

**ОКР «Разработка средств защиты специальных
фортификационных сооружений в специальном
исполнении»**

Шифр «Депозит»

Начало – 07.2016

Окончание – 11.2017

Этап 1

Отделение силовой электроники и специальных систем (отделение 1338)

Г.К. ОКР Рябов А.С.

Целью выполнения ОКР является обеспечение модернизации специальных фортификационных сооружений (далее – СФС) в части:

- повышения защищённости электрооборудования на напряжение до 0,4 кВ от воздействия электромагнитных излучений современного оружия **на основе применения устройств защиты от импульсных помех на импульсные токи 10, 25 и 50 кА в сейсмостойком исполнении;**
- повышения электропожаробезопасности при эксплуатации систем электроснабжения специальных объектов с глухозаземлённой нейтралью напряжением до 1000 В **на основе разработки системы контроля изоляции в специальном исполнении;**
- повышения защитных свойств специальных объектов, а также повышения эффективности эксплуатации защитно-герметических устройств и экономической эффективности при организации поставок оборудования и ремонтно-восстановительных работ **на основе разработки унифицированного типоряда исполнительных элементов защитно-герметических устройств.**

В рамках выполнения первого этапа ОКР «Депозит» решаются следующие задачи:

1. Разработка эскизного проекта согласно ГОСТ 2.119-2013
2. Проведение патентных исследований
3. Разработка и обоснование принципиальных технических решений
4. Изготовление моделей и макетов опытных образцов

В соответствии с ГОСТ Р 51992-2002, устройство защиты от перенапряжений (УЗИП) – это устройство, которое предназначено для ограничения переходных перенапряжений и для отвода импульсов тока. УЗИП также предназначаются для ограничения до безопасного уровня затекающих на электроприемники импульсных токов и напряжений, наводимых электромагнитным импульсом (ЭМИ), молнией и другими источниками естественного и искусственного происхождения в электрических сетях.

Согласно ТЗ в состав разрабатываемого типоряда УЗИП должны входить следующие устройства:

1. УЗИП класса защиты 1 - тип 1 - остаточное напряжение* U_{res} , - 4 кВ;
2. УЗИП класса защиты 1 - тип 2 - остаточное напряжение* U_{res} , - 2,5 кВ;
3. УЗИП класса защиты 2;
4. УЗИП класса защиты 3.

Основные значения технических характеристик для различных типов УЗИП КЗ 1 приведены в таблице 1

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗИП В СРАВНЕНИИ С АНАЛОГАМИ



Таблица 1

№ п/п	Наименование параметра	значения параметров ТЗ	ЗАО «Хакель Рос» (Чехия-Россия)	CITEL (Франция)	DEHN (Германия)	ООО "ИнтерЭлектро Комплект" (ИЭК) (Россия)
УЗИП КЗ 1			HZ110 и HG110	DS250VG, IP20, DIN-рейка 35 мм	DV M TNS 255 FM	ОПС1-В 1P <i>DIN-рейка 35 мм</i>
1.	Номинальное рабочее напряжение* (постоянное и переменное частотой до 400 Гц), кВ, не более	0,22 / 0,38	0,22	0,22/0,38 VAC	0,23 / 0,40 В	0,40
2.	Максимальное длительно рабочее напряжение, U_{cr} ,* кВ, не более	0,25 / 0,44	0,55	0,275/0,47	0,264/0,45	0,44
3.	Остаточное напряжение* U_{res} , (пиковое значение напряжения, появляющееся на выводах УЗИП, вследствие прохождения разрядного тока) кВ, не более Тип УЗИП 1 Тип УЗИП 2	4 кВ, 2,5 кВ	нет данных*	нет данных	нет данных	нет данных
4.	Ожидаемый ток короткого замыкания источника питания*, I_p , кА	32	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
5.	Сопротивление изоляции, ГОм, не менее	>1	□ 1	нет данных	нет данных	нет данных
6.	Принцип действия	Комбинированного типа	Коммутирующий	Комбинированный	Комбинированный	Ограничивающий
7.	Число полюсов	уточняется на стадии эскизного проекта	однополюсные	Одно-, двух-, трех- и четырехполюсные	Одно-, двух-, трех- и четырехполюсные	Одно-, двух-, трех- и четырехполюсные
Параметры токов и напряжений ЭМИ						
8.	Номинальный (многократный) разрядный ток ЭМИ, * выдерживаемый каждым полюсом, кА	50	нет данных	120	нет данных	30
9.	Максимальный (однократный) разрядный ток ЭМИ, * выдерживаемый каждым полюсом, кА	75	нет данных	280	нет данных	60
10.	Длительность фронта импульсов тока ЭМИ на входе УЗИП на уровне 0,1-0,9 амплитуды, с, не более	$0,5 \times 10^{-6}$	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
11.	Длительность импульсов тока ЭМИ на входе УЗИП на уровне 0,5 амплитуды, с, не менее.	5×10^{-3}	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
12.	Скорость нарастания воздействующего импульса напряжения, кВ/мкс, не менее	100	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
13.	Количество импульсов напряжения и тока, выдерживаемых устройством без нарушения функциональных способностей, не менее	15	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В СРАВНЕНИИ С АНАЛОГАМИ



№ п/п	Наименование параметра	значения параметров ТЗ	ЗАО «Хакель Рос» (Чехия-Россия)	CITEL (Франция)	DEHN (Германия)	ООО "ИнтерЭлектро Комплект" (ИЭК) (Россия)
Параметры токов и напряжений молнии и коммутационных перенапряжений						
14.	Импульсный ток *, I_{imp} (10/350 мкс), кА	150	110	100	110	нет данных
15.	Номинальный разрядный ток*, I_n (8/20 мкс), кА	75	нет данных	120	нет данных	нет данных
16.	Коммутационные перенапряжения, кВ	4,5	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных
*) нет данных – уточнение характеристик будет выполнено на последующих этапах						

В основе применения УЗИП в составе электроустановок лежат несколько основополагающих принципов.

Одним из основных принципов применения УЗИП является зонавая концепция защиты. Основные положения этой концепции приведены в стандартах МЭК-61024-1 (1990-03) "Защита сооружений от ударов молнии. Часть 1. Общие принципы" и МЭК-61312-1 (1995-02) "Защита от электромагнитного импульса молнии. Часть 1. Общие принципы". Суть данной концепции заключается в том, что объект, подлежащий молниезащите, разбивается на три условных зоны.

Зона ОА - наружное пространство объекта вне зоны защиты внешней молниезащиты подверженное прямому удару молнии и воздействию мощных электромагнитных полей возникающих при этом;

Зона ОВ - наружное пространство объекта находящееся внутри зоны защиты внешней молниезащиты и как следствие не подверженное прямому удару молнии, но не защищенное от воздействия мощных электромагнитных полей;

Зона 1 – внутреннее пространство объекта не подверженное воздействиям прямого удара молнии и экранированное строительными конструкциями от воздействия мощных ЭМП. В этой зоне основными воздействующими факторами являются проникающие через экран строительных конструкций объекта ЭМП и импульсные перенапряжения, возникающие в результате протекания тока молнии через заземляющую установку.

Зона 2 и последующие (возможны) обеспечивают дальнейшее экранирование оборудования от воздействия ЭМП. Как правило, 3-я и последующие зоны защиты образуются корпусами и оболочками самого электрооборудования.

Предусматривается последовательное снижение уровня перенапряжений от зоны 0 к зоне 1 и далее к зоне 2, в которой устанавливается оборудование. Границей зоны 0 и зоны 1 служит внешний контур заземления и стены здания. Для систем электропитания границей этих зон является вводный щит здания. Границей зон 1 и 2, как правило, является распределительный или этажный щиток в соответствии с рисунком 1



Рисунок 1 - Зоны молниезащиты

Исходя из категории импульсной прочности изоляции электрооборудования, определяется уровень защиты применяемых УЗИП. Все УЗИП делятся на классы или ступени защиты. Существует три класса (ступени) защиты. На рисунке 2 показана взаимосвязь между зонами молниезащиты, импульсной прочностью изоляции и классами применяемых УЗИП для распределительной ТНС – системы с рабочим напряжением 0,4 кВ

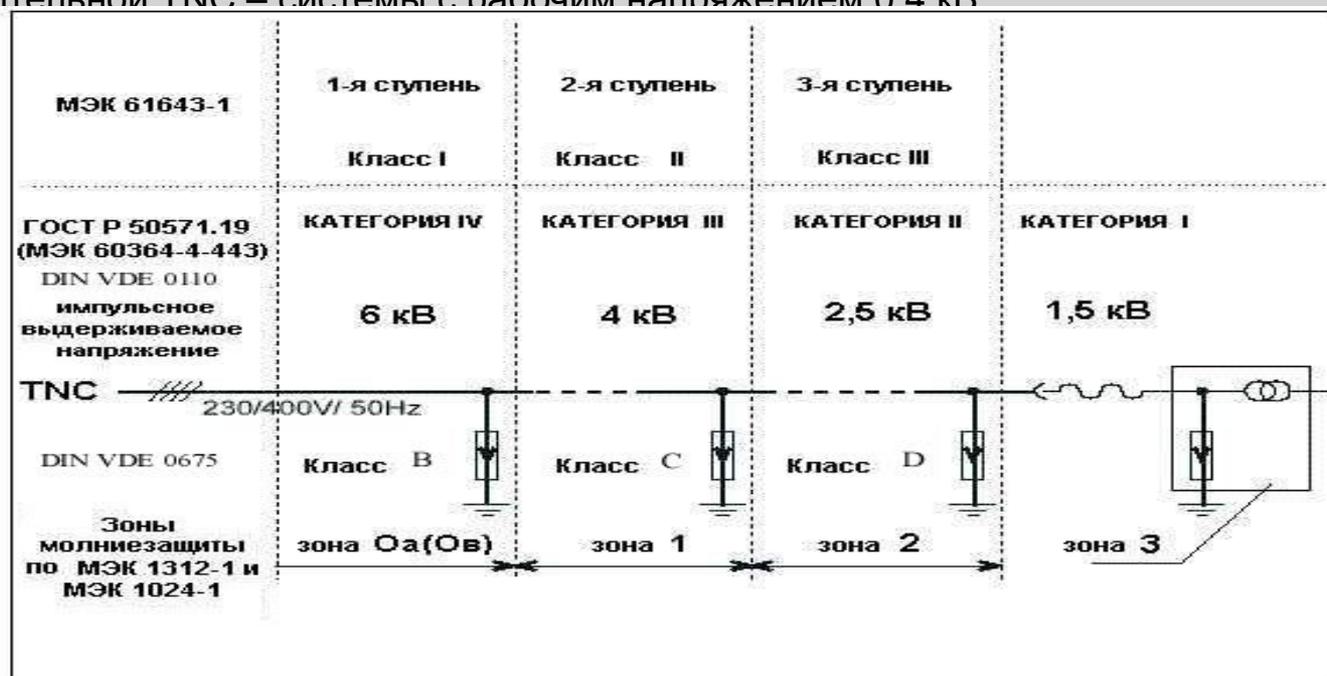


Рис. 2 Взаимосвязь между зонами молниезащиты, импульсной прочностью изоляции и классами применяемых УЗИП

Критерии защиты различными классами УЗИП и задачи, для решения которых они предназначены, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Классификация устройств защиты от перенапряжения

Тип защитного устройства	Критерии защиты	Задача защитного устройства	Место установки
Устройства защиты от импульсного перенапряжения (Класс 1, В) 1-я степень защиты	Защита от тока молнии в точках подключения наружной линии электроснабжения	Предохранить оборудование от воздействия тока молнии	Главный распределительный щит (ВРУ)
Устройства защиты от импульсного перенапряжения (Класс 2, С) 2-я степень защиты	Защита от перенапряжения вторичной распределительной сети	Защита от несимметричного (продольного) перенапряжения (L - PE) (N - PE)	Вторичный (вспомогательный) распределительный щит
Устройства защиты от импульсного перенапряжения (Класс 3, D) 3-я степень защиты	Защита от перенапряжения электрооборудования и электроприборов	Защита от симметричного (поперечного) перенапряжения (L - N)	Розетки, зажимы (клеммы) оборудования

Исходя из зоновой концепции защиты, на сегодняшний день существует несколько вариантов построения УЗИП.

В качестве элементной базы в составе УЗИП, как правило, используются воздушные и газонаполненные разрядники, варисторы и ограничительные диоды (полупроводниковые ограничители перенапряжения).

Элементы могут использоваться как самостоятельно, так и в различных комбинациях. Диапазоны применения элементной базы показаны на рисунке 3. Достоинства и недостатки элементов рассмотрены в таблице 3.

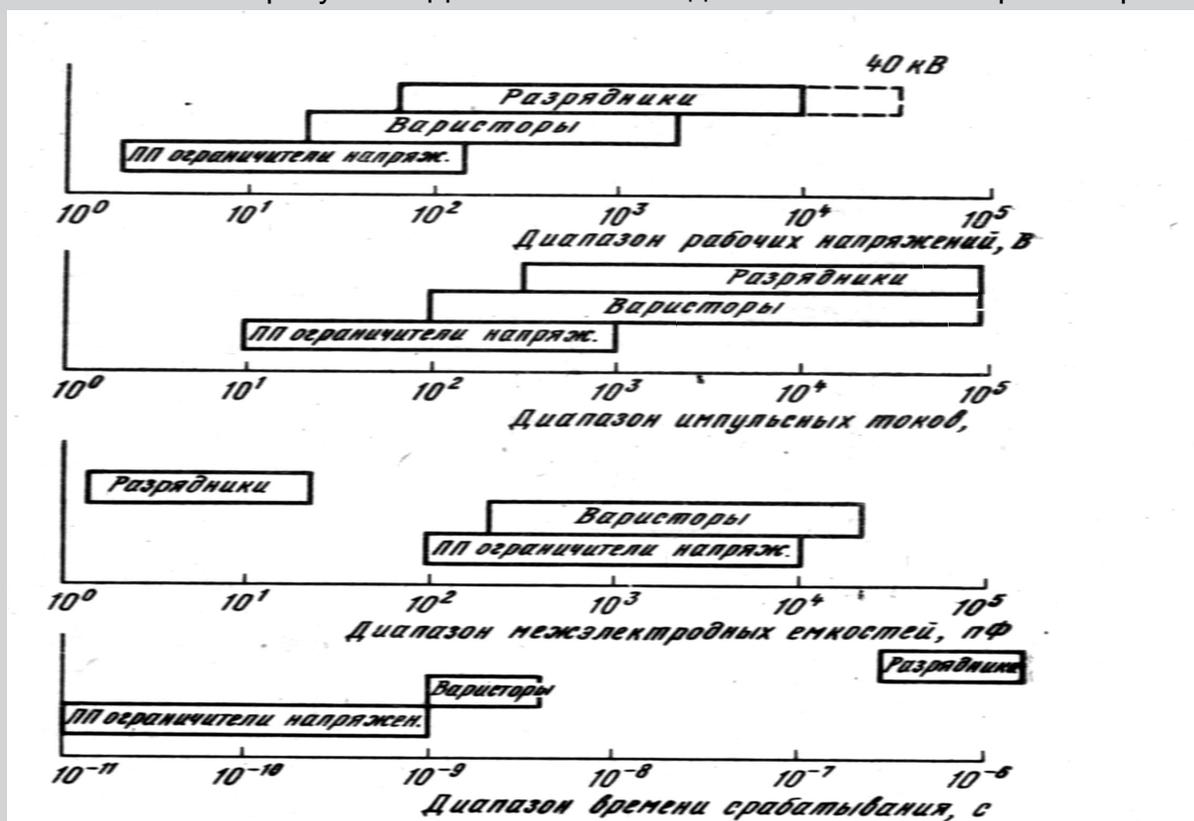


Таблица 3

Тип УЗИП	Время срабатывания	Преимущества	Недостатки	Средний срок службы
Открытые искровые разрядники	1 мкс	- очень высокая пропускная способность - очень высокий I_f	- необходимость особой конструкции распределителей с точки зрения пожарной безопасности - дорогие - высокое значение защитного уровня	15 лет
Закрытые искровые разрядники	1 мкс	- высокая пропускная способность - высокий I_f	- дорогие - высокое значение защитного уровня - низкая пожарная безопасность	15 лет
Газонаполненные разрядники и некоторые типы закрытых искровых разрядников	100 нс	- средняя пропускная способность	- очень низкий I_f - дорогие - высокое значение защитного уровня	15 - 20 лет
Варисторы	25 нс	- достаточно высокая пропускная способность - дешёвые - быстродействующие - низкое значение защитного уровня	- необходимость оснащения встроенным внутренним разьединителем - существенное удорожание при увеличении пропускной способности	15 лет
Ограничительные диоды	пс	- сверхбыстродействующие - очень низкое значение защитного уровня	- низкая пропускная способность	11 - 17 лет
Открытые искровые разрядники	1 мкс	- очень высокая пропускная способность - очень высокий I_f	- необходимость особой конструкции распределителей с точки зрения пожарной безопасности - дорогие - высокое значение защитного уровня	15 лет

Анализ характеристик элементной базы обуславливает применение УЗИП, изготовленных из типовых элементов.

УЗИП изготовленные на базе воздушных разрядников относятся к коммутирующему типу (ГОСТ Р 51992-2002) и применяются только в качестве первой степени защиты от перенапряжений (класс 1). Часто их еще называют разрядниками тока молнии. Они обладают самой высокой пропускной способностью, но обеспечивают недостаточную защиту от импульсного напряжения. Недостаточная способность гашения сопровождающих токов вызывает необходимость усложнять конструкцию УЗИП и применять в качестве дополнительной защиты быстродействующие плавкие предохранители.

УЗИП изготовленные на базе газонаполненных разрядников также относятся к коммутирующему типу (ГОСТ Р 51992-2002) и применяются в качестве второй степени защиты от перенапряжений, а также в комбинированных схемах защиты применяемых в третьей степени защиты и для защиты систем передачи данных

УЗИП изготовленные на базе варисторов относятся к ограничивающему типу (ГОСТ Р 51992-2002) и являются наиболее универсальными так как применяются в качестве всех трех ступеней защиты (классы 1,2, и 3), а также для защиты систем передачи данных с низкой частотой рабочего сигнала. В состав УЗИП изготовленных на базе варисторов обязательно должен входить защитный тепловой расцепитель. Задачей расцепителя является отключение УЗИП при появлении устойчивой неисправности варистора (значительного увеличения тока утечки через варистор).

УЗИП изготовленные на базе полупроводниковых ограничителей перенапряжения применяются для защиты систем передачи данных, как в комбинированных схемах защиты, так и самостоятельно

- АО "НИИ" Гириконд" (г. Санкт-Петербург) – варисторы ВР-4, 9,10,11,12 категории качества «ОТК»;
- ООО "ЗВЭК "Прогресс" (Республика Коми, г. Ухта) - варисторы СН2-1 категории качества «ОТК», СН2-2 категории качества «ВП»;
- НПО «Полимер-Аппарат» (г. Санкт-Петербург) - ограничители напряжений ОПНп-0,4/300/0,45 УХЛ2-I на основе варисторов немецкой фирмы [EPCOS](#);
- ООО «Балтэнерго» совместно с НПО «Дельта» (г. Санкт-Петербург) ограничители напряжений ОПН-П-0,4/0,45/10/450/УХЛ1 на базе последовательно соединенных металлооксидных варисторов, а также регистраторы срабатывания ограничителя;
- ООО "Вакуумные компоненты" (г. Рязань) – неуправляемые разрядники категории качества «ВП» Р-64, Р63 категории качества «ВП»;
- АО "ПЛАЗМА" (г. Рязань) – неуправляемые разрядники Р64 категории качества «ВП», управляемые разрядники РУ-65, РТ-53 категории «ВП»

Изготовление УЗИП планируется проводить с использованием изделий выпускаемых данными предприятиями с учётом имеющегося опыта и наработок.

В соответствии с п. 3.1.1.2 ТЗ устройства защиты должны иметь индикаторы срабатывания и устройства диагностики состояния. Кроме того, в соответствии с п.3.1.1.3 Каждое устройство типоряда должно обеспечивать аппаратное сопряжение и информационное взаимодействие с существующими системами (аппаратное соединение, характеристики сигналов, информационный протокол, уровни и объём информации и т.д.)

Исходя из этих требований, изделие будет содержать узел обеспечивающий регистрацию прохождения импульсного тока большой величины. Сигнал от этого узла поступает в блок обработки сигнала и необходимую информацию отправляет по протоколу на пульт оператора. В качестве узла регистрации тока может быть применена катушка индуктивности. При срабатывании УЗИП и прохождении тока через него в регистрирующей катушке индуцируется ток, который поступает на вход блока обработки сигнала для обработки.

Главной интеллектуальной частью системы диагностики является микросхема имеющая в своём составе узел аналого-цифрового преобразования (АЦП) и узел передачи данных по протоколу на верхний уровень. В качестве такой микросхемы может быть 1986ВЕ91Т (производство АО "ПКК Миландр" г. Москва) имеющая все необходимые аппаратные возможности для решения данной задачи.

На этапе технического проекта будет выполнен макет устройства диагностики с применением подобного рода микросхем

На рисунке 4 представлен макетный образец поясняющий основной принцип работы УЗИП. Имеется в составе защитный элемент **разрядник** (устанавливается между фазным проводником и проводником заземления). Он позволяет отводить токи большой величины. Дополнительно могут быть установлены защитные элементы на основе **варисторов** также между фазным и заземляющим проводником. Сочетание защитных элементов разрядника + варисторов обеспечивают защиту оборудования

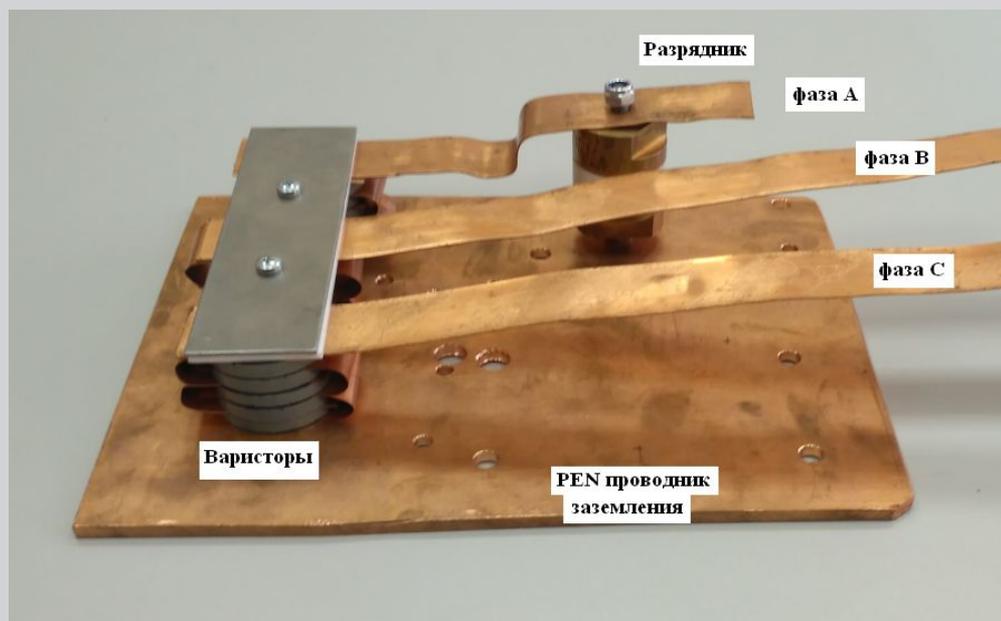


Рис. 4 Макетный образец УЗИП 1

Требование ТЗ (пункт)	Уточнение требования ТЗ	Обоснование уточнений
<p>3.1.1.2 Каждое устройство состоит из следующих элементов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - корпус устройства защиты; -токоограничивающие элементы (оксидно-цинковые нелинейные резисторы, динисторы, вакуумные камеры и др.), состав которых уточняется на этапе эскизного проектирования; - корпус и крепежная арматура; -индикаторы срабатывания или защиты, -устройства диагностики состояния. 	<p>- токоограничивающие элементы (управляемые и неуправляемые разрядники, оксидно-цинковые варисторы) конкретный состав уточняется по результатам технического проекта</p>	<p>Проведённый анализ построения устройств данного класса на эскизном проекте показал применение управляемых и неуправляемых разрядников, а также оксидно-цинковых варисторов</p>
<p>3.1.1.3 Каждое устройство типоряда должно обеспечивать аппаратное сопряжение и информационное взаимодействие с существующими системами (аппаратное соединение, характеристики сигналов, информационный протокол, уровни и объём информации и т.д.) (уточняется на этапе эскизного проектирования).</p>	<p>Каждое устройство типоряда должно обеспечивать аппаратное сопряжение и информационное взаимодействие с существующими системами по протоколу RS-485 (уточняется на этапе технического проекта)</p>	<p>Проведённый анализ построения устройств данного класса на эскизном проекте показал использование протокола RS-485 при решении задач аппаратного соединения</p>
<p>п. 3.1.2.3 Таблица 1 п.7 уточнить число полюсов УЗИП, а также Примечание 2 Таблицы 1 - Параметры остаточного напряжения, уровней защиты и номинальных токов ЭМИ и молнии уточняются на стадии эскизного проекта по результатам расчетных оценок воздействия ЭМИ и молнии на системы электроснабжения типовых объектов и результатам испытаний модельных и макетных образцов УЗИП.</p>	<p>число полюсов от 1 до 4 требование уточняется на этапе технического проекта; параметры остаточного напряжения, уровней защиты и номинальных токов ЭМИ и молнии уточняются на стадии технического проекта по результатам расчетных оценок воздействия ЭМИ и молнии на системы электроснабжения типовых объектов и результатам испытаний модельных и макетных образцов УЗИП</p>	<p>Проведённый анализ построения устройств данного класса на эскизном проекте показал использование полюсов от 1 до 4-х в УЗИП;</p>

На этапе выполнения эскизного проекта была проделана следующая работа:

- в общем виде рассмотрена проблема стоящая перед созданием устройств защиты инженерных объектов;
- рассмотрены варианты схмотехнических решений построения УЗИП;
- приведены основные принципиальные схемы по созданию УЗИП различного класса;
- рассмотрены устройство и свойства защитных элементов применяемых для изготовления УЗИП, а также их отличительные особенности;
- рассмотрены конструктивные варианты построения УЗИП различного класса, а также особенности организации устройств защиты;
- выполнен анализ требований технического задания, указаны основные способы выполнения заданных требований;
- для построения устройства диагностики предложена микросхема отечественного производства 1986BE91T (производство АО "ПКК Миландр» г. Москва), необходимость её применения будет подтверждена на этапе технического проекта;
- разработан ПОНр на УЗИП;
- разработаны и изготовлены макетные образцы УЗИП;
- проведены патентные исследования;
- проведён анализ элементной базы и технологий, используемых при разработке УЗИП