и указывается производителями защитных устройств в паспортных данных и, как правило, непосредственно на корпусе защитного устройства. *Для примера:* если на корпусе защитного устройства указано значение $U_c = 275$ В, это обозначает, что устройство будет нормально функционировать в электропитающей сети номиналом 220 В при увеличении

действующего напряжения на его клеммах до 275 В включительно (значение взято с достаточным запасом при условии выполнения электроснабжающей организацией требований ГОСТ 13109 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»).

В результате «старения» варистора значение U_c снижается и в определенный момент времени может оказаться меньше чем действующее напряжение в сети. Это приведет к возрастанию токов утечки через варистор и быстрому повышению его температуры, что может вызвать деформацию корпуса устройства, проплавление фазными клеммами пластмассы и, в конечном итоге, короткое замыкание на DIN-рейку и даже пожар.

В связи с этим, для применения в электроустановках рекомендуются только те варисторные ограничители перенапряжения, которые имеют в своем составе устройство теплового отключения (терморазмыкатель). Конструкция данного устройства, как правило, очень проста и состоит из подпружиненного контакта, припаянного легкоплавким припоем к одному из выводов варистора, и связанной с ним системы местной сигнализации. В некоторых устройствах дополнительно применяются «сухие» контакты для подключения дистанционной сигнализации о выходе ограничителя перенапряжений из строя, позволяющие с помощью физической линии передавать информацию об этом на пульт диспетчера или на вход какой-либо системы обработки и передачи телеметрических данных. (См. рис. 1).



2.2. Применение быстродействующих предохранителей для защиты от токов короткого замыкания

Несколько другая ситуация возникает в случае установившегося длительного превышения действующего напряжения в сети над **наибольшим длительно допустимым рабочим напряжением защитного устройства (U_c)**, определенным ТУ для данного УЗИП. Примером такой ситуации может быть повышение напряжения по вине поставщика электроэнергии или обрыв (отгорание) нулевого проводника при вводе в электроустановку (в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью трансформатора). Как известно, в последнем случае к нагрузке может оказаться приложенным межфазное напряжение 380 В. При этом устройство защиты от импульсных перенапряжений сработает, и через него начнет протекать ток. Величина этого тока будет стремиться к величине тока короткого замыкания (рассчитывается по общеизвестным методикам для

каждой точки электроустановки) и может достигать нескольких сотен ампер. Практика показывает, что устройство тепловой защиты не успевает отреагировать в подобных ситуациях из-за инерционности конструкции. Варистор, как правило, разрушается в течение нескольких секунд, после чего режим короткого замыкания также может сохраняться через дугу (по продуктам разрушения и горения варистора). Как же как и в предыдущем случае, возникает вероятность замыкания клемм устройства на корпус шкафа или DIN-рейку при расплавлении пластмассы корпуса и возможность повреждения изоляции проводников в цепях включения защитных устройств. Сказанное выше относится не только к варисторным ограничителям, но и к УЗИП на базе разрядников, которые не имеют в своем составе устройства теплового отключения. На фотографии (рис. 2) показаны последствия подобной ситуации, в результате которой произошел пожар в распределительном щите.



Рис.2 Выход из строя варисторного УЗИП привел к пожару в ГРЩ.

На рисунке 3 показано варисторное УЗИП, которое в результате аварийной ситуации стало источником пожара в щите.

Рис. 3



Для того чтобы предотвратить подобные последствия рекомендуется устанавливать последовательно с устройствами защиты от импульсных перенапряжений предохранители с характеристиками срабатывания gG или gL (классификация согласно требованиям стандартов ГОСТ Р 50339.0-92 (МЭК 60269-1-86) или VDE 0636 (Германия) соответственно).

Практически все производители устройств защиты от импульсных перенапряжений в своих каталогах приводят требования по номинальному значению и типу характеристики срабатывания предохранителей дополнительной защиты от токов короткого замыкания. Как уже указывалось выше, для этих целей используются предохранители типа gG или gL, предназначенные для защиты проводок и распределительных устройств от перегрузок и коротких замыканий. Они обладают значительно меньшим (на 1-2 порядка) временем срабатывания по сравнению с автоматическими выключателями тех же номиналов. При этом предохранители имеют более высокую стойкость к импульсным токам значительных величин. Практический опыт и данные экспериментальных испытаний показывают, что автоматические выключатели очень часто повреждаются при воздействии импульсных перенапряжений. Известны случаи подгорания контактов или приваривания их друг к другу. И в том и в другом случае автоматический выключатель не сможет в дальнейшем выполнять свои функции.

Возможны различные варианты применения предохранителей и, соответственно, существует ряд особенностей, которые необходимо учитывать еще на этапе проектирования схемы электроснабжения или при изготовлении щитовой продукции. Одна из таких особенностей заключается в том, что в случае, если в качестве защиты от токов короткого замыкания будет использоваться только общая защита (вводные предохранители), то при коротком замыкании в любом УЗИП (первой, второй или третьей ступени) всегда будет обесточиваться вся электроустановка в целом или какая-то ее часть. Применение предохранителей, включенных последовательно с каждым

защитным устройством, исключает такую ситуацию. Но при этом встает вопрос подбора предохранителей с точки зрения селективности (очередности) их срабатывания. Решение этого вопроса осуществляется путем применения предохранителей тех типов и номиналов, которые рекомендованы производителем конкретных моделей устройств защиты от перенапряжений.

Пример установки предохранителей F7-F12 приведен на рисунке 4.

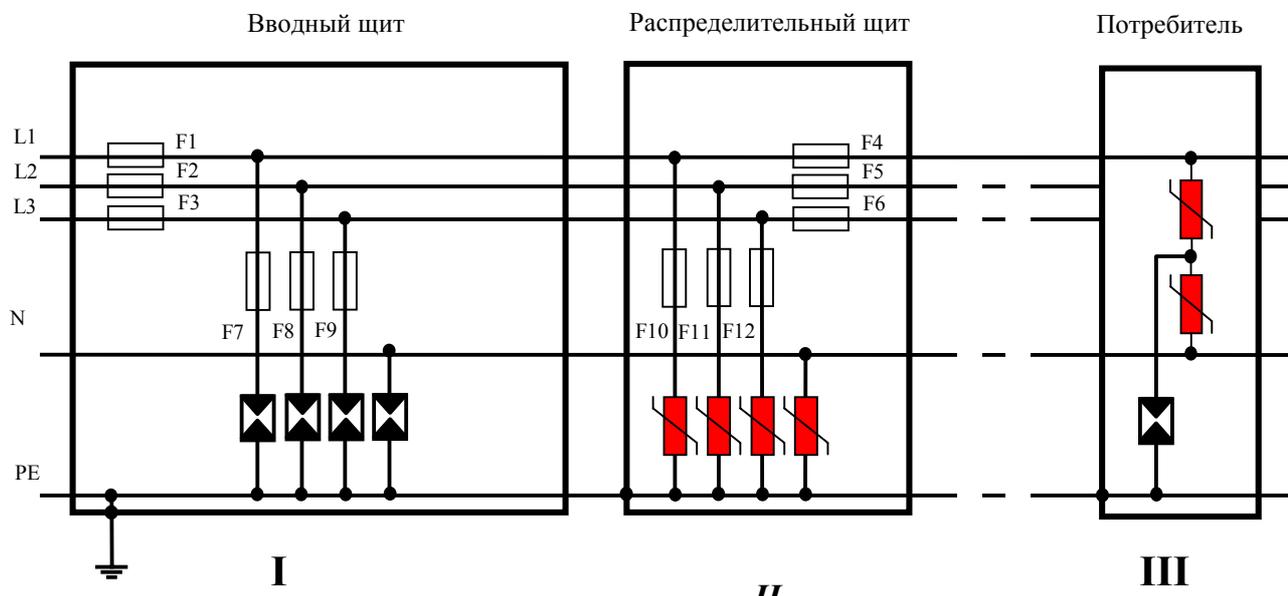


Рис.4 Установка защитных устройств в TN-S сеть 220/380 В

ПРИМЕР: При использовании в схеме, приведенной на рисунке 4, разрядников HS55 в первой ступени защиты и варисторных УЗИП РПП280 во второй ступени применение предохранителей F5-F7 и F8-F10 будет обусловлено выбором номинального значения предохранителей F1-F3:

- При значении F1-F3 более 315 А gG, значения F7-F9 и F10-F12 выбираются - 315 А gG и 160 А gG соответственно;
- При значении F1-F3 менее 315 А gG, но более 160 А gG, предохранители F7-F9 можно не устанавливать, F10-F12 выбираются - 160 А gG;
- При значении F1-F3 менее 160 А gG, предохранители F7-F12 можно не устанавливать.

Иногда может потребоваться, чтобы в случае возникновения короткого замыкания в защитных устройствах не срабатывал общий предохранитель на вводе электропитающей установки. Для этого необходимо устанавливать в цепи каждого УЗИП предохранители с учетом коэффициента (1,6). Т.е. если предохранитель на входе электроустановки имеет номинальное значение 160 А gG, то предохранитель включенный последовательно с УЗИП должен иметь номинал 100 А gG.

Применение для данных целей автоматических выключателей осложняется причинами, перечисленными выше, а также не соответствием их время-токовых характеристик характеристикам предохранителей.

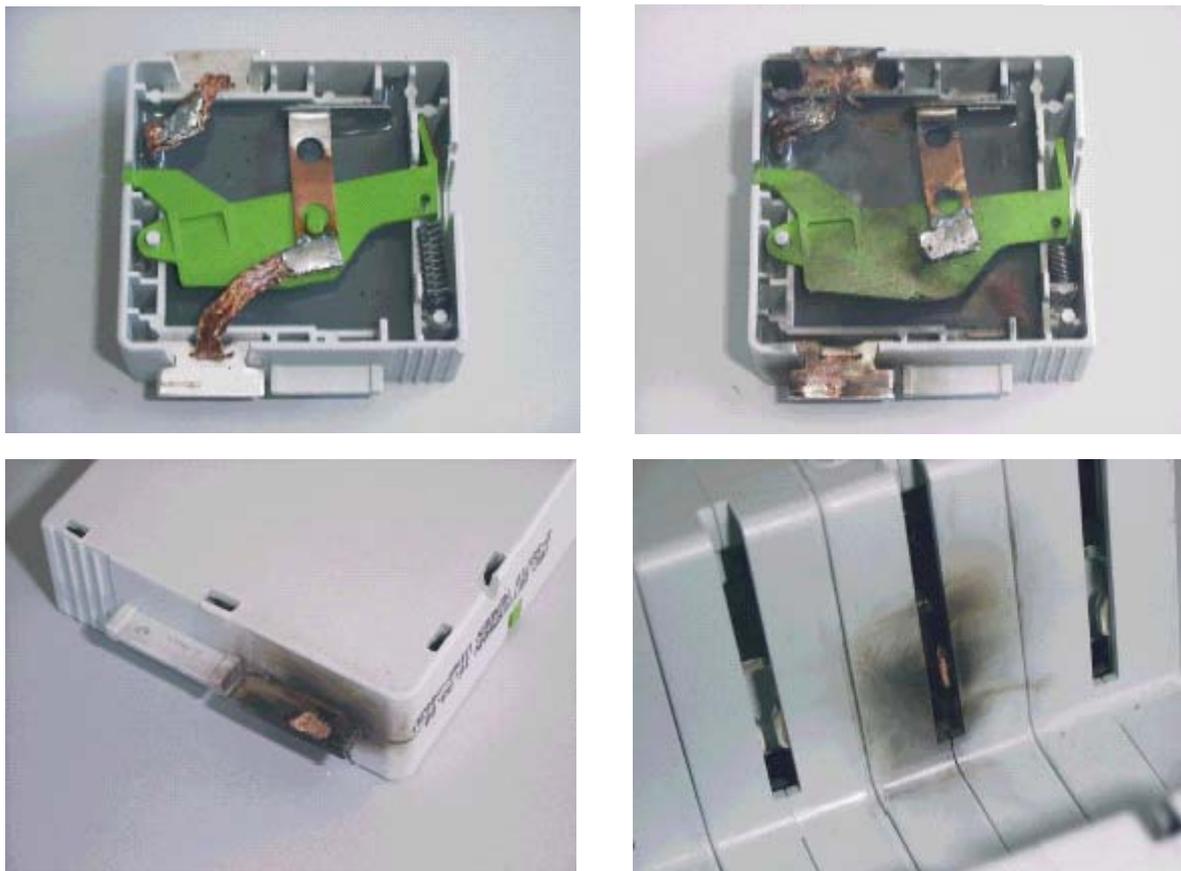
3. Часто встречающиеся недостатки в конструктивном исполнении устройств защиты от импульсных перенапряжений

Многими фирмами-производителями предлагаются защитные устройства классов I и II, состоящие из базы, предназначенной для установки на DIN-рейку, и сменного

модуля с нелинейным элементом (разрядником или варистором) с ножевыми вставными контактами. Такое конструктивное исполнение кажется на вид более выгодным и удобным для заказчика, чем монолитный корпус, в виду возможности более простого осуществления измерения сопротивления изоляции электропроводки (при измерениях повышенными напряжениями этот модуль можно просто изъять). Однако способность сконструированных таким способом контактов пропускать импульсные токи не превышает предел $I_{\max} = 25 \text{ kA}$ для волны (8/20 мкс) и $I_{\text{imp}} = 20 \text{ kA}$ для волны (10/350 мкс).

Несмотря на это, некоторые изготовители показывают в рекламных каталогах для таких защитных устройств максимальные разрядные способности величинами до $I_{\max} = 100 \text{ kA}$ (8/20 мкс) или $I_{\text{imp}} = 25 \text{ kA}$ (10/350 мкс). К сожалению, это не подтверждается практическими данными. Уже при первом ударе испытательного импульса тока с такой амплитудой произойдут пережоги и разрушение не только ножевых контактов сменного модуля, но также и повреждение контактов клемм в базе. Разрушительное воздействие испытательного импульса тока $I_{\max} = 50 \text{ kA}$ (8/20 мкс) на механическую часть такой системы и ножевой контакт показано на следующих фотографиях (рис. 5). Очевидно, что после такого воздействия сложным становится, собственно, сам вопрос извлечения вставки из базы, так как их контакты могут привариться друг к другу. Даже если вставку удастся отсоединить от базы, последнюю будет нельзя использовать далее из-за подгоревших контактов, которые приведут к резкому возрастанию переходного сопротивления и, соответственно, уровня защиты данного УЗИП.

Рис.5



Для того чтобы избежать подобных последствий, защитные устройства модульной конструкции необходимо применять только тогда, когда существует гарантия, что ожидаемые импульсные воздействия не превысят указанных выше значений. Это может быть выполнено в случае правильного выбора типов и классов УЗИП для конкретной электроустановки и согласования их параметров между степенями защиты.

4. Использование УЗИП для защиты вторичных источников питания

Одним из наиболее часто используемых вторичных источников питания является выпрямитель. Следует отметить, что практика установки элементов защиты от перенапряжений (разрядников, варисторов и т.п.) на платах или внутри блоков выпрямителя, является не правильной с нашей точки зрения. Существующий опыт показывает, что эти варисторы как правило рассчитаны на токи 7 – 10 кА (форма импульса 8/20 мкс) и по своим параметрам соответствуют третьему классу защиты согласно ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98). Как правило, эксплуатирующие организации считают данный тип защиты достаточным и никаких дополнительных мер для повышения надежности работы оборудования не принимают. Однако, при отсутствии дополнительных внешних устройств защиты от импульсных перенапряжений более высокого класса, а так же при возникновении длительных превышений рабочего напряжения питающей сети в данной ситуации возможно возникновение двух типовых аварийных ситуаций:

а) Токи значительных величин, возникающие при срабатывании установленных внутри модуля варисторов, будут протекать по печатным проводникам плат или проводам внутри блоков выпрямителя по кратчайшему пути к заземляющей клемме стойки. Это может вызвать выгорание печатных проводников на платах и возникновению на параллельных незащищенных цепях наводок, которые в свою очередь приведут к выходу из строя электронных элементов блока выпрямителя. При превышении максимальных импульсных токов, определенных для данного варистора изготовителем, возможно его возгорание и даже разрушение, что может привести к пожару и механическому повреждению самого выпрямителя (более подробно описано в п.п. 2.1).

б) Несколько другая ситуация возникает в случае длительного установившегося превышения действующего напряжения в сети над максимальным допустимым рабочим напряжением U_c , определенным ТУ для данного варистора (как правило используются варисторы с $U_c = 275$ В). Подробно данная ситуация была описана выше (см п.п. 2.2). В результате описанного воздействия появляется вероятность возгорания печатных плат и внутренней проводки, а так же возникновения механических повреждений (при взрыве варистора), что подтверждается статистикой организаций, осуществляющих ремонт выпрямителей.

Пример таких повреждений показан на рисунке 6.

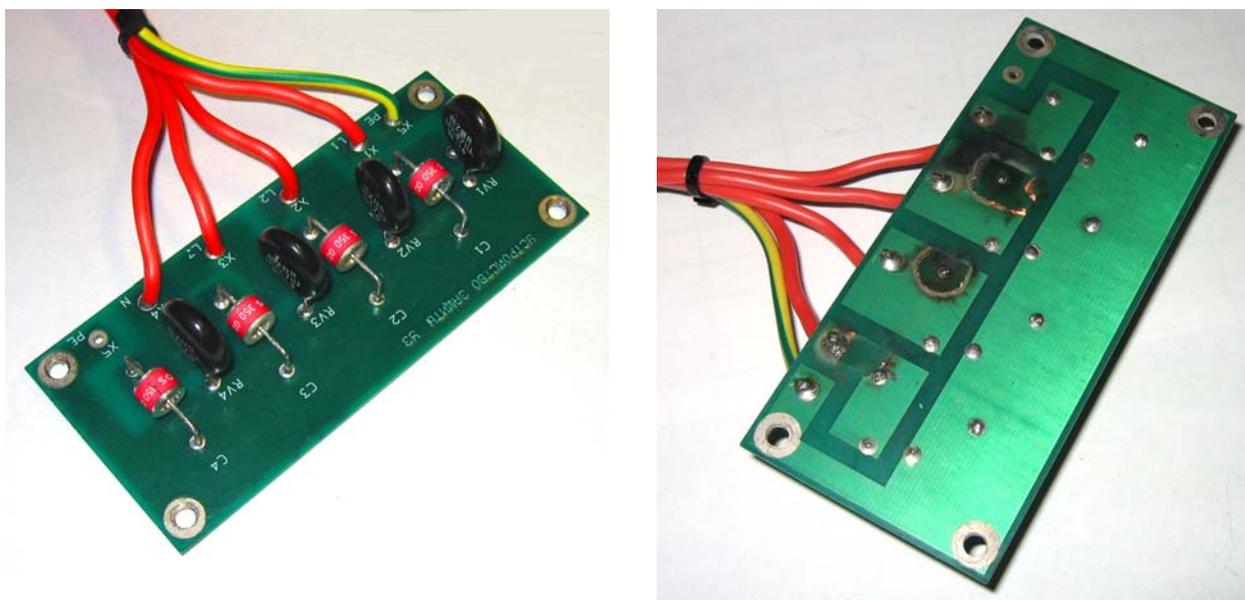


Рис. 6

С точки зрения решения проблем описанных в пункте (а), наиболее правильным является вариант установки защитных устройств, при котором они размещаются в отдельном защитном щитке или в штатных силовых и распределительных щитах электроустановки объекта. Применение внешних дополнительных устройств защиты позволяет защитить выпрямитель от импульсных перенапряжений величиной в сотни киловольт и соответственно снизить до допустимого (7 – 10 кА) значения величины импульсных токов, которые будут протекать через варисторы, встроенные в выпрямитель, или практически полностью исключить их.

Для защиты оборудования от длительного установившегося превышения действующего напряжения в сети (пункт б) можно использовать устройства контроля напряжения фазы или подобные им (см. рис. 7).

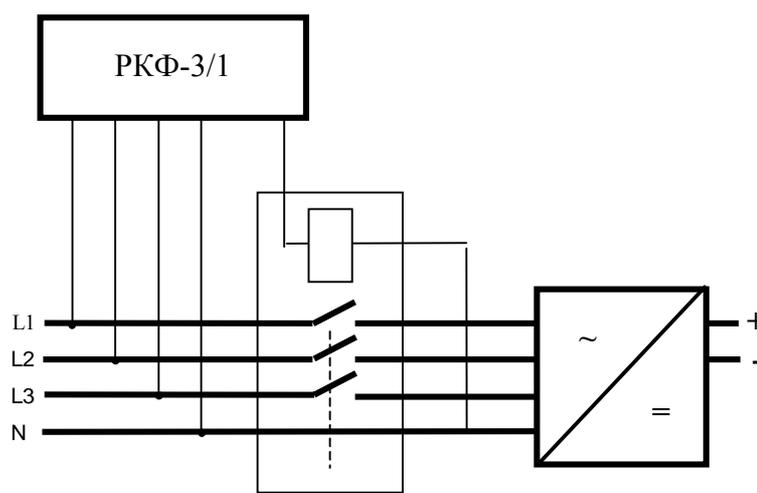


Рис. 7 Подключение устройства контроля фаз РКФ-3/1

Литература:

- ГОСТ Р 50571.26-2002 «Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений»
- ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98) «Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Часть 1. Требования к работоспособности и методы испытаний»
- ГОСТ Р 50339.0 (МЭК 60269-1-86) «Низковольтные плавкие предохранители. Общие требования»
- «Electromagnetic compatibility, surge, surge protection». Jaroslav Hudec, Hakel Ltd.