

**СТРОИТЕЛЬСТВО ПС 110 КВ ЕРМОЛИНО С УСТАНОВКОЙ ДВУХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 110/10 КВ МОЩНОСТЬЮ 25
МВА КАЖДЫЙ И ЗАХОДОВ ОТ ВЛ 110 КВ ИКША -БЕЛЫЙ РАСТ № 3
НА ПС 110 КВ ЕРМОЛИНО С ОБРАЗОВАНИЕМ ВЛ 110 КВ ИКША 1 -
ЕРМОЛИНО И ВЛ 110 КВ БЕЛЫЙ РАСТ - ЕРМОЛИНО**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 10. Иная документация в случаях, предусмотренных
законодательными и иными нормативными правовыми актами**

Российской Федерации

Часть 1. Решения по электромагнитной совместимости

ПС 110 кВ Ермолино

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС

Том 10.1

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

РОССЕТИ



0 120000 779833



ООО «СпецЭМС»
ИНН 7709739316, КПП 771401001
Р/с 40702810804001170754 в Филиал «Корпоративный»
ПАО «Совкомбанк»
К/с 30101810445250000360, БИК 044525360

«СОГЛАСОВАНО»

Главный инженер проекта

ООО «СвязьЭнергоСтрой»

_____ **П.А. Александров**

«___» _____ **2025г.**

**СТРОИТЕЛЬСТВО ПС 110 КВ ЕРМОЛИНО С УСТАНОВКОЙ ДВУХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 110/10 КВ МОЩНОСТЬЮ 25
МВА КАЖДЫЙ И ЗАХОДОВ ОТ ВЛ 110 КВ ИКША -БЕЛЫЙ РАСТ № 3
НА ПС 110 КВ ЕРМОЛИНО С ОБРАЗОВАНИЕМ ВЛ 110 КВ ИКША 1 -
ЕРМОЛИНО И ВЛ 110 КВ БЕЛЫЙ РАСТ - ЕРМОЛИНО**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 10. Иная документация в случаях, предусмотренных
законодательными и иными нормативными правовыми актами**

Российской Федерации

Часть 1. Решения по электромагнитной совместимости

ПС 110 кВ Ермолино

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС

Том 10.1

Генеральный директор

Костин М.К.

Главный инженер проекта

Слесарев А.Ю.

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

2025

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Оглавление

СОДЕРЖАНИЕ ТОМА.....	2
СОСТАВ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
СПРАВКА ГЛАВНОГО ИНЖЕНЕРА ПРОЕКТА	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ.....	4
1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ НАСТОЯЩЕЙ РАБОТЫ	5
2 АНАЛИЗ ЭМО	6
2.1 Перечень источников внешних электромагнитных воздействий.....	6
2.2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	7
2.3 ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО.....	7
2.3.1 ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО НА ОТКРЫТОЙ ТЕРРИТОРИИ ПС.....	7
2.3.2 ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЗДАНИЙ ПС.....	8
2.3.3 КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ ПС	8
2.4 ОЦЕНКА РАЗНОСТЕЙ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ЭЛЕМЕНТАХ ЗУ ПРИ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ	8
2.5 МОЛНИЕЗАЩИТА.....	9
2.5.1 СИСТЕМА МОЛНИЕЗАЩИТЫ ПС	9
2.5.2 ОЦЕНКА РАЗНОСТЕЙ ПОТЕНЦИАЛОВ ПРИ МОЛНИЕВОМ РАЗРЯДЕ В ПРОЕКТНУЮ СИСТЕМУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ.....	10
2.6 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ	10
2.7 СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ПОСТОЯННЫМ И ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ.....	11
2.7.1 СИСТЕМА ПИТАНИЯ МП АППАРАТУРЫ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ.....	11
2.7.2 СИСТЕМА ПИТАНИЯ МП АППАРАТУРЫ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ	11
2.8 УРОВНИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В МЕСТАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ АППАРАТУРЫ.....	11
2.8.1 МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В НОРМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ	12
2.8.2 МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ	12
2.8.3 МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПРИ РАЗРЯДЕ МОЛНИИ В СИСТЕМУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ПС.....	12
2.9 ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ РАЗРЯДЫ.....	12
2.10 ЗАЩИТА ОТ ПРОЧИХ ИСТОЧНИКОВ ПОМЕХ	13
2.11 ЗАЗЕМЛЕНИЕ ШКАФОВ И ПАНЕЛЕЙ	13
2.12 ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭКРАНОВ КАБЕЛЕЙ.....	13
2.13 ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ.....	13
2.14 РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗУ ПС.....	14
2.15 ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩАЕМОЙ НА ПС МП АППАРАТУРЕ В ЧАСТИ ЭМС	15
ВЫВОДЫ	17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ А СХЕМЫ ПС	20
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ПРОТОКОЛЫ РАСЧЕТОВ	25

Взам. инв. №.		Подп. и дата																
Инв. №				Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ														
				Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Пояснительная записка			Стадия	Лист	Листов			
													П	1	33			
				Разработал		Слесарев			07.25							ООО «СпецЭМС»		
				ГИП		Слесарев			07.25									
				Н. контр.		Костин			07.25									

Используемые термины и сокращения

АБ	Аккумуляторная батарея
АИИС КУЭ	Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом
ВЧ	Высокочастотный (-ая)
ВЛ	Воздушная линия
ЗУ	Заземляющее устройство
ЗРУ	Закрытое распределительное устройство
ИМП	Импульсное магнитное поле
КЗ	Короткое замыкание
МП	Микропроцессорный
МППЧ	Магнитное поле промышленной частоты
МЭК	Международная электротехническая комиссия
ОПН	Ограничитель перенапряжения
ОПУ	Оперативный пункт управления
ОРУ	Открытое распределительное устройство
ПА	Противоаварийная автоматика
ПС	Подстанция
ПУЭ	Правила устройства электроустановок
НТД	Нормативно-техническая документация
РЗА	Релейная защита и автоматика
РД	Руководящий документ
СО	Стандарт организации
ТЗ	Техническое задание
ТСН	Трансформатор собственных нужд
УЗИП	Устройство защиты от импульсных перенапряжений
ШУП	Шина уравнивания потенциалов
ЩПТ	Щит постоянного тока
ЩСН	Щит собственных нужд ~0.4 кВ
ЭМО	Электромагнитная обстановка
ЭМС	Электромагнитная совместимость

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

Лист

2

1 Цели и задачи настоящей работы

На текущий момент, в рамках строительства ПС 110 кВ «Ермолино», проводится разработка проектной документации. Таким образом, согласно действующей нормативно-технической документации, необходимо провести расчетную оценку электромагнитной обстановки и разработать раздел проектной документации: «Решения по электромагнитной совместимости» для ПС 110 кВ «Ермолино».

МП устройства отличаются от традиционных электромеханических устройств повышенной чувствительностью к электромагнитным помехам. На объектах электроэнергетической отрасли, как правило, имеются в наличии мощные источники электромагнитных помех, поэтому возникает необходимость выполнения работ по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) МП аппаратуры с существующей электромагнитной обстановкой (ЭМО).

Для обеспечения ЭМС МП аппаратуры необходимо соблюдение двух условий:

- МП устройства должны соответствовать уровням помехоустойчивости (проходить испытания на помехоустойчивость в соответствии с классами жесткости), предусмотренным соответствующими государственными и отраслевыми нормативно-техническими документами;
- уровни электромагнитных помех на объектах электроэнергетики не должны превышать предельно допустимых значений для МП устройств.

Целью настоящей работы является расчетное определение электромагнитной обстановки по условиям обеспечения электромагнитной совместимости МП аппаратуры на ПС на стадии проектной документации. Подготовка раздела проекта с принципиальными решениями по обеспечению ЭМС электронной аппаратуры.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ			Лист
									3

2 Анализ ЭМО

2.1 Перечень источников внешних электромагнитных воздействий

Внешние источники электромагнитных воздействий, которые могут оказывать негативное влияние на МП аппаратуру следующие:

- Аварийные процессы в сетях выше 1 кВ

При протекании аварийных процессов (например, КЗ) в сетях классов напряжения выше 1 кВ по проводникам ЗУ и естественным заземлителям протекают токи промышленной частоты с амплитудой до нескольких десятков кА, длительность которых обусловлена временем срабатывания защиты. При этом между различными точками ЗУ возникают разности потенциалов, величина которых зависит от сопротивления элементов ЗУ и качества электрической связи между ними. Если между точками ЗУ, имеющими разный потенциал, проходит трасса кабелей управления, измерения или сигнализации, то указанная разность потенциалов может быть приложена к изоляции кабелей и/или к входам аппаратуры, на которую заходят эти кабели.

Также при протекании токов КЗ по проводам, и по заземлителям, в пространстве вблизи них возникает МППЧ, напряженность которого зависит от конфигурации проводников, расстояния до них и от величины токов КЗ.

Ток КЗ имеет, кроме составляющей промышленной частоты, ВЧ составляющую. Процессы, связанные с протеканием ВЧ составляющей тока КЗ по проводникам заземления, отличаются от процессов, связанных с протеканием составляющей промышленной частоты. Это объясняется различием параметров ЗУ на высоких и на низких частотах.

- Молниевые разряды в элементы системы молниезащиты объекта

При разряде молнии в молниеотвод, установленный на территории объекта, по проводникам системы заземления протекает импульсный ток амплитудой несколько десятков кА, продолжительностью несколько микросекунд. Разности потенциалов, возникающие при этом между различными точками ЗУ, зависят от импульсного сопротивления элементов ЗУ. Импульсное сопротивление значительно отличается от сопротивления на промышленной частоте, поэтому характер распределения потенциалов на ЗУ при разрядах молнии отличается от характера распределения потенциалов в режимах КЗ. Импульсные разности потенциалов могут быть приложены к изоляции вторичных цепей и к входам аппаратуры.

Также, при протекании импульсных токов молнии по проводникам системы заземления возникают ИМП, способные оказывать влияние на МП аппаратуру.

- Процессы в сетях выше 1 кВ в нормальном режиме работы

В нормальном режиме работы сетей классов напряжения выше 1 кВ в пространстве вблизи фазных проводников присутствуют МППЧ, способные влиять на работу МП аппаратуры.

- Коммутационные операции в сетях выше 1 кВ

Во время выполнения коммутационных операций в сетях классов напряжения выше 1 кВ происходят переходные процессы, характеризующиеся возникновением в первичной сети ВЧ составляющих токов и напряжений. При этом возможно проникновение ВЧ помех во вторичные цепи через измерительные трансформаторы и фильтры присоединения, а также в результате взаимной индукции между первичными и вторичными кабелями.

- Процессы в сетях до 1 кВ (аварийные и в нормальном режиме работы)

Работа оборудования классов напряжения до 1 кВ в нормальных и в аварийных режимах характеризуется возникновением в пространстве вблизи оборудования и вблизи проводников системы заземления МППЧ, способных воздействовать на МП аппаратуру.

Кроме этого, при срабатывании электромеханических коммутационных аппаратов классов напряжения до 1 кВ, могут происходить переходные процессы, характеризующиеся

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №	Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ						Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					4

возникновением импульсных перенапряжений продолжительностью несколько наносекунд, амплитудой до 2-4 кВ, которые могут воздействовать на входы МП аппаратуры.

- Электростатические разряды

При разрядах статического электричества происходят импульсы тока, длительность которых может быть менее 1 нс. Такие импульсы тока оказывают воздействие на цепи МП аппаратуры через паразитные емкостные связи. Результатом обычно является возникновение сбоев, «зависания» и перезагрузки цифровой аппаратуры.

- Другие источники воздействий, в том числе радиосредства

Радиооборудование может генерировать радиочастотные электромагнитные поля, способные наводить помехи в кабелях, служащих для передачи информации. Например, при использовании раций в помещениях релейного щита возможно воздействие радиочастотных электромагнитных полей на аппаратуру РЗА.

2.2 Общие сведения

Площадка ПС 110 кВ «Ермолино» (далее ПС) расположена в Московской обл., Дмитровском г.о. В районе расположения ПС уровень грозовой активности составляет 20-40 часов в год (согласно карте грозовой активности, ПУЭ 7-е издание). Средняя глубина промерзания грунта в зимний период – 1,2 м (согласно материалам инженерно-геологических изысканий).

Принимаемые параметры грунта, согласно измерениям выполненным на объекте, в летний период: ρ – 100 Ом·м; в зимний период: принято значение 300 Ом·м (сезонный коэффициент принимается равным 3, согласно РД 153-34.020.525-00), для верхнего слоя, 100 Ом·м для нижнего слоя, глубина раздела слоев 1,2 м.

На данном этапе ПС предусматривается выполнить следующее:

Возведение ОРУ 110 кВ, Установка двух трансформаторов Т-1, Т-2. Установка блочно-модульного здания ОПУ совмещенного со ЗРУ 10 кВ, прочих зданий и сооружений.

ЭМС оборудования встроенного в комплектные ячейки обеспечивает производитель комплектных ячеек, ЭМС оборудования встроенного в блочно-модульные здания заводской готовности обеспечивает производитель зданий. Схему ЗУ в блочно-модульных зданиях заводской готовности, разрабатывает поставщик зданий.

2.3 Заземляющее устройство

Геометрические характеристики общего заземляющего устройства на территории энергообъекта непосредственно влияют на условия обеспечения ЭМС МП аппаратуры, установленной на данном объекте.

2.3.1 Заземляющее устройство на открытой территории ПС

Рекомендуемая схема ЗУ на открытой территории ПС, приведена в Приложении А (см. Рисунок А.1), данная схема уточняется на стадии разработки рабочей документации.

Сечение заземляющего проводника выбирается по условиям тепловой устойчивости. Расчет сечения заземляющего проводника по условиям тепловой устойчивости производится в соответствии с п. 15.2.6 [32] по формуле:

$$S = I_{\text{кз}} \cdot S_{\text{Iкз}} \cdot \sqrt{t + 0,09}$$

Где:

$I_{\text{кз}}$ - ток короткого замыкания, (кА);

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

Лист

5

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №	установленной на данном объекте.						
			2.3.1 Заземляющее устройство на открытой территории ПС						
			Рекомендуемая схема ЗУ на открытой территории ПС, приведена в Приложении А (см. Рисунок А.1), данная схема уточняется на стадии разработки рабочей документации.						
			Сечение заземляющего проводника выбирается по условиям тепловой устойчивости. Расчет сечения заземляющего проводника по условиям тепловой устойчивости производится в соответствии с п. 15.2.6 [32] по формуле:						
$S = I_{\text{кз}} \cdot S_{\text{1кА}} \cdot \sqrt{t + 0,09}$									
Где:									
$I_{\text{кз}}$ - ток короткого замыкания, (кА);									
						Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ			Лист
									5
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				

$S_{1кА}$ - допустимое сечение для тока в 1 кА продолжительностью воздействия 1 секунда;

t - время срабатывания защиты от КЗ, (сек).

По результатам расчета, минимальное сечение горизонтального заземлителя в ОРУ 110 кВ составило 193 мм² при расчетном токе замыкания на землю – 19,730 кА, минимальное сечение заземляющего спуска – 228 мм² и времени срабатывания защиты не более 0,4 с (время срабатывания защиты на стороне 110 кВ принято 0,4 с), по условиям термической стойкости к токам КЗ.

По результатам расчета, минимальное сечение горизонтального заземлителя в ЗРУ 10 кВ составило 161 мм² при расчетном токе замыкания на землю – 16,558 кА, минимальное сечение заземляющего спуска – 190 мм² и времени срабатывания защиты не более 0,395 с (время срабатывания защиты на стороне 10 кВ принято 0,395 с), по условиям термической стойкости к токам КЗ.

Горизонтальные заземлители для данной ПС выполняются из стали полосовой оцинкованной сечением 50х5 мм, спуски от оборудования 110/10 кВ предусмотрены из полосовой стали сечением 50х5 мм, что соответствует условиям коррозионной стойкости, в соответствии с техническим циркуляром №11 от 16 октября 2006 г. Ассоциации «Росэлектромонтаж». Вертикальные заземлители выполняются из стали круглой диаметром 18 мм, длиной 5 м.

Горизонтальные заземлители прокладываются на глубине 0,7 м.

Указанные выше решения соответствуют требованиям НТД.

2.3.2 Заземление зданий ПС

Вокруг здания ОПУ проложен в земле на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания, контурный заземлитель, соединенный с системой уравнивания потенциалов здания в четырех местах. Данное решение соответствует требованиями НТД.

2.3.3 Конструкция системы заземления в помещениях зданий ПС

МП аппаратура устанавливаемая по данному титулу будет располагаться в здании ОПУ.

Схема заземления в помещениях здания ОПУ должна удовлетворять требованиям НТД с точки зрения ЭМС. Заземление должно быть выполнено в соответствии с разделом 10 [32]. Система заземления в здании ОПУ разрабатывается заводом изготовителем здания.

ЭМС МП аппаратуры встроенной в комплектные ячейки 10 кВ обеспечиваются заводом изготовителем комплектных ячеек.

2.4 Оценка разностей потенциалов на элементах ЗУ при замыканиях на землю

Для оценки разности потенциалов (приложенных к изоляции и/или входам устанавливаемой МП аппаратуры) на ЗУ при КЗ в сетях выше 1 кВ, была создана расчетная модель. Материал, сечение и трассы прокладки заземлителей в расчетной модели выбирались в соответствии с данными, представленными в Разделе 2.3.1.

Расчеты выполнялись с использованием специализированного зарегистрированного программного обеспечения «ОРУ-Проект» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010611520).

Принимаемые параметры грунта, согласно измерениям выполненным на объекте, в летний период: ρ – 100 Ом·м (значение принято для суглинков, в соответствии с материалами инженерно-геологических изысканий); в зимний период: принято значение 300 Ом·м (сезонный коэффициент принимается равным 3, согласно РД 153-34.020.525-00), для верхнего слоя, 100 Ом·м для нижнего

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

Инв. № подл.	Взам. Инв. №				
	Подпись и дата				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

слоя, глубина раздела слоев 1,2 м (глубина промерзания грунта принята 1,2 метра в соответствии с материалами инженерно-геологических изысканий).

В соответствии с результатами расчетов, значение сопротивления растеканию ЗУ ПС с учетом естественных заземлителей, не превысит 0,48 Ом в любое время года, что удовлетворяет требованию п. 1.7.90 ПУЭ, 7-е издание (не более 0,5 Ом) см. протокол 7..

При возникновении замыкания на землю в сети 110/10 кВ потенциал на ЗУ не превысит 9,470 кВ в любое время года, что удовлетворяет требованиям п. 1.7.89 ПУЭ, 7-е издание. Меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики не требуются.

Наибольшее напряжение прикосновения при возникновении замыкания на землю в сети 110 кВ составляет порядка 30 В. Данное значение удовлетворяет требованиям, нормированным в ГОСТ Р 12.1.038-2024 при продолжительности воздействия свыше 1 с. При времени срабатывания защиты свыше 0,4 с (время срабатывания защиты для данной ПС принято 0,4 с) допустимое напряжение прикосновения составляет 165 В (ГОСТ Р 12.1.038-2024).

Наибольшее напряжение шага при возникновении замыкания на землю в сети 110 кВ составляет порядка 100 В. Данное значение удовлетворяет требованиям, нормированным в ГОСТ Р 12.1.038-2024 при продолжительности воздействия свыше 1 с. При времени срабатывания защиты свыше 0,4 с (время срабатывания защиты для данной ПС принято 0,4 с) допустимое напряжение шага составляет 900 В (ГОСТ Р 12.1.038-2024).

Максимальная величина расчетного тока замыкания на землю в сети 110 кВ принималась 19,730 кА, в сети 10 кВ – 16,558 кА.

При оценке разностей потенциалов, приложенных к изоляции вторичных цепей, и/или входам устанавливаемой МП аппаратуры при КЗ, рассматривались наиболее опасные случаи КЗ на территории ПС – КЗ на наиболее удаленных от помещений с МП аппаратурой аппаратах на ОРУ 110 кВ. Результаты расчетов приведены в Приложении Б (см. Протокол 1).

В соответствии с результатами расчетов, в результате замыкания на землю в сети 110/10 кВ, максимально возможное значение разности потенциалов, которая будет приложена к изоляции вторичных цепей и/или входам МП аппаратуры, составит 0,360 кВ. Данное значение не превышает нормируемой в соответствии с [23] величины (2000 В).

Согласно данным [31], наибольшее значение ВЧ составляющей тока КЗ для ОРУ 110 кВ – 1 кА, 1 МГц.

Результаты расчетов ВЧ напряжений, воздействующих на входы МП аппаратуры и ее вторичные цепи при возникновении КЗ на землю в сети 110 кВ, приведены в Приложении Б (см. Протокол 2).

В соответствии с результатами расчетов, уровень ВЧ помехи не будет представлять опасности для устанавливаемой МП аппаратуры, испытанной по 4 степени жесткости (4 кВ) испытаний на устойчивость к воздействию микросекундных импульсных помех большой энергии в соответствии с [14].

2.5 Молниезащита

2.5.1 Система молниезащиты ПС

Защита от прямого удара молнии оборудования ПС осуществляется при помощи молниеприемников установленных на прожекторных мачтах и порталах 110 кВ. Схема молниезащиты выполнена в соответствии [28], схема молниезащиты удовлетворяет требованиям НТД, см. Рисунок А.2. Боковые проекции защитных зон молниеотводов с указанием характерных высот приведены на рисунке А.3, боковая проекция защитных зон молниеотводов для разреза 1-1 приведена на Рисунке А.4.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №	испытаний на устойчивость к воздействию микросекундных импульсных помех большой энергии в соответствии с [14].					
			2.5 Молниезащита					
			2.5.1 Система молниезащиты ПС					
			Защита от прямого удара молнии оборудования ПС осуществляется при помощи молниеприемников установленных на прожекторных мачтах и порталах 110 кВ. Схема молниезащиты выполнена в соответствии [28], схема молниезащиты удовлетворяет требованиям НТД, см. Рисунок А.2. Боковые проекции защитных зон молниеотводов с указанием характерных высот приведены на рисунке А.3, боковая проекция защитных зон молниеотводов для разреза 1-1 приведена на Рисунке А.4.					
						Д208320-330739Пир-227.0-ЭМС-ПЗ		Лист
								7
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			

Расчеты выполнялись с использованием специализированного зарегистрированного программного обеспечения «ОРУ-Проект» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010611520).

В соответствии с [28] величина амплитуды импульса тока молнии была принята 100 кА. Параметры импульса тока молнии выбраны в соответствии с [29] (10/350 мкс). Расчеты проводились для значения удельного сопротивления грунта в летний период $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Были проведены расчеты при ударах молнии во все молниеприемники на территории ПС.

Результаты расчетов значений максимальных импульсных напряжений, воздействующих на входы устанавливаемой МП аппаратуры и ее вторичные цепи при молниевых разрядах в систему молниезащиты ПС, приведены в Приложении Б (см. Протокол 3).

В соответствии с результатами расчетов, наибольшая импульсная разность потенциалов, приложенная к входам устанавливаемой МП аппаратуры при ударах молнии в систему молниезащиты ПС, составила 3,50 кВ, для экранированных кабелей с обязательным заземлением экрана с двух сторон. Это соответствует требованиям [14] – не более 4 кВ для аппаратуры, испытанной по 4 степени жесткости.

Импульсные помехи при ударах молнии в систему молниезащиты ПС не будут представлять опасности для устанавливаемого оборудования при одновременном выполнении следующих условий:

- соответствии уровня помехоустойчивости планируемой к установке на ПС МП аппаратуры 4-й и выше степени жесткости испытаний на устойчивость к воздействию микросекундных импульсных помех большой энергии (при значении импульса напряжения 4,0 кВ в соответствии с [14]);
- применению в качестве вторичных цепей МП аппаратуры экранированных кабелей с обязательным заземлением экранов этих кабелей с двух сторон (в этом случае, в соответствии с данными [31] коэффициент ослабления импульсного сигнала принимается равным 6).

2.6 Мероприятия по защите от импульсных помех

Для защиты планируемой к установке на ПС МП аппаратуры от импульсных разностей потенциалов при молниевых разрядах и при воздействии ВЧ составляющей тока КЗ, вторичные цепи данного оборудования (в соответствии с требованиями п. 3.4.11 ПУЭ (6-е издание) и п. 9.2.7 [31]) планируется выполнить экранированными кабелями с обязательным заземлением экранов с двух сторон (в соответствии с требованием п. 8.6 [31]). При применении для аппаратуры экранирующих шкафов, заземление экранов кабелей необходимо произвести вне экранируемого объема (или на специально предназначенных для этого клеммных планках). На открытой территории ПС заземление экранов кабелей должно быть выполнено по кратчайшему пути на ближайший элемент ЗУ; при этом место заземления экранов должно быть защищено от влияния атмосферных осадков и от возможных механических повреждений. Заземление экранов кабелей должно быть обеспечено, по возможности, по всему периметру с помощью специальных металлических хомутов, пайки или сварки. Наглядные примеры заземления экранов кабелей приведены в приложении Е [31].

Сечение заземляющего проводника экрана кабеля должно быть не менее сечения экрана кабеля.

При прокладке экранирующих кабелей необходимо выполнение следующих условий:

- непрерывность экранов кабелей от передатчика сигнала до его приемника;

- отсутствие нарушений целостности экранов кабелей (отверстий, продольных разрезов и т.п.).

Расчеты термической стойкости (см. Приложение Б, Протокол 1) при протекании по экрану кабеля тока КЗ, показали, что при времени отключения до 0,4 с максимальная температура, до которой нагреется экран кабеля, не превысит 10 °С. Данное значение удовлетворяет требованию ГОСТ Р 52736-2007 (не более 160 °С при наличии поливинилхлоридной изоляции).

2.7 Системы питания постоянным и переменным током

2.7.1 Система питания МП аппаратуры переменным током

Питание планируемой к установке на ПС МП аппаратуры переменным током выполняется по схеме TN-C-S, что удовлетворяет требованиям п. 12.5 [31].

При размещении осветительных приборов системы освещения территории ПС на мачтах, порталах с молниеприемниками, при разрядах молнии в эти мачты, в сети собственных нужд существует вероятность возникновения импульсных помех, способных привести к возникновению сбоев или отказам в работе аппаратуры. Для защиты от таких помех на общие шины питания каждой из секций ЩСН рекомендуется установить комбинированные УЗИП 1-го и 2-го классов защиты для системы TN-C-S. Эти УЗИП необходимо заземлить по кратчайшему пути на ближайший элемент заземляющей сетки (системы заземления) помещения, в котором установлен ЩСН в соответствии с инструкцией производителя.

Для уменьшения опасности распространения импульсных помех при разрядах молнии на прожекторные мачты, цепи питания прожекторов на мачтах выполнить следующим образом:

- кабель питания прожекторов проложить в стальной трубе непосредственно в земле на протяжении не менее 10 м от мачты;
- ближний к мачте конец указанной трубы соединить сваркой с заземляющим проводником мачты;
- дальний от мачты конец указанной трубы соединить сваркой с ближайшим горизонтальным заземлителем.

2.7.2 Система питания МП аппаратуры постоянным током

Питание МП аппаратуры в ОПУ осуществляется оперативным постоянным током. Для распределения нагрузки оперативного постоянного тока установлен ЩПТ. АБ находится в соседнем помещении того же здания. Размещение АБ и ЩПТ обеспечивает применение соединяющих их кабелей минимальной длины, что соответствует требованиям НТД в части ЭМС.

В соответствии с требованиями Раздела 11 [31] питание устанавливаемой МП аппаратуры рекомендуется осуществлять экранированным кабелем непосредственно от ЩПТ. Использование общих защитных коммутационных аппаратов для цепей питания устройств РЗА и цепей приводов включения/отключения высоковольтных выключателей и других силовых электроприемников недопустимо.

В случае использования неэкранированных кабелей питания рекомендуется предусмотреть установку УЗИП на входы питания устанавливаемой МП аппаратуры.

2.8 Уровни магнитных полей в местах расположения аппаратуры

Уровни помехоустойчивости МП устройств, специально спроектированных для применения на электростанциях и подстанциях, согласно требованиям [19], должны соответствовать 5-му классу жесткости испытаний:

Инв. № подл.	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Кол.уч.</td><td>Лист</td><td>№ док.</td><td>Подпись</td><td>Дата</td></tr></table>																	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Подпись и дата	<p>В соответствии с требованиями Раздела 11 [31] питание устанавливаемой МП аппаратуры рекомендуется осуществлять экранированным кабелем непосредственно от ЩПТ. Использование общих защитных коммутационных аппаратов для цепей питания устройств РЗА и цепей приводов включения/отключения высоковольтных выключателей и других силовых электроприемников недопустимо.</p> <p>В случае использования неэкранированных кабелей питания рекомендуется предусмотреть установку УЗИП на входы питания устанавливаемой МП аппаратуры.</p> <p>2.8 Уровни магнитных полей в местах расположения аппаратуры</p> <p>Уровни помехоустойчивости МП устройств, специально спроектированных для применения на электростанциях и подстанциях, согласно требованиям [19], должны соответствовать 5-му классу жесткости испытаний:</p>	Взам. Инв. №
						Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата															

- 100 А/м – для непрерывных МППЧ [8];
- 1000 А/м – для кратковременных МППЧ [8];
- 1000 А/м – ИМП [10].

2.8.1 Магнитные поля в нормальном режиме работы

Результаты расчетов МППЧ в местах установки МП аппаратуры в нормальном режиме работы ПС приведены в Приложении Б (см. Протокол 4).

По результатам расчетов, максимальный уровень напряженности непрерывного МППЧ в местах установки МП аппаратуры составил 5,5 А/м, без учета экранирования.

С учетом экранирования, реальные значения магнитных полей будут меньше указанных выше.

Непрерывные МППЧ такого уровня напряженности не будут представлять опасности для устанавливаемой МП аппаратуры (испытанной по пятой степени жесткости испытаний (100 А/м) на устойчивость к воздействию непрерывного МППЧ в соответствии с [8]).

2.8.2 Магнитные поля при возникновении замыканий на землю

Источником максимального кратковременного МППЧ являются шины 110 кВ на ОРУ 110 кВ.

Расчетная величина тока замыкания на землю в сети 110 кВ принималась равной 19,730 кА.

Результаты расчетов приведены в приложении Б (см. Протокол 5).

В соответствии с результатами расчетов, при возникновении замыкания на землю в сети 110 кВ, уровень напряженности кратковременного МППЧ в месте установки МП аппаратуры не превысит значения 157 А/м, без учета экранирования.

С учетом экранирования, реальные значения магнитных полей будут меньше указанных выше.

Кратковременное МППЧ такого уровня напряженности не будет представлять опасности для устанавливаемой МП аппаратуры (испытанной по пятой степени жесткости испытаний (1000 А/м) на устойчивость к воздействию кратковременного МППЧ в соответствии с [8]).

2.8.3 Магнитные поля при разряде молнии в систему молниезащиты ПС

Наибольший уровень напряженности ИМП в здании ОПУ будет возникать при разряде молнии в ближайший молниеприемник к зданию ОПУ.

Расчетное значение ожидаемой амплитуды импульса тока молнии в этот молниеотвод было принято равным 100 кА.

Результат расчета напряженности импульсного магнитного поля при разряде молнии в вышеописанной элемент системы молниезащиты приведен в Приложении Б (см. Протокол 6). В соответствии с результатами расчетов, уровень напряженности ИМП не превысит значения 398 А/м, без учета экранирующих свойств стен.

ИМП такого уровня напряженности не будет представлять опасности для устанавливаемой МП аппаратуры (испытана по пятой степени жесткости испытаний (1000 А/м) на устойчивость к воздействию импульсного магнитного поля в соответствии с [10]).

2.9 Электростатические разряды

В соответствии с положениями Раздела 6 [19], планируемая к установке на

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

Инв. № подл.	Взам. Инв. №					Подпись и дата	Расчетное значение ожидаемой амплитуды импульса тока молний в этот молниеотвод было принято равным 100 кА.				
							Результат расчета напряженности импульсного магнитного поля при разряде молнии в вышеописанной элемент системы молниезащиты приведен в Приложении Б (см. Протокол 6). В соответствии с результатами расчетов, уровень напряженности ИМП не превысит значения 398 А/м, без учета экранирующих свойств стен.				
							ИМП такого уровня напряженности не будет представлять опасности для устанавливаемой МП аппаратуры (испытана по пятой степени жесткости испытаний (1000 А/м) на устойчивость к воздействию импульсного магнитного поля в соответствии с [10]).				
2.9 Электростатические разряды											
В соответствии с положениями Раздела 6 [19], планируемая к установке на											
Инв. № подл.							Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ				Лист
											10
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

ПС МП аппаратура должна быть испытана по 3-й степени жесткости испытаний (6 кВ для контактного разряда и 8 кВ для воздушного разряда) на устойчивость к воздействию электростатических разрядов.

2.10 Защита от прочих источников помех

Для защиты планируемой к установке на ПС МП аппаратуры от электромагнитных воздействий, создаваемых радиосредствами, все переносные средства радиосвязи, которые планируется использовать на ПС, должны соответствовать по уровню помехоэмиссии требованиям [20].

Других источников помех на стадии разработки проектной документации не выявлено.

2.11 Заземление шкафов и панелей

Выполнение системы заземления как внутри шкафа, так и шкафа на релейном щите, состоит в том, чтобы создать эквипотенциальную плоскость, к которой подключаются короткими соединительными проводниками все устройства (шкафы). Такой эквипотенциальной плоскостью внутри шкафа может служить проводящая задняя стенка (или специальная металлическая плоскость, возможно сетчатой структуры), к которой присоединяются все корпуса устройств и отдельные крепежные элементы (например, "DIN-рейки").

Все подвижные и неподвижные элементы должны иметь не менее 2-х связей друг с другом (в том числе каждый элемент внутренней перегородки, "DIN-рейки", двери). Соединение с общей эквипотенциальной плоскостью выполняют либо при помощи гибкой связи, либо при помощи надежного контакта (контактная поверхность, освобожденная от покрытия или неокрашенная). Длина соединительных проводников должна быть не более 25 см.

Двери должны иметь механизмы, обеспечивающие электрический контакт с корпусом в закрытом состоянии по всему периметру двери.

Присоединение к системе уравнивания потенциалов помещения осуществляют при помощи сварки или болтового соединения (предусмотреть оба варианта). Должно быть не менее 4 точек соединений.

Для заземления различных элементов, в том числе резервных жил вторичных цепей, должны быть предусмотрены шинки вдоль боковин, соединенные с корпусом шкафа.

2.12 Заземление экранов кабелей

Экраны кабелей до 1 кВ должны соответствовать требованиям пункта 8.4.11 [32].

Заземление экранов контрольных, силовых и информационных кабелей в шкафах следует выполнять с обоих концов способом гарантирующим надежный электрический контакт в течение всего срока эксплуатации (специальные пружины постоянного давления, зажимы или разъемы). Примеры заземления экранов кабелей приведены в Приложении Е [31].

2.13 Итоговый контроль

После окончания всех строительно-монтажных работ по данному титулу, на этапе пуско-наладочных работ, рекомендуется провести итоговую оценку электромагнитной обстановки на ПС в соответствии с СТО_56947007-29.130.15.105-2011. Результатом итоговой оценки является отчет по ЭМО и паспорт ЗУ ПС.

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

2.14 Расчетные значения параметров ЗУ ПС.

Расчетные, принятые и допустимые значения параметров ЗУ ПС приведены в Таблице 3.1.

Таблица 2.1 – Расчетные значения параметров ЗУ ПС

Параметр	Рассчитанное значение	Допустимое значение	Выводы
Сопротивление растеканию ЗУ (сопротивление заземляющего устройства)	0,48 Ом	0,5 Ом	Удовлетворяет, см. Раздел 2.4
Напряжение прикосновения	30 В	165 В	Удовлетворяет, см. Раздел 2.4
Напряжение шага	100 В	900 В	Удовлетворяет, см. Раздел 2.4
Максимальное рассчитанное напряжение на ЗУ при возникновении КЗ	9,470 кВ	5,0 кВ/10 кВ	Удовлетворяет, см. Раздел 2.4
Нагрев экранов кабелей	Менее 10°C	160°C	Удовлетворяет, см. Раздел 2.6
Максимальное напряжение воздействующее на контрольные кабели и входы аппаратуры при КЗ в сетях выше 1 кВ	0,360 кВ	2,0 кВ	Удовлетворяет, см. раздел 2.4

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №						
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ		Лист
								12

2.15 Требования к размещаемой на ПС МП аппаратуре в части ЭМС

Планируемая к установке на ПС МП аппаратура, а также используемая для ее работы вспомогательная аппаратура, должна обладать минимальными уровнями помехоустойчивости не ниже указанных в Таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Требуемые уровни помехоустойчивости защищаемой аппаратуры.

Вид испытательных воздействий	Степень жесткости испытаний/ испытательный уровень
Порт корпуса: ГОСТ IEC 61000-4-8-2013 Электромагнитная совместимость. Часть 4-8. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты	5 степень / 1000 А/м
Порт корпуса: ГОСТ IEC 61000-4-8-2013 Электромагнитная совместимость. Часть 4-8. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты	5 степень / 1000 А/м
ГОСТ IEC 61000-4-9-2013 Электромагнитная совместимость. Часть 4-9. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к импульсному магнитному полю.	5 степень / 1000 А/м
Порт корпуса: ГОСТ IEC 61000-4-10-2014 Электромагнитная совместимость. Часть 4-10. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к колебательному затухающему магнитному полю.	3 степень / 10 В/м
Порт корпуса: ГОСТ Р 51317.4.2-2010 (МЭК 61000-4-2-95) электростатический контактный разряд	3 степень / 6кВ
Порт корпуса: ГОСТ Р 51317.4.2-2010 (МЭК 61000-4-2-95) электростатический воздушный разряд	3 степень /8кВ
Сигнальные порты: ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) микросекундные импульсные помехи большой энергии	4 степень / провод – земля: 4 кВ
	4 степень / провод – провод: 2 кВ

Инв. № подл.							Подпись и дата	Взам. Инв. №
						Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ		Лист
								13
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			

Вид испытательных воздействий	Степень жесткости испытаний/ испытательный уровень
Сигнальные порты: ГОСТ Р 51317.4.12-99 (МЭК 61000-4-12-95) повторяющиеся колебательные затухающие помехи	3 степень / провод – земля: 2,5 кВ 3 степень / провод – провод: 1 кВ
Сигнальные порты: ГОСТ Р 51317.4.4-2007 (МЭК 61000-4-4-2004) наносекундные импульсные помехи	4 кВ
Сигнальные порты: ГОСТ Р 51317.4.16-2000 (МЭК 61000-4-16-98) напряжение промышленной частоты	4 степень / 30 В
Порт питания постоянного тока: ГОСТ Р 51317.4.6-99 (МЭК 61000-4-6-95) кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями	3 степень / 10 В
Порт питания переменного тока: ГОСТ Р 51317.4.6-99 (МЭК 61000-4-6-95) кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями	3 степень / 10 В
Порт питания переменного тока: ГОСТ Р 51317.4.11-2007 (МЭК 61000-4-11-2004) провалы напряжения электропитания	ΔU 30 % (1 период) ΔU 60 % (50 период) ¹⁾
Порт питания переменного тока: ГОСТ Р 51317.4.11-2007 (МЭК 61000-4-11-2004) прерывания напряжения электропитания	ΔU 50 % (1 период) ΔU 100 % (50 период) ¹⁾
Порт питания постоянного тока: ГОСТ Р 51317.4.17-2000 (МЭК 61000-4-17-99) пульсации напряжения	3 степень / 10 % U_n

¹⁾ Применяют только для портов электропитания, непосредственно подключенных к низковольтным системам электроснабжения общего назначения.

Инв. № подл.							Подпись и дата	Взам. Инв. №
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ		Лист
								14

Библиографический список

1. Э. М. Базелян, Ю. П. Райзер. Физика молнии и молниезащиты. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 320 с. – ISBN 5-9221-0083-3.
2. Ф. Зимин, Ю. А. Казанцев, В. А. Кузовкин. Электромагнитная совместимость информационных систем. М.: МЭИ, 1995.
3. Кужекин И. П., Ларионов В. П., Прохоров Е. Н.. Молния и молниезащита. – М. "Знак". 2003. 330 с. Ил.
4. А. Й. Шваб Электромагнитная совместимость. - Энергоатомиздат, М., 1995 г.
5. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
6. ГОСТ 29322-2014 Напряжения стандартные.
7. ГОСТ Р 50571.4.44-2019 Электроустановки низковольтные. Часть 4.44. Защита для обеспечения безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений
8. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов.
9. ГОСТ ИЕС 61000-4-8-2013 Электромагнитная совместимость. Часть 4-8. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты.
10. ГОСТ ИЕС 61000-4-9-2013 Электромагнитная совместимость. Часть 4-9. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к импульсному магнитному полю.
11. ГОСТ ИЕС 61000-4-10-2014 Электромагнитная совместимость. Часть 4-10. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к колебательному затухающему магнитному полю.
12. ГОСТ ИЕС 60870-2-1-2014 Устройства и системы телемеханики. Часть 2. Условия эксплуатации. Раздел 1. Источники питания и электромагнитная совместимость.
13. ГОСТ Р 51317.4.3-99 (МЭК 61000-4-3-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний.
14. ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии.
15. ГОСТ Р 51317.4.6-99 (МЭК 61000-4-6-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями. Требования и методы испытаний.
16. ГОСТ ИЕС 61000-4-12-2016 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-12. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к звенящей волне.
17. ГОСТ Р 51317.4.16-2000 (МЭК 61000-4-16-98) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот от 0 до 150 кГц. Требования и методы испытаний.
18. ГОСТ Р 51317.4.17-2000 (МЭК 61000-4-17-99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока. Требования и методы испытаний.

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

Лист

16

Инв. № подл.	Подпись и дата					Взам. Инв. №				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

19. ГОСТ Р 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5-2001) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.
20. ГОСТ 30804.6.4-2013 Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитные помехи от технических средств, применяемых в промышленных зонах. Нормы и методы испытаний
21. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР.- 6-е изд. переработанное и дополненное – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
22. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Главы 7.5, 7.6, 7.10. – 7-е изд. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002.-194 с.
23. РД 34.35.310-97 Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. М.: РАО «ЕЭС России», 1997.
24. РД 153-34.0-20.525-00 Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок М. СПО ОРГЭС, 2000.
25. РД 153-34.3-35.125-99 Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений.
26. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
27. СО-34.35.311-2004 Методические указания по определению электромагнитной обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях.
28. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
29. Стандарт МЭК 62305 «Молниезащита» (International Standard IEC 62305 Protection Against Lightning).
30. СТО 56947007-29.240.043-2010 Руководство по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов.
31. СТО 56947007-29.240.044-2010 Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства.
32. СТО 56947007-29.130.15.114-2012 Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ.

Инв. № подл.						Подпись и дата		Взам. Инв. №	
						Д208320-330739Пир-227.0-ЭМС-ПЗ			Лист
									17
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				

Приложение А
схемы ПС

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №

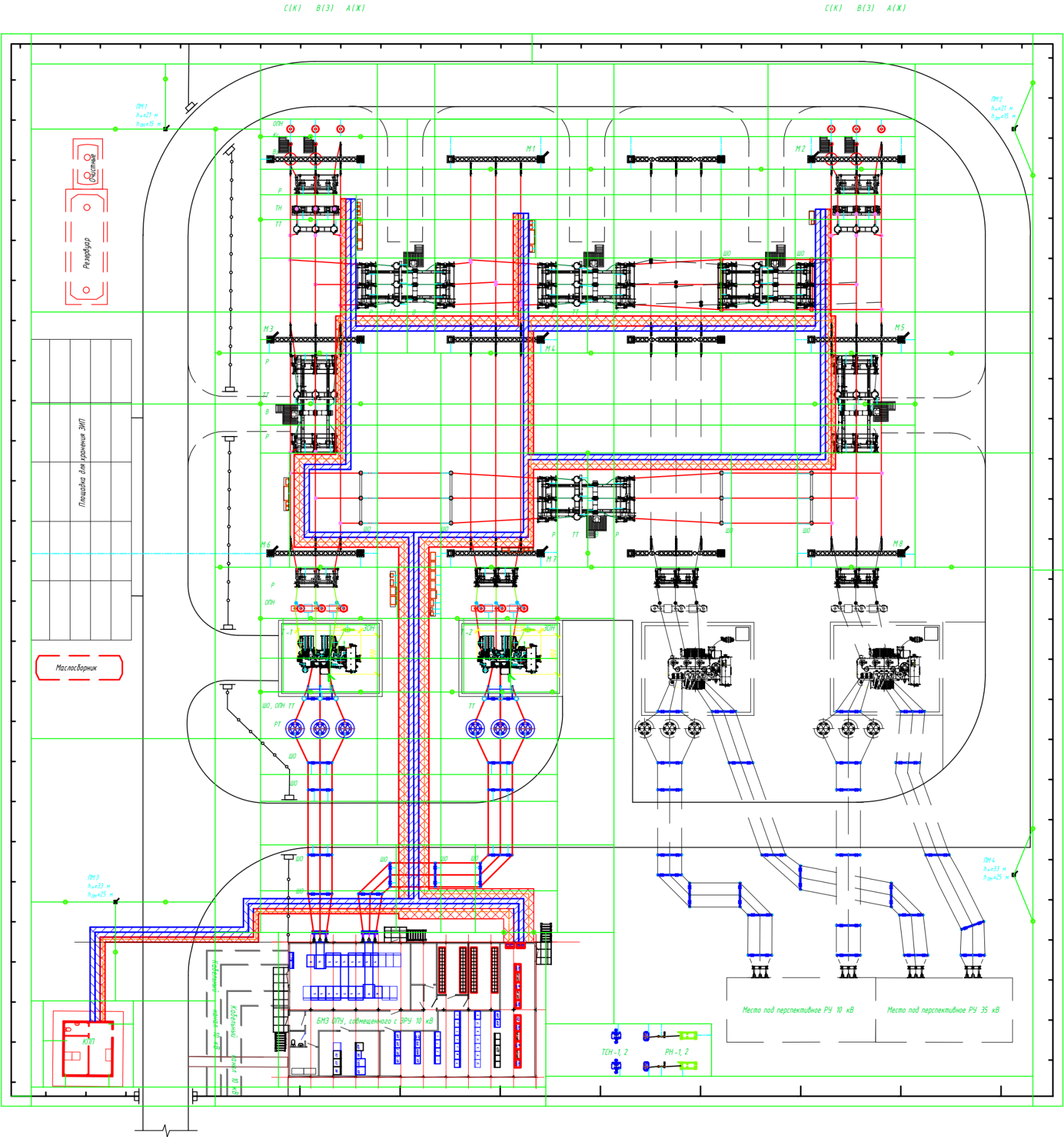
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ	Лист
	18

Инв. № подл.

Подпись и дата

Взам. инв. №



- Заземление должно выполняться согласно данного чертежа, в соответствии с ПУЭ п. 1.7.88–1.7.95, 4.2.135 и СТО 56947007–29.130.15.114–2012 "Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6–750 кВ". Все работы по подземной части заземляющего устройства выполнять одновременно со строительными работами по нулевому циклу.
- Заземлению подлежат все металлические нетоковедущие части установок оборудования.
- Заземляющие контуры отдельных узлов и сооружений должны быть соединены между собой не менее, чем двумя проводниками в общий контур.
- Сопротивление заземляющего устройства в любое время года должно быть не более 0,5 Ом.
- На плане все продольные и поперечные заземлители изображены прямыми, в действительности допустимо небольшое отклонение от прямой линии.
- Магистраль заземления прокладывается на глубине 0,7 м на расстоянии 0,8–1,0 м от фундаментов или оборудования с расстояниями, согласно данного чертежа. Электроды забиваются на глубину 5,0 м и 3,0 м (в зависимости от типа электрода).
- Для защиты вторичных цепей от импульсных помех, заземление коммутационных и измерительных аппаратов, ограничителей перенапряжений, непосредственно в местах присоединения заземляющего спуска к заземляющему устройству подстанции, должно обеспечивать растекание токов не менее чем в двух направлениях.
- Шина уравнивания потенциалов (ШУП) прокладывается в земле, под кабельными лотками, вдоль трасс вторичных цепей, на глубине 0,15 м. Присоединять к контуру заземления ПС ШУП следует по концам трасс и через каждые 20 м, сварным соединением, но не ближе 10,0 м от оснований молниеотводов и ОПН. Допускается на отдельных участках прокладывать ШУП в кабельном лотке.
- От стоек конструкций с молниеприемниками должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления не менее чем в двух направлениях с углом не менее 90° между ними, согласно требованиям ПУЭ–7 п.4.2.135. Кроме того, должно быть установлено не менее одного вертикального электрода длиной 5 м на каждом направлении, на расстоянии не менее длины электрода от места присоединения к магистрали заземления стойки с молниеприемником.
- В соответствии с постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 г. №1479 "Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации" п.163 выполнить места заземления пожарных машин. Места заземления пожарных машин приварить к горизонтальному заземлителю контура заземления подстанции. Места заземления пожарных машин зачистить до блеска и покрыть "Цинком 221". Размещение мест заземления пожарных машин могут быть уточнены эксплуатирующей организацией совместно с представителями пожарной охраны.
- Посты заземления пожарных машин приварить к горизонтальному заземлителю контура заземления подстанции.
- При заземлении оборудования и шкафов необходимо обеспечить цельно-сварное соединение металлоконструкций от точки присоединения полосы контура заземления к основанию опорных конструкций до места болтового соединения с корпусом оборудования/шкафа.
- Все соединения между заземлителями, в том числе пересечения, выполнять сваркой. Сварка выполняется "внахлест". При этом каждое сварное соединение должно выполняться не менее чем двумя сварными швами (с двух сторон проводника) длиной не менее 110 мм.
- Сварные швы выполнять по ГОСТ 5264–80*. Электроды для сварки типа Э–42А по ГОСТ 9467–75*. Высоту сварных швов выполнять по наименьшей толщине свариваемых деталей.
- Для уменьшения коррозии заземляющих проводников необходимо выполнить: а) открыто проложенные заземляющие проводники, в том числе в местах входа в грунт (в соответствии с п. 613 ПТЭ РФ от 04.10.2022), окрасить антикоррозионной грунтовой эмалью (в 3 слоя) с повышенной атмосферостойкостью (срок службы не менее 10 лет), б) места сварных соединений опорных металлоконструкций с заземляющими спусками (сварные швы) обработать защитным составом "ЦИНОП–СВ", в) траншеи после прокладки заземляющих проводников засыпать однородным грунтом, без включения строительного мусора.
- Защиту заземляющих спусков, для исключения усиленного разрушения на участке "воздух–грунт", выполнять на длину 20 см в обе стороны от грани раздела путем нанесения горячей битумно–резиновой изоляционной мастики (типа МБР–65 в три слоя) с приклеиванием стеклохолста (по ГОСТ 30547–97) между слоями.
- Сечение, места прокладки и точки привязки проектируемых заземлителей, заземляющих спусков уточняются на стадии разработки рабочей документации.

- Горизонтальный заземлитель сталь полосовая оцинкованная сечением 50х5 мм, 3300 м
- Вертикальный заземлитель сталь круглая оцинкованная диаметр 18 мм, длина 5 м, 55 шт.
- Заземляющий спуск сталь полосовая оцинкованная сечением 50х5 мм, 800 м
- Шина уравнивания потенциалов сталь полосовая оцинкованная 50х5 мм, 400 м
- Кабельный канал контрольных кабелей
- Кабельный канал 0,4 кВ

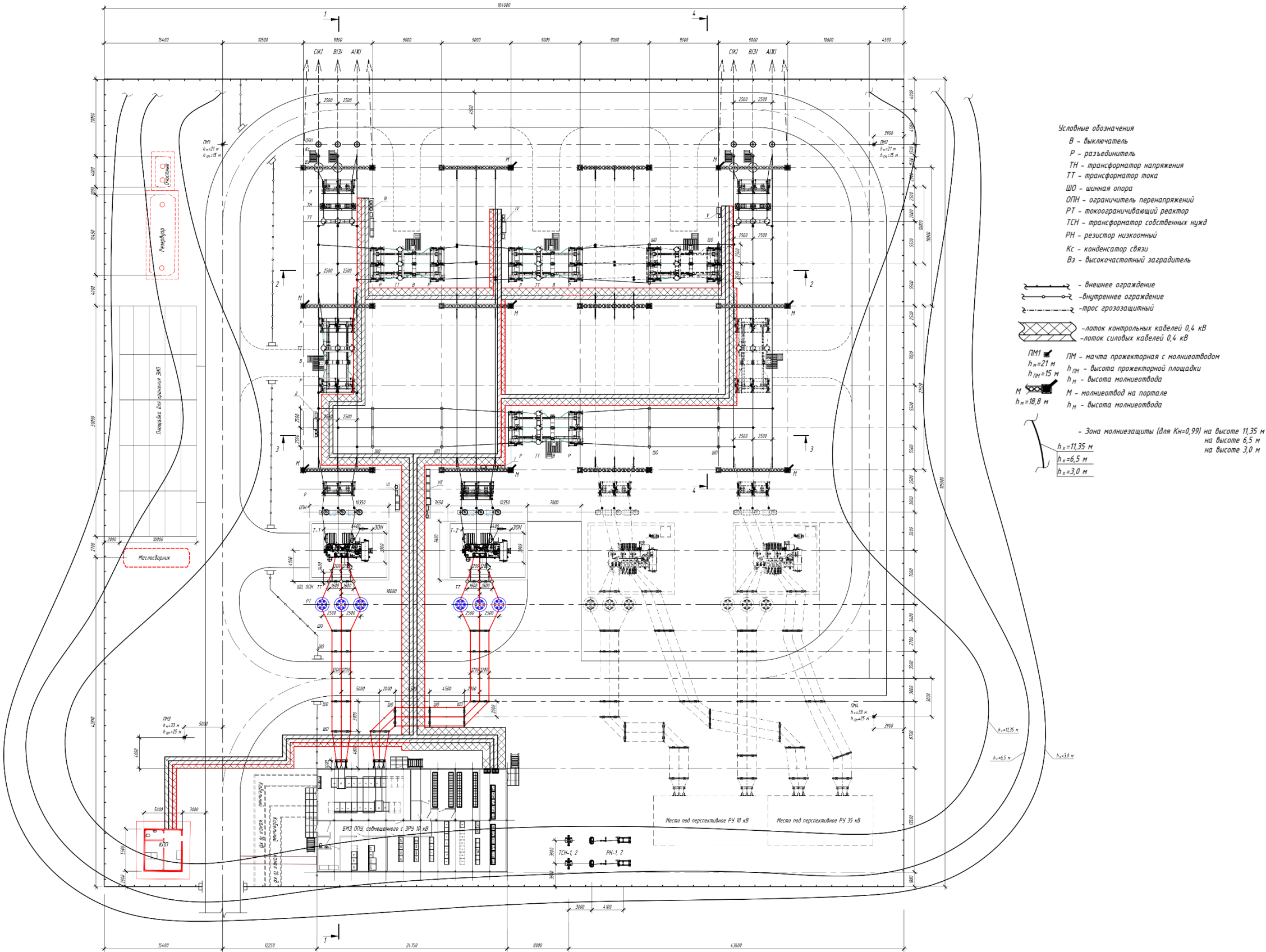
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг.	
1		Сталь оцинкованная круглая Ø18, ГОСТ 2590–2006 и ГОСТ 9.307–89, L=5000, шт	55	1,998	вертикальный заземлитель
2		Сталь оцинкованная полосовая 50х5, ГОСТ 103–2006 и ГОСТ 9.307–89, м	3300	1,97	горизонтальный заземлитель
3		Сталь оцинкованная полосовая 50х5, ГОСТ 103–2006 и ГОСТ 9.307–89, м	800	1,97	заземляющий спуск
4		Сталь оцинкованная полосовая 50х5, ГОСТ 103–2006 и ГОСТ 9.307–89, м	400	1,97	шина уравнив. потенциалов

Рисунок А.1 – Рекомендуемая схема ЗУ ПС

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

Номер элемента	1	2	3	4	5	6	7
Диспетчерская наименование	ВЛ 10 кВ Искра-1 - Ермолкино, Трансформатор Т-1	Выключатель В 13	Трансформатор Т-2	Выключатель В 11, В 14	Резистор	Резистор	ВЛ 10 кВ Белый Раст.- Ермолкино, разрыв



- Условные обозначения
- В - выключатель
 - Р - разъединитель
 - ТН - трансформатор напряжения
 - ТТ - трансформатор тока
 - ШО - шинная опора
 - ОПН - ограничитель перенапряжений
 - РТ - токоограничивающий реактор
 - ТСН - трансформатор собственных нужд
 - РН - резистор низковольтный
 - КС - конденсатор связи
 - Вз - высоковольтный заградитель
- внешнее ограждение
— внутреннее ограждение
- - - - - трассировка грозозащитной
- - - - - лоток контрольных кабелей 0,4 кВ
- - - - - лоток силовых кабелей 0,4 кВ
- ПМ1 - ПМ - мачта прожекторная с молниеводом
 $h_{ПМ}=21\text{ м}$
 $h_{ПМ}=15\text{ м}$
М - М - молниевод на портале
 $h_{М}=18,8\text{ м}$
 $h_{М}$ - высота молниевода
- Зона молниезащиты (для $K_n=0,99$) на высоте 11,35 м
 $h_x=11,35\text{ м}$
на высоте 6,5 м
 $h_x=6,5\text{ м}$
на высоте 3,0 м
 $h_x=3,0\text{ м}$

Рисунок А.2 - Схема молниезащиты ПС

Инов. №подл.	Подпись и дата	Взам. Инов. №
--------------	----------------	---------------

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ	Лист
							20

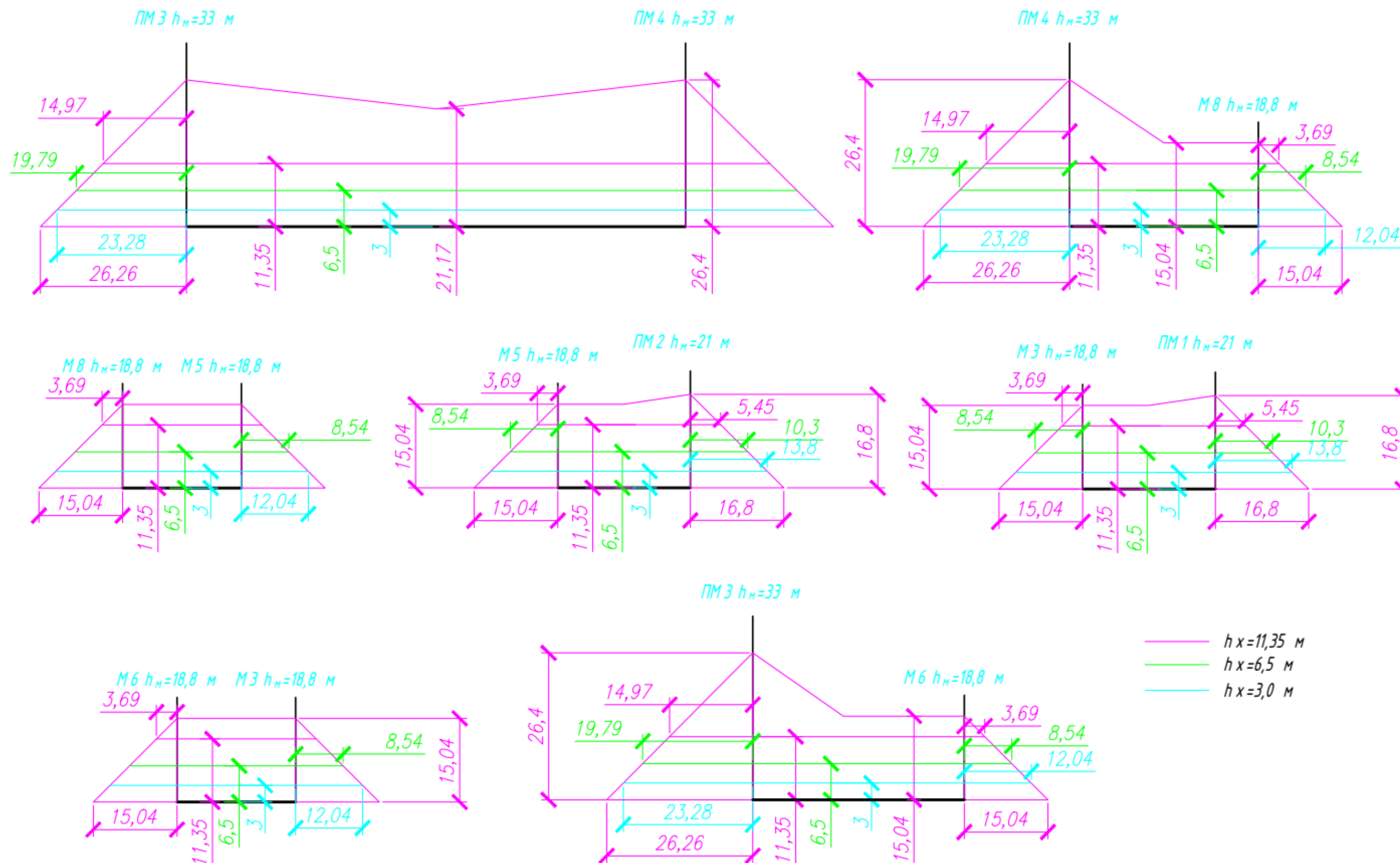


Рисунок А.3 - Боковые проекции защитных зон молниеотводов.

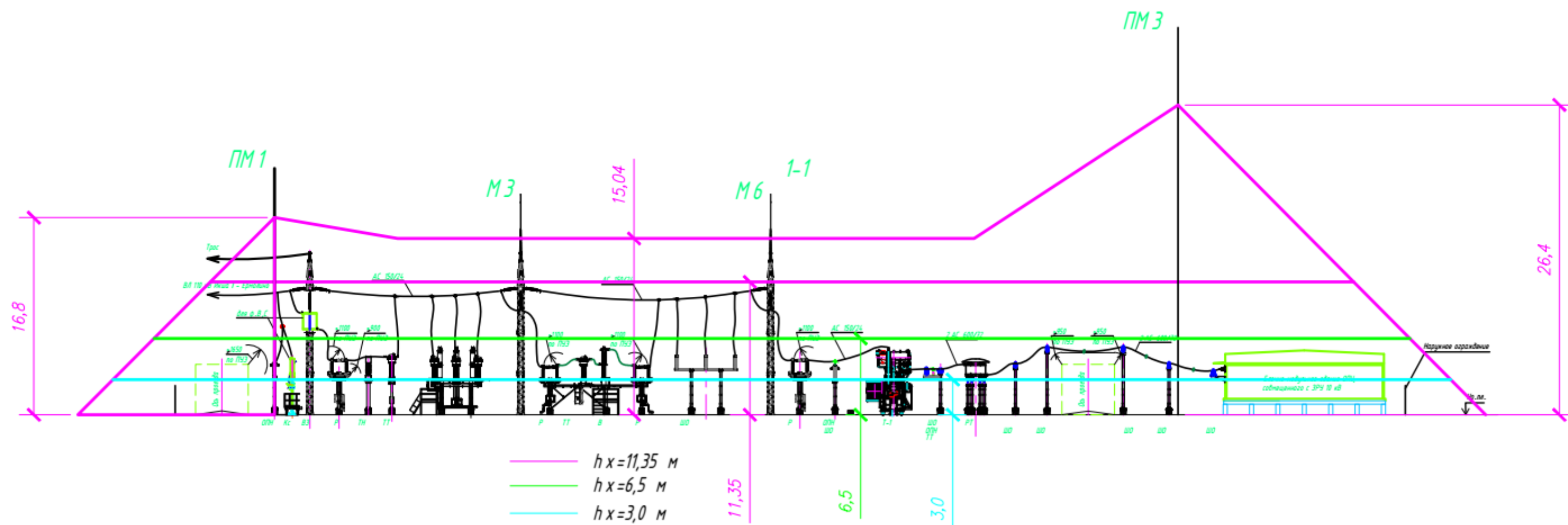


Рисунок А.4 - Боковая проекция защитных зон молниеотводов для разреза 1-1.

Инов. №подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.		
Кол.уч.		
Лист		
№ док.		
Подпись		
Дата		
Д208320-330739Пир-227.0-ЭМС-ПЗ		
23	Лист	

Приложение Б
Протоколы расчетов

ООО «СпецЭМС»
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: ПАО "Россети"

Объект: ПС 110 кВ «Ермолино»

Электrolаборатория, рег.№3763-6 до 25.04.2028 г.

Местонахождение объекта: Московская обл., Дмитровский г.о.

Режим нейтрали			заземленная
Ток замыкания на землю	Однофазный	110 кВ	19,730 кА
	Двухфазный	10 кВ	16,558 кА
Расчет произведен программой для ЭВМ «ОРУ-проект»			Рег.№ 2010611520 от 24.02.2010

Протокол 1 от 09.07.2025. Напряжения, воздействующие на контрольные кабели и входы аппаратуры при КЗ в сетях выше 1 кВ

Трасса прокладки кабеля	Место приложения воздействия	Расчетно-экспериментальные воздействия		Время воздействия, с	Допустимый уровень воздействия		Выводы	Рекомендации
		Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольшая температура нагрева экрана, оболочки или брони кабеля, °С		Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольшая температура нагрева экрана, оболочки или брони кабеля, °С		
ОРУ 110 кВ – здание ОПУ	ОРУ 110 кВ	0,360	Менее 10	0,4	2	160	Удовл.	-

Должность:

Подпись:

Ф.И.О.

Расчеты провели:

Главный инженер проекта ООО «СпецЭМС»

А.Ю. Слесарев

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.		
Кол.уч.		
Лист		
№ док.		
Подпись		
Дата		
Д208320-330739Пир-227.0-ЭМС-ПЗ		
24	Лист	

ООО «СпецЭМС»
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: ПАО "Россети"

Объект: ПС 110 кВ «Ермолино»

Местонахождение объекта: Московская обл., Дмитровский г.о.

Электrolаборатория, рег.№3763-6 до 25.04.2028 г.

Режим нейтрали			заземленная
Ток замыкания на землю	Однофазный	110 кВ	19,730 кА
	Двухфазный	10 кВ	16,558 кА
Расчет произведен программой для ЭВМ «ОРУ-проект»			Рег.№ 2010611520 от 24.02.2010

Протокол 2 от 09.07.2025. Высокочастотные напряжения, воздействующие на контрольные кабели и входы аппаратуры при КЗ на землю

Трасса прокладки вторичной цепи	Параметры ВЧ составляющей тока КЗ		Разность потенциалов вдоль трассы, кВ	Коэффициент ослабления, о.е.	Расчетный уровень импульсной помехи, кВ	Степень жесткости испытаний (допустимый уровень воздействия, кВ)	Выводы
	Величина импульсного тока $I_{ВЧ}$, кА	Основная частота импульса f , МГц					
Помещения ОПУ – ОРУ 110 кВ	1	1,0	6,12	6	1,02	4 степень (4 кВ)	Удовл.

Должность:

Подпись:

Ф.И.О.

Расчеты провели:

Главный инженер проекта ООО «СпецЭМС»

А.Ю. Слесарев

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.		
Кол.уч.		
Лист		
№ док.		
Подпись		
Дата		
Д208320-330739Пир-227.0-ЭМС-ПЗ		
25	Лист	

<u>ООО «СпецЭМС»</u> (наименование организации, предприятия)		Заказчик: <u>ПАО "Россети"</u>
Электrolаборатория, рег.№3763-6 до 25.04.2028 г.		Объект: <u>ПС 110 кВ «Ермолино»</u>
Местонахождение объекта: <u>Московская обл., Дмитровский г.о.</u>		
Режим нейтрали	заземленная	
Расчет произведен программой для ЭВМ «ОРУ-проект»	Рег.№ 2010611520 от 24.02.2010	

Протокол 3 от 09.07.2025. Импульсные напряжения, воздействующие на контрольные кабели и входы аппаратуры при молниевых разрядах

Обозначение молниеприемника	Трасса прокладки кабеля	Ток молнии, кА	Параметры импульса тока молнии, мкс	Разность потенциалов вдоль трассы, кВ	Коэффициент ослабления, о.е.	Импульсное напряжение с учетом коэффициента ослабления, кВ	Допустимый уровень воздействия, кВ		Выводы	Рекомендации
							приложенного к кабелю	приложенного к входам аппаратуры		
Молниеприемник М1	ОРУ 110 кВ – помещения ОПУ	100	10/350	21,0	6	3,50	20	4 степень (4 кВ)	Удовл.	-

Должность:

Подпись:

Ф.И.О.

Расчеты провели:

Главный инженер проекта ООО «СпецЭМС»

А.Ю. Слесарев

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.		
Кол.уч.		
Лист		
№ док.		
Подпись		
Дата		

ООО «СпецЭМС»
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: ПАО "Россети"

Объект: ПС 110 кВ «Ермолино»

Местонахождение объекта: Московская обл., Дмитровский г.о.

Электrolабoратория, рег.№3763-6 до 25.04.2028 г.

Режим нейтрали	110 кВ	заземленная
Максимальный рабочий ток		698 А

Протокол 4 от 09.07.2025. Магнитные поля промышленной частоты, нормальный режим

Место измерения, расчета	Наибольшая измеренная/ рассчитанная напряженность, А/м	Источник поля	Степень жесткости испытаний планируемой МП аппаратуры, А/м	Выводы	Рекомендации
Помещения ОПУ	5,5	Шины 110 кВ	5 степень (100 А/м)	Удовлетворяет	-

Должность:

Подпись:

Ф.И.О.

Расчеты провели:

Главный инженер проекта ООО «СпецЭМС»

А.Ю. Слесарев

Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-ПЗ

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.		
Кол.уч.		
Лист		
№ док.		
Подпись		
Дата		

ООО «СпецЭМС»
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: ПАО "Россети"

Объект: ПС 110 кВ «Ермолино»

Электrolабoратория, рег.№3763-6 до 25.04.2028 г.

Местонахождение объекта: Московская обл., Дмитровский г.о.

Режим нейтрали	заземленная		
Ток замыкания на землю	Однофазный	110 кВ	19,730 кА
	Двухфазный	10 кВ	16,558 кА

Протокол 5 от 09.07.2025. Магнитные поля промышленной частоты, режим КЗ

Место измерения, расчета	Наибольшая рассчитанная напряженность, А/м	Источник поля	Степень жесткости испытаний устанавливаемой МП аппаратуры (допустимый уровень воздействия, А/м)	Выводы	Рекомендации
Помещения ОПУ	157	Шины 110 кВ	5 степень (1000 А/м)	Удовлетворяет	-

Должность:

Подпись:

Ф.И.О.

Расчеты провели:

Главный инженер проекта ООО «СпецЭМС»

А.Ю. Слесарев

Д208320-330739Пир-227.0-ЭМС-ПЗ

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.		
Кол.уч.		
Лист		
№ док.		
Подпись		
Дата		

ООО «СпецЭМС»
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: ПАО "Россети"

Объект: ПС 110 кВ «Ермолино»

Электrolаборатория, рег.№3763-6 до 25.04.2028 г.

Местонахождение объекта: Московская обл., Дмитровский г.о.

Ток молнии	100 кА

Протокол 6 от 09.07.2025. Магнитные поля при разряде молнии в систему молниезащиты ПС

Место измерения, расчета	Расчетная величина амплитуды импульса молнии, кА	Максимально опасное место разряда	Напряженность импульсного магнитного поля , А/м	Степень жесткости испытаний планируемой МП аппаратуры, А/м	Выводы	Рекомендации
Помещения ОПУ	100	Молниеприемник ПМЗ	398	5 степень, (1000 А/м)	Удовлетворяет	-

Должность:

Подпись:

Ф.И.О.

Расчеты провели:

Главный инженер проекта ООО «СпецЭМС»

А.Ю. Слесарев

Д208320-330739Пир-227.0-ЭМС-ПЗ

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.		
Кол.уч.		
Лист		
№ док.		
Подпись		
Дата		
Д208320-330739Пир-227.0-ЭМС-ПЗ		
29	Лист	

ООО «СпецЭМС»
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: ПАО "Россети"

Объект: ПС 110 кВ «Ермолино»

Местонахождение объекта: Московская обл., Дмитровский г.о.

Электролаборатория, рег.№3763-6 до 25.04.2028 г.

Режим нейтрали			заземленная
Ток замыкания на землю	Однофазный	110 кВ	19,730 кА
	Двухфазный	10 кВ	16,558 кА
Расчет произведен программой для ЭВМ «ОРУ-проект»			Рег.№ 2010611520 от 24.02.2010

Протокол 7 от 09.07.2025. Расчет сопротивления заземляющего устройства ПС

Расчетное сопротивление ЗУ, Ом	Ток КЗ, кА	Напряжение на заземляющем устройстве, кВ	Допустимый уровень		Выводы	Рекомендации
			Сопротивление ЗУ, Ом	Напряжение на ЗУ, кВ		
0,37 (в летнее время, расчет)	19,730	7,300	0,5	5/10	Соответствует	-
0,48 (в зимнее время, расчет)	19,730	9,470	0,5	5/10	Соответствует	-

Должность:

Подпись:

Ф.И.О.

Расчеты провели:

Главный инженер проекта ООО «СпецЭМС»

А.Ю. Слесарев

Таблица регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Подпись		Дата
	измененных	замененных	новых	изъятых			начальник отдела	исполнитель	

Взам. инв. №	Подп. и дата																																																					
Инв. № подл.	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Кол.уч.</td><td>Лист</td><td>№ док.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr><tr><td>Разработал</td><td colspan="2">Слесарев</td><td></td><td></td><td>07.25</td></tr><tr><td>ГИП</td><td colspan="2">Слесарев</td><td></td><td></td><td>07.25</td></tr><tr><td>Н. контр.</td><td colspan="2">Костин</td><td></td><td></td><td>07.25</td></tr></table>																		Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Разработал	Слесарев				07.25	ГИП	Слесарев				07.25	Н. контр.	Костин				07.25	<table><tr><td>Стадия</td><td>Лист</td><td>Листов</td></tr><tr><td>П</td><td>-</td><td>1</td></tr><tr><td colspan="3">ООО «СпецЭМС»</td></tr></table>			Стадия	Лист	Листов	П	-	1	ООО «СпецЭМС»		
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата																																																
	Разработал	Слесарев				07.25																																																
ГИП	Слесарев				07.25																																																	
Н. контр.	Костин				07.25																																																	
Стадия	Лист	Листов																																																				
П	-	1																																																				
ООО «СпецЭМС»																																																						
<div>Д208320-330739ПИР-227.0-ЭМС-РИ</div> <div>Таблица регистрации изменений</div>																																																						