

Конструкторские и технологические решения по модернизации щитков защиты от импульсных перенапряжений (ЩЗИП)

В данной статье рассмотрены вопросы по модернизации щитков защиты от импульсных перенапряжений ЩЗИП с целью улучшения потребительских свойств и характеристик изделий, увеличения сроков службы, прикладной реализации опыта разработки, производства и применения ЩЗИП на различных производственных объектах.

ЩЗИП® АО «Хакель Рос» ТУ 3434-001-79740390-2007 предназначены для защиты электроустановок от воздействия опасных перенапряжений, вызванных прямыми ударами молний в систему внешней молниезащиты объекта или линии электропередач, наводками от удаленных разрядов молний и коммутационными помехами.

Щиты защиты от импульсных перенапряжений применяются в проводных цепях любого назначения: силовые цепи переменного тока частотой 50-60 Гц на номинальное напряжение до 1000 В (действующее значение) или 1500 В постоянного тока, линий связи и передачи данных, ЛВС, оборудования видеонаблюдения, систем телекоммуникации и сигнализации.

ЩЗИП® имеют следующие сертификаты:

- сертификат соответствия №ТС RU C-RU.МЛ02.В.00377 Щитков защиты от импульсных перенапряжений низковольтных комплектных ЩЗИП, ТУ 3434-001-79740390-2007 требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 004/2011 "О безопасности низковольтного оборудования".
- сертификат соответствия РОСС RU.ПЩ01.Н04911 Щитков защиты от импульсных перенапряжений низковольтных комплектных ЩЗИП требованиям п.1.2.3.6 ТУ 3434-001-79740390-2007 по стойкости к воздействию землетрясений интенсивностью 9 баллов по шкале MSK-64 по ГОСТ 30546.1-9.
- сертификат соответствия системы добровольной сертификации ГАЗПРОМСЕРТ ГООО.RU.1131.Н00395 требованиям ТУ 3433-001-79740390-2007.

Технология защиты электрооборудования от воздействия импульсных перенапряжений с помощью отдельных распределительных щитов с установленными УЗИП была освоена и усовершенствована специалистами АО «Хакель Рос» в результате изучения нормативных документов в области энергетики и связи, анализа продукции зарубежных компаний, опыта работы с проектными и эксплуатационными организациями.

Именно разделение функций электроснабжения и защиты от перенапряжений, соблюдение требований зоновой концепции молниезащиты по СО–153-34.21.122-2003 положено в основу проектирования отдельных щитков для установки устройств защиты – ЩЗИП®.

Электроустановка, зачастую устроена таким образом, что при размещении УЗИП комплектно с оборудованием будет нарушена концепция зоновой защиты. Расстояние по

кабелю от точки ввода (границы зоны молниезащиты) до защищаемого изделия может составлять от единиц до десятков метров.

В то время как отдельный щит ЩЗИП, позволяет переместить границу зоны молниезащиты непосредственно в точку ввода кабеля. В локальных нормативных документах давно рекомендуется применять для установки УЗИП отдельные заземленные металлические щитки, требования к которым изложены в таблице 1.

Таблица 1

Требование	Пункт	Наименование документа
«УЗИП (в том числе УЗИП со стороны оборудования видеонаблюдения, систем автоматики, телемеханики, связи) рекомендуется размещать на вводах кабельных линий в здания и сооружения в специальных заземленных металлических щитках».	11.2.4	(ЦП-0002-11-01 и СТО Газпром 2-1.11-290-2009 «Положение по обеспечению электромагнитной совместимости производственных объектов ОАО «Газпром»)
«Устройство защиты от импульсных перенапряжений необходимо устанавливать в отдельный заземленный металлический щиток».	5.18.5	(РД-33.040.00-КТН-047-15 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов сети связи ОАО «АК «Транснефть» Нормы проектирования)
«На объектах ОСТ должны применяться УЗИП клеммного исполнения. При этом УЗИП устанавливается в заземленный металлический щиток. Во взрывоопасной зоне щиток должен быть взрывозащищенного исполнения.»	9.1.5	РД-91.020.00 - КТН-021-11 Нормы проектирования молниезащиты объектов магистральных нефтепроводов и коммуникаций организаций системы «Транснефть» (ОСТ)
«УЗИП следует устанавливать на кабельных вводах вблизи защищаемых ТС или на вводных клеммах ТС»	5.2.2.10	(Р Газпром 2-6-2-676-2012 «Методика и порядок расчета системы молниезащиты объектов ОАО «Газпром»)
«С целью исключения повреждения УЗИП при воздействии длительных перенапряжений (высокие расчетные значения перенапряжений, отсутствие защитных устройств) с последствиями, опасными для окружающего оборудования, рекомендуется размещать УЗИП в отдельных шкафах (ящиках)».	7.15	Р Газпром 2-6.2-920-2015 Электромагнитная совместимость. Типовые схемы защиты электрических цепей технологического оборудования производственных объектов ОАО «Газпром» от воздействия электромагнитных помех.

На рынке электротехнического оборудования предлагаются различные решения по реализации защиты от перенапряжений в отдельных щитках. К сожалению при изготовлении данного оборудования, применяется подход к проектированию традиционных низковольтных комплектных устройств (НКУ). Стоит отметить, что ЩЗИП это не низковольтное комплектное устройство (НКУ) в общепринятом понимании этого слова, хотя в его конструкции учтены все требования ГОСТ Р 51321.1-2007. Отсутствуют

меры направленные на качественную реализацию основной функции ЩЗИП – отвод перенапряжений. Все это делает щитки защиты различных производителей практически одинаковыми.

Идентификация возможна только за счет предпочтения непосредственного производителя УЗИП. Казалось бы, изделия должны содержать явные отличия, воплощение конструкторской мысли, следы серьезной работы над расположением элементов, проводниками, тщательный подбор комплектующих.

При детальном рассмотрении выясняется, что единственным отличием является марка установленного внутри УЗИП, таким образом, в обозримом будущем нас могут порадовать ЩЗИП, ЩЗЗИП и прочие «новинки». Как говорится, каждому производителю УЗИП будет соответствовать свой ЩЗИП.

Количество исполнений постоянно растет, и приближается к десяткам, вносит неопределенность, затрудняет выбор продукции.

Между тем, вместо того, чтобы пытаться найти несущественные различия стоит определить, что действительно является исключительной принадлежностью ЩЗИП, отличает ЩЗИП от НКУ, чем он превосходит ближайших конкурентов, по каким критериям следует судить о качестве изготовления.

Какую цель преследует завод-изготовитель, предлагая подобную продукцию? Что ожидают увидеть получить заказчики от отдельного щитка защиты? Во многих случаях УЗИП ставят в непосредственно комплекте с защищаемым оборудованием, без дополнительных мер, отказываясь от отдельного щитка.

Чтобы рассмотреть эти вопросы необходимо понять, какие задачи решает ЩЗИП, и где проходит граница, между УЗИП и комплектным щитком. Ответы на эти вопросы представлены в таблице 2.

Таблица 2

		Оборудование	
		УЗИП	ЩЗИП
Отличия	Внутренний монтаж (как правило)		Без ограничений по месту установки
	Граница зоны молниезащиты проходит по оборудованию		Граница зоны молниезащиты проходит по месту установки ЩЗИП
	Поставляется как комплектующее изделие. Требуется дополнительных мер (принадлежностей для установки)		Поставляется комплектно
	Требуется описания всех параметров		Изготавливается по заданию
	Не локализует последствия аварии		Ограничивает последствия аварии
	Устанавливается в оболочке, требует мер по защите от прямого прикосновения		Устанавливается по месту, степень защиты соответствует заданию
	Экранирование/ разделение цепей должно быть обеспечено при монтаже		Обеспечивает экранирование/ разделение цепей
	УЗИП с терморасцепителем, совмещенный с предохранителем; моноблок		Содержит дополнительные устройства, модульная конструкция.
	Изделие конкретного назначения		Выполняет дополнительные функции

Не является законченным техническим решением	Является законченным техническим решением
Стабильная характеристика УЗИП	Зависит от конструктивной реализации
Идентификация только по общей электрической схеме шкафа	Идентификация защищаемой линии, цепи, оборудования

Очевидно, что применять ЩЗИП следует для:

- локализации последствий повреждений УЗИП в случае его разрушения или оплавления;
- размещения УЗИП в аномальных условиях - ВОЗ, наружные установки, комплексное воздействие ВВФ;
- рационального размещения – соблюдения зоновой концепции защиты;
- реализации дополнительных функций (установка счетчиков, систем мониторинга);
- экранирования, разделения, идентификации защищаемых цепей.



Рис.1 Внешний вид модернизированного ЩЗИП

Главной задачей ЩЗИП остается борьба с перенапряжениями, следовательно, в его конструкции должны быть учтены физические процессы, протекающие при

прохождении токов молниевых разрядов – динамические нагрузки, выделение тепла, перераспределение электромагнитной энергии за счет электромагнитной индукции.

УЗИП принимают, и поглощают основную энергию импульса. Но в случае если эта энергия избыточна, даже правильно выбранный и смонтированный УЗИП не сможет противостоять подобным воздействиям, и неизбежно разрушится. Последствия разрушений – деформация корпусов, элементов и выводов, очаги перегрева, оплавления. Можно говорить о существовании повышенной опасности возгорания или взрыва в цепи УЗИП для защиты как главных цепей, так и информационных линий. Масштаб разрушения УЗИП в результате импульсного воздействия намного превосходит повреждения в месте установки оборудования.

А это значит, что необходимо обеспечивать локализацию аварии: УЗИП устанавливать в отдельный металлический щиток, а в случаях, когда совместно с УЗИП применяются коммутационные аппараты, счетчики, клеммные зажимы выполнять дополнительное внутреннее разделение (секционирование) ЩЗИП на отсеки.

Размещать УЗИП в пределах щитка следует с учетом трассировки проводников защищенной линии и линии импульсной помехи.

УЗИП, установленные в главных цепях подвержены большим перенапряжением, чем слаботочные УЗИП: амплитуда импульсного тока может достигать десятков кА. При таких значениях следует учитывать не только взаимное расположение, пересечение проводников, но так же форму, сечение, длину, материал. Располагать проводники необходимо так, чтобы ослабление проводника в выводе не привело к аварии – контакту с токоведущими, токопроводящими частями, находящимися под разным потенциалом. Проводник для соединения УЗИП должен быть минимальной длины, без изгибов, колец, и петель. Входить в зажим УЗИП проводник должен под прямым углом, без натяжения.

Любой изгиб подвергается значительным динамическим нагрузкам при прохождении импульса. Многократное смещение проводников под влиянием динамических сил приводит к ослаблению контактных зажимов и увеличению переходного сопротивления. Может наблюдаться ухудшения изоляционных свойств.

При прохождении импульса ослабленные, незатянутые контакты подвергаются действию дугового разряда. Возникающие при этом локальные очаги проплавления, подгорания контактов еще больше увеличивают переходное сопротивление.

По этой причине растет уровень напряжения защиты U_p , искажается вольт-амперная характеристика УЗИП, увеличивается время срабатывания. В дальнейшем может произойти обрыв проводника, вырывание проводника из контактного гнезда.

Устанавливать, и затягивать проводники следует, соблюдая требования по сечению и допустимому моменту затяжки, опрессовывать наконечниками по заводской технологии. В разборных контактных соединениях, необходимо применять средства предотвращения от самоотвинчивания.

Для контроля ослабления зажимов в ЩЗИП АО «Хакель Рос» может применяться визуальный индикатор – деформируемая пломба, или устанавливается модуль контроля и измерения переходного сопротивления цепи вход-выход. Исходное значение сопротивления указывается в паспорте изделия. При увеличении переходного сопротивления относительно начального значения более 10 % срабатывает световой

индикатор, который сигнализирует о необходимости протяжки резьбовых соединений, или замене проводников.

Независимо от средств визуального и измерительного контроля применяются зажимы для крепления проводников. Дополнительная фиксация проводников снижает динамические нагрузки на контактные зажимы. Это касается и заземляющего проводника, и контактов с полюсами фаз. Расположение фиксирующих держателей определяется по результатам моделирования динамических нагрузок в специализированных программах 3D-проектирования.

В качестве дополнительной меры визуального контроля применяется подложка – полностью копирующая пути трассировки соединителей. Смещение проводника относительно линии прокладки может свидетельствовать о перенесенных динамических нагрузках.

Подложка с мнемосхемой, применяемая в ЩЗИП, имеет еще одно немаловажное свойство – перенос результатов САПР в производственный процесс. Решения, полученные в результате компьютерного моделирования ЩЗИП, (расположение элементов и выводов, длина, трассировка, сечение проводников) строго соблюдаются, и контролируются в процессе изготовления. Почему это так важно?

Соединительные проводники УЗИП увеличивают уровень напряжения защиты. Для достижения оптимальной защиты от перенапряжения соединительные провода УЗИП должны быть как можно короче предпочтительно не более 0,5 м общей длины. Соединительными считают проводники от сетевого проводника до УЗИП и от УЗИП до главного заземляющего зажима или до защитного проводника.

Остаточное напряжение, подаваемое на оборудование, будет суммой остаточного напряжения УЗИП и падения индуктивного напряжения на соединительных проводах. Как правило, индуктивность проводящих проводов принимается равной 1мкГн/м. Падение индуктивного напряжения, вызванное импульсом со скоростью подъема 1кА/мкс, будет приблизительно 1 кВ/м длины подводящего провода. Более того, если крутизна di/dt больше, падение напряжения увеличится.

Полностью избежать соединений невозможно, но обеспечить идентичные свойства выпускаемых щитков, добиться стабильности технологического процесса обязан любой производитель. Выполняя проводники строго равной длины, согласно нанесенной мнемосхеме, обеспечивая прокладку по оптимальному пути, избегая петель, колец, ненужных изгибов, производитель добивается наилучшего из возможных режимов работы изделия. Дополнительно на подложку наносится схема включения УЗИП, для обеспечения идентификации цепей и подключаемого оборудования, исключаются ошибочные действия персонала при выполнении внешних соединений.

Не последнее внимание следует уделять материалу, форме типу проводника. В связи с тем, что токи молнии, по сути, представляют собой токи высокой частоты, основной ток сосредоточен в поверхностном слое проводника. В связи с этим предпочтительно выполнять соединения внутри ЩЗИП многопроволочными жилами, плетеными шинами, с большей площадью поверхностного слоя. Увеличение сечения проводника значительного снижения индуктивности не дает.

Сечение проводника должно быть достаточным для отвода тока. Чем выше класс устройства по ГОСТ IEC 61643-11-2013, тем больше сечение. Для определения сечения проводников можно использовать данные приведённые в таблице 3.

Таблица 3

Выбор материала и сечение проводника УЗИП, мм ²				
	УЗИП	Материал	IEC 62305-4-2006	АО «Хакель Рос»
Соединительные проводники для УЗИП	Класс I	Cu	5	10 -16
	Класс II		3	6 -10
	Класс III		1	4 - 6

В качестве материала проводника следует применять медь, луженую медь для исключения гальванической коррозии.

Рекомендуется применение отводящих и обратных проводников V-образной формы. АО «Хакель Рос» в качестве соединительных проводников использует проводники собственного изготовления – плетеные проводники в изоляции, опрессованные штыревыми или кольцевыми наконечниками. Подобные проводники обеспечивают надежный контакт и низкое индуктивное сопротивление во всем диапазоне импульсных помех. Высокочастотный импеданс в 10 раз меньше аналогичных по длине отрезков провода.



Рис.2 Использование специальных проводников в системе уравнивания потенциалов, соединения УЗИП.

При прокладке линий питания и цепей передачи данных в щитке защиты необходимо исключить параллельное прохождение в одном кабельном лотке цепей, идущих с зоны молниезащиты «0», и цепей, не выходящих в эту зону или проложенных после УЗИП по ходу импульсной помехи. Обязательно отделять защищенные провода от незащищенных. При подключении линий и заземляющего проводника к УЗИП следует выполнять рекомендации, показанные на рис.3.

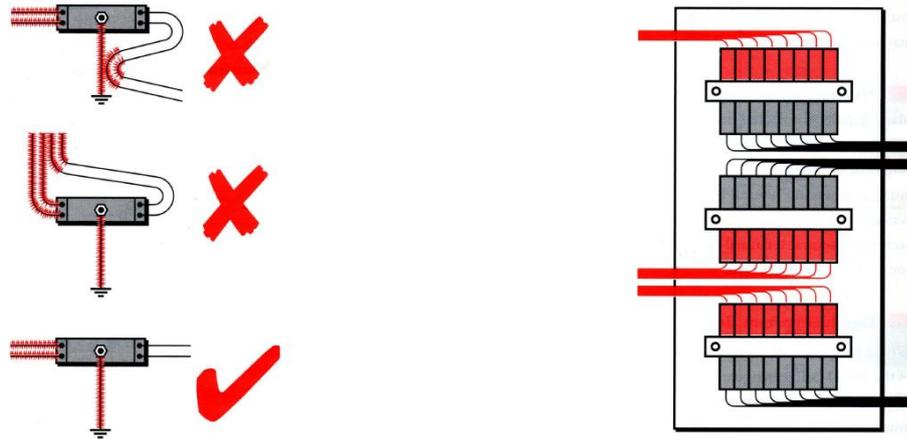


Рис.3 Рациональная укладка проводников сигнальных, силовых, заземляющих.

Красным цветом выделены проводники подверженные импульсным помехам; черным цветом отмечены проводники, идущие к оборудованию.

В ЩЗИП должны быть приняты меры, чтобы избежать взаимного пересечения и взаимовлияния силовых кабелей и кабелей связи. Свободные жилы, экраны и броня кабеля должны быть заземлены, в щитке предусмотрены для этого соответствующие зажимы, контактные шайбы, шины.

В завершение работ по прокладке проводников, уравниванию потенциалов и повышению ЭМС, может выполняться специальная обработка корпуса и уплотнений ЩЗИП. Окраска корпуса производится только снаружи, внутри наносится защитное проводящее покрытие. Уплотнительные элементы армируются проводящими сетками для исключения выхода ЭМ энергии за пределы экранированного объема.

Все комплектующие применяемые в конструкции ЩЗИП должны выдерживать импульсные нагрузки большие, либо равные импульсной стойкости УЗИП. Это относится к зажимам, клеммам, коммутационным аппаратам в цепи УЗИП, действующих в режиме короткого замыкания для минимизаций последствий повреждения, индикаторам, дополнительным устройствам. Производитель обязан убедиться в их совместимости, или провести испытания ЩЗИП на импульсную стойкость, доказывающую, что соединения и комплектующие способны выдерживать нагрузки, которым будет подвергаться УЗИП в процессе работы.

Это жесткая необходимость, продиктованная особенностями эксплуатации УЗИП, при протекании импульсных токов большой величины (десятки кА). Многие производители задумываются о подобных «мелочах»? Значение имеет даже конструкция клеммных зажимов – штыревые, пружинные и винтовые зажимы ведут себя совершенно по-разному при импульсных воздействиях.

Коммутационный аппарат в цепи УЗИП должен соответствовать импульсной стойкости УЗИП, и работать во всех диапазонах импульсных токов вплоть до I_n без отключений (повреждений) по требованиям ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011.

В связи с тем, что аппарат защиты от сверхтока срабатывает через определенное время, через него пройдет полный импульс, даже если он сработает.

Аппарат защиты (разъединитель), включённый в цепь УЗИП должен соответствовать всем параметрам данной цепи по отключающей способности исходя из ожидаемых токов КЗ в месте установки.

Все вышеперечисленные требования реализованы в конструкции ЩЗИП специалистами АО «Хакель Рос».

Зачастую требуется установка УЗИП в условиях повышенных вибраций, ударных воздействий. Не редки случаи размещения грозозащиты в тяжелых климатических условиях, на открытом воздухе, во взрывоопасных зонах. Применение оболочек ЩЗИП различного исполнения позволяют решить задачи по размещению стандартных УЗИП фактически в любых условиях. При этом изготовитель АО «Хакель Рос» использует специальные конструкции ЩЗИП, для обеспечения эксплуатации УЗИП в жесткой обстановке.

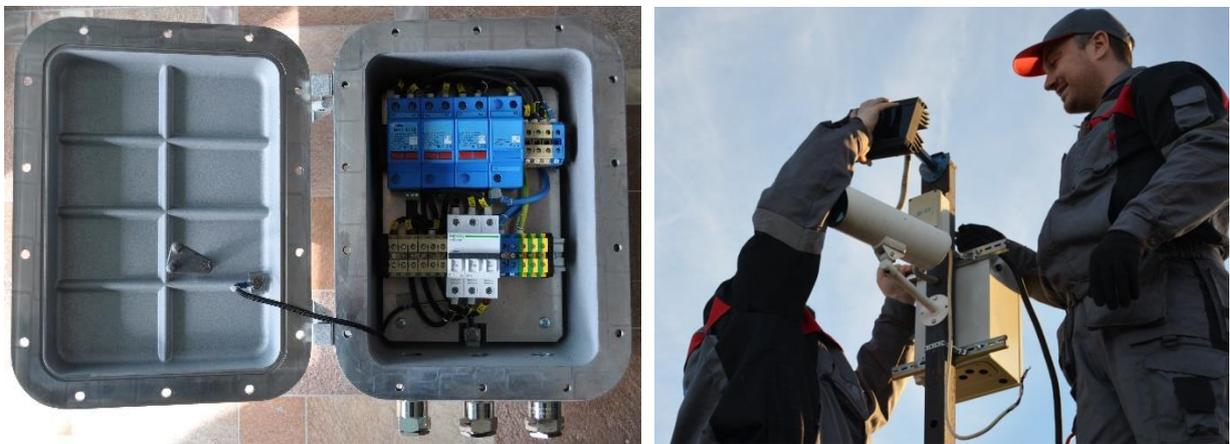


Рис.4 Различные исполнения ЩЗИП.

Щитки защиты от импульсных перенапряжений низковольтные комплектные ЩЗИП соответствуют требованиям по стойкости к воздействию землетрясений интенсивностью 9 баллов по шкале MSK-64 по ГОСТ 30546.1-9.

Для контроля состояния УЗИП щиток может комплектоваться системами мониторинга: приборами контроля ресурса – МККР или счетчиками тока молнии СИТЭ. Помимо демонстрации полезности, они выполняют важную функцию по контролю грозовых воздействий, ресурса и текущего состояния УЗИП.

Счетчики тока молнии СИТЭ отображают информацию о количестве зарегистрированных импульсов. Для служб эксплуатации данные свидетельствуют о необходимости дополнительной проверки системы молниезащиты, заземления и связанного оборудования.

Многоканальный контроллер ресурса МККР в отличие от СИТЭ предлагает широкий набор функций, и выполняет целый ряд задач:

- отслеживает токовую активность УЗИП путём считывания сигналов с датчиков тока, подключённых к их цепям (многоканальный аналоговый контроль);
- производит измерение заряда, переносимого каждым импульсом;
- анализирует величину остаточного ресурса УЗИП по каждому из контролируемых каналов, и сохраняет текущее значение в энергонезависимой памяти;

- определяет целостность устройств по состоянию их сигнальных контактов (многоканальный цифровой контроль);
- определяет аварийное и предаварийное состояние контролируемых УЗИП;
- обеспечивает возможность визуального контроля работоспособности УЗИП через выносной модуль индикации;
- осуществляет обмен данными с системами дистанционного контроля и управления посредством последовательного цифрового интерфейса RS-485 по типовому протоколу обмена MODBUS.



Рис.5 Системы мониторинга текущего состояния УЗИП – СИТЭ (слева) и МККР (справа)

ЩЗИП производства АО «Хакель Рос» это:

- результат многолетнего опыта проектирования и изготовления;
- возможность размещения УЗИП в различных климатических зонах и условиях эксплуатации;
- соблюдение требований стандартов по установке УЗИП и ЭМС;
- технические характеристики, подтвержденные испытаниями;
- совместимые компоненты по условиям импульсных воздействий;
- контроль токов утечки, переходного сопротивления и контактов для гарантированного отключения поврежденного УЗИП;
- визуальный контроль состояния;
- системы мониторинга для контроля грозовой активности и ресурса УЗИП;
- демонстрация полезности;
- пожаробезопасность;
- секционирование для локализации последствий повреждения и уточнения причины события.

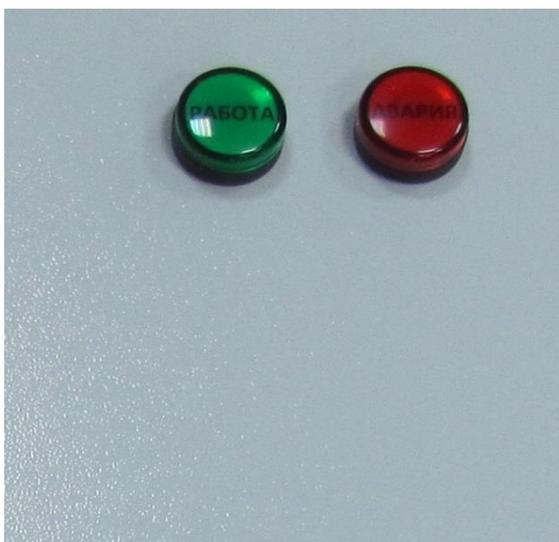
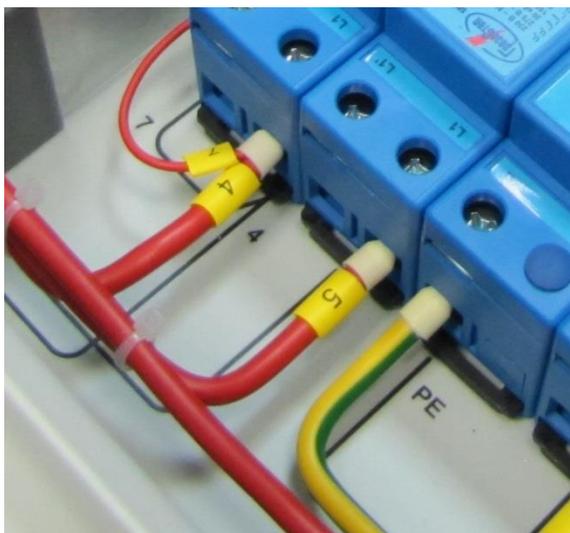


Рис.6 Конструктивные элементы модернизированного ЩЗИП

Для заказа ЩЗИП рекомендуем обратиться к техническим специалистам инжинирингового центра, или самостоятельно заполнить опросный лист. Дополнительные материалы доступны в разделе «информация» сайта «АО «Хакель Рос» <http://www.hakel.ru/>.

Источники:

1. Технические условия ТУ 3434-001-79740390-2007 «Щитки защиты от импульсных перенапряжений низковольтные комплектные»
2. ГОСТ IEC 61643-11-2013 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные»
3. ГОСТ IEC 61643-21-2014 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений в системах телекоммуникации и сигнализации (информационных системах)».
4. ГОСТ Р 51321.1-2007 «Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично».
5. ГОСТ Р 50571-4-44-2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 4-44. Требования по обеспечению безопасности. Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех».
6. Стандарт IEC 62305-3-2006 «Защита от атмосферного электричества. Физические повреждения зданий, сооружений и опасность для жизни»

7. *Каталог энергетического оборудования для газовой промышленности ПАО «Газпром».*
8. *ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011 «Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения»*
9. *СО–153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».*
10. *СТО Газпром 2-1.11-290-2009 «Положение по обеспечению электромагнитной совместимости производственных объектов ОАО «Газпром»*
11. *РД-33.040.00-КТН-047-15 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов сети связи ОАО «АК «Транснефть». Нормы проектирования*
12. *ГОСТ Р 50571.5.53-2013/МЭК 60364-5-53:2002 Электроустановки низковольтные Часть 5-53 Выбор и монтаж электрооборудования. Отделение, коммутация и управление.*
13. *Р Газпром 2-6.2-920-2015 Электромагнитная совместимость. Типовые схемы защиты электрических цепей технологического оборудования производственных объектов ОАО «Газпром» от воздействия электромагнитных помех.*
14. *РД-91.020.00 - КТН-021-11 Нормы проектирования молниезащиты объектов магистральных нефтепроводов и коммуникаций организаций системы «Транснефть» (ОСТ)*