



Общество с ограниченной ответственностью
«СибТЭК»
(ООО «СибТЭК»)

Номер в реестре 0354 от 22.06.2018 г. СРО Союз «Проекты Сибири»

Заказчик – АО «ИЭСК»

Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА каждый (прирост мощности 76 МВА)

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 13. Иная документация, в случаях, предусмотренных законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации

Часть 1. Решения по электромагнитной совместимости

1-ЮЭС-2024-ЭМС

Том 13.1

Изм.	№ док.	Подп.	Дата



Общество с ограниченной ответственностью
«Сибтэк»
(ООО «Сибтэк»)

Номер в реестре 0354 от 22.06.2018 г. СРО Союз «Проекты Сибири»

Заказчик – АО «ИЭСК»

Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА каждый (прирост мощности 76 МВА)

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 13. Иная документация, в случаях, предусмотренных законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации

Часть 1. Решения по электромагнитной совместимости

1-ЮЭС-2024-ЭМС

Том 13.1

Генеральный директор

В.В. Казаков

Главный инженер проекта

С.А. Иванов

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

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

Содержание тома

Обозначение	Наименование	Примечание
1-ЮЭС-2024-ЭМС-С	Содержание тома	Листов 2
1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	Текстовая часть	Листов 29
	Приложения	
Приложение А	План ПС 110 кВ Мельниково. 2 пусковой комплекс. 3-я очередь	Листов 1
Приложение Б	План заземляющего устройства (ЗУ)	Листов 1
Приложение В	Зона молниезащиты	Листов 1
	Общее количество листов тома	Листов 36






Состав проектной документации см. том шифр 1-ЮЭС-2024-ЭМС-СП

Согласовано			

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

						1-ЮЭС-2024-ЭМС-С			
Изм.	Кол.у	Лист	№док	Подп.	Дата	Содержание тома	Стадия	Лист	Листов
Разработал		Кузикова			12.25		П	1	2
Проверил		Тихонов			12.25				
Н. контр.		Загоскина			12.25				
ГИП		Иванов			12.25				

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

- АБ – аккумуляторная батарея
АСУ – автоматизированная система управления
АСКУЭ – автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии
ВЛ – воздушная линия
ВЧ – высокочастотный
ГОСТ – государственный стандарт
ЗРУ – закрытое распределительное устройство
ЗУ – заземляющее устройство
КЗ – короткое замыкание
МП – микропроцессорный
МППЧ – магнитное поле промышленной частоты
МЭК – Международная электротехническая комиссия
ОПУ – общеподстанционный пункт управления
ОРУ – открытое распределительное устройство
ПА - противоаварийная автоматика
ПС – подстанция
ПУЭ – Правила устройства электроустановок
РД – руководящий документ
РЗиА – релейная защита и автоматика
РУ – распределительное устройство
СО – стандарт отраслевой
СТО – стандарт организации
ТС – техническое средство
ТН – трансформатор напряжения
ТСН – трансформатор собственных нужд
ТТ – трансформатор тока
ЩПТ – щит постоянного тока
ЩСН – щит собственных нужд
ЭА – электроаппарат
ЭМО – электромагнитная обстановка
ЭМС – электромагнитная совместимость

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<div>ЩСН – щит собственных нужд</div> <div>ЭА – электроаппарат</div> <div>ЭМО – электромагнитная обстановка</div> <div>ЭМС – электромагнитная совместимость</div>					
						1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	Лист	
							2	
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата			

Содержание

Содержание	стр.
1. Введение	4
2. Характеристика объекта	5
3. Устройство заземления на ПС.	9
4. Организация питания переменным током	10
5. Организация питания постоянным током.	13
6. Система молниезащиты	14
7. Рекомендации по защите МП аппаратуры и прокладываемых вторичных цепей от импульсных перенапряжений	15
8. Электромагнитные поля в местах расположения МП аппаратуры	19
9. Экранирование микропроцессорной аппаратуры от магнитных полей.	21
10. Экранирование микропроцессорной аппаратуры от магнитных полей.	22
11. Требования ЭМС к аппаратуре, размещаемой на объекте	25
12. Заключение	26
Перечень нормативных документов	29
	31

Согласовано																			

1. Введение

Данный раздел, является частью проектной документации «Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА каждый (прирост мощности 76 МВА)».

В административном отношении реконструируемая подстанция расположена в Свердловском районе, г. Иркутска между ул. Аргунова и ул. Березовая Роща.

Площадка ПС 110 кВ Мельниково расположена на территории города, в условиях сложившейся застройки, и ограничена со всех сторон автомобильной дорогой и торговыми территориями рынка.

Согласно заданию, на проектирование в проекте предусматривается замена двух существующих силовых трансформаторов мощностью 25 МВА на силовые трансформаторы мощностью 63 МВА. и два трансформатора собственных нужд (ТСН) 160 кВА.

В разделе рассмотрены решения по электромагнитной совместимости устройств РЗиА, ПА, АСКУЭ, телемеханики и связи, обеспечивающих их нормальную работу.

В последнее десятилетие сети 6-220 кВ претерпевают серьезные изменения: на смену масляным и воздушным выключателям приходят быстродействующие вакуумные и элегазовые выключатели, в системах РЗиА, АСУ, АСКУЭ и телемеханики, широко используются микропроцессоры, силовые кабели с бумажной и резиновой изоляцией заменяются кабелями из шитого полиэтилена. На подстанциях 110-220 кВ используют оборудование с элегазовой изоляцией.

Электроприемники увеличивают потребление электрической энергии, что ведет к росту рабочих токов в системах электроснабжения, и как следствие усиление электромагнитных полей на подстанциях.

Износ кабельных и воздушных линий увеличивает вероятность возникновения коротких замыканий в системах электроснабжения, следовательно, электрооборудование и системы РЗиА, АСУ, АСКУЭ и телемеханики, более часто будут подвергаться воздействию электромагнитных полей, распределяющихся как в проводящей среде, так и в пространстве.

Современные электроприемники используют преобразовательные устройства (преобразователи частоты, тиристорные преобразователи, современные системы освещения и т.д.). Это приводит к генерации высших

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<p>усиление электромагнитных полей на подстанциях.</p> <p>Износ кабельных и воздушных линий увеличивает вероятность возникновения коротких замыканий в системах электроснабжения, следовательно, электрооборудование и системы РЗиА, АСУ, АСКУЭ и телемеханики, более часто будут подвергаться воздействию электромагнитных полей, распределяющихся как в проводящей среде, так и в пространстве.</p> <p>Современные электроприемники используют преобразовательные устройства (преобразователи частоты, тиристорные преобразователи, современные системы освещения и т.д.). Это приводит к генерации высших</p>						
			1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ						Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	2

гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения, что негативно отражается на работе РЗиА, АСУ, АСКУЭ и телемеханики. В указанных системах может возникать функциональный сбой в работе.

Наиболее чувствительны к воздействию высших гармоник тока и напряжения микропроцессорные устройства. Опыт эксплуатации показывает, что наличие высших гармоник во вторичных измерительных цепях приводит к ложной работе РЗиА, к ошибкам в измерении параметров электроснабжения и искажению передаваемой информации.

Высшие гармоники, попадающие в микропроцессорные устройства от источников питания способны вызвать функциональный отказ устройства из-за выхода из строя отдельных элементов.

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аппаратура - совокупность приборов (элементов) с функциями, определенными их техническим назначением.

Естественный заземлитель - находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления.

Заземлитель - проводник или совокупность металлически соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей.

Заземляющее устройство - совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземляющий проводник - проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем.

Излучаемая электромагнитная помеха - электромагнитная помеха, распространяющаяся в пространстве.

Кондуктивная электромагнитная помеха - электромагнитная помеха, распространяющаяся в проводящей среде.

Молниезащитное устройство - система, предназначенная для защиты зданий или сооружений, оборудования и людей от воздействий молнии.

Параллельный заземленный проводник - проводник, предназначенный для снижения уровня наведенного на кабель напряжения и токовой нагрузки в экране кабеля.

Противофазная (несимметричная) помеха - напряжение между проводником и регламентированным эталоном, обычно землей.

Пульсации напряжения постоянного тока - процесс периодического или случайного изменения постоянного напряжения относительно его среднего

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №								
<p>Молниезащитное устройство - система, предназначенная для защиты зданий или сооружений, оборудования и людей от воздействий молнии.</p> <p>Параллельный заземленный проводник - проводник, предназначенный для снижения уровня наведенного на кабель напряжения и токовой нагрузки в экране кабеля.</p> <p>Противофазная (несимметричная) помеха - напряжение между проводником и регламентированным эталоном, обычно землей.</p> <p>Пульсации напряжения постоянного тока - процесс периодического или случайного изменения постоянного напряжения относительно его среднего</p>									Лист	
						1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ				3
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата					

уровня в установившемся режиме работы источника, преобразователя электрической энергии или системы электроснабжения.

Разряд статического электричества - импульсный перенос электростатического заряда между телами с разными электростатическими потенциалами при непосредственном контакте или при сближении их на некоторое, достаточно маленькое расстояние.

Синфазная (симметричная) помеха - напряжение между любыми двумя проводниками из заданной группы активных проводников.

Устойчивость к электромагнитной помехе, помехоустойчивость - способность технических средств сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него регламентированных стандартами электромагнитных помех.

Уровень устойчивости к электромагнитной помехе, уровень помехоустойчивости (допустимый уровень) - максимальный уровень электромагнитной помехи конкретного вида, воздействующей на определенное техническое средство (устройство), при котором техническое средство сохраняет заданное качество функционирования.

Экран - устройство, используемое для уменьшения электромагнитного поля, проникающего в защищаемую область.

Электромагнитная совместимость технических средств (ЭМС ТС) - способность технических средств (устройств) функционировать с заданным качеством в определенной электромагнитной обстановке, не создавая при этом недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам и недопустимых электромагнитных воздействий на биологические объекты.

Электромагнитная обстановка - совокупность электромагнитных явлений и (или) процессов в данной области пространства и (или) данной проводящей среде в заданных частотном и временном диапазонах.

Электромагнитная помеха - электромагнитное явление, процесс, которые ухудшают или могут ухудшить качество функционирования технических средств (устройств).

Электромагнитное воздействие - электромагнитное явление или процесс, которые влияют или могут повлиять на технические средства (устройства) и биологические объекты.

Электромагнитное излучение от источника помехи - явление, процесс, при котором электромагнитная энергия излучается источником помехи в пространство в виде электромагнитного поля.

Энергообъект - совокупность электроустановок, зданий и сооружений, функционально связанных друг с другом и территориально приближенных.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №									
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ		Лист
											4

Эквивалентное удельное сопротивление грунта - значение удельного сопротивления однородного грунта, в котором заземлитель имеет то же сопротивление растеканию тока, что и в грунте многослойной структуры.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
										5
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ				

2. Характеристика объекта

Площадка подстанции расположена в Республике Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Забайкальская, 1а.

На ПС 110 кВ осуществляется строительство следующих зданий и сооружений:

- РУ 110 кВ открытое;
- закрытое распределительное устройство ЗРУ-6/10 кВ;
- трансформаторы Т-3, Т-4, 110/10/6 кВ мощностью 63 МВА каждый;
- трансформаторы собственных нужд ТСН-3, ТСН-4, мощностью 160 кВА (ТМГ-160/10/0,4);

Гибкая ошиновка ОРУ-110 кВ выполняется сталеалюминевыми проводами марки АС-185/29. Ошиновка (токопровод) 6 кВ, 10 кВ на участке от силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 до изоляторов РУ-6/10кВ выполняется токопроводом ТКЛС(А)-10-4000 УХЛ1. Сборные шины ячеек РУ 6/10 кВ выполняются на номинальный ток 4000 А.

Выбор оборудования и ошиновки учитывает нормальные эксплуатационные, послеаварийные и ремонтные режимы, а также перегрузочную способность оборудования см. т. 1-ЮЭС-2024-ИОС1.1.

Выбор устанавливаемого оборудования выполнено согласно главе 1.4 ПУЭ 7-е изд.

Токи К.З.:

- на шинах 110 кВ трехфазный 15,2 кА, однофазный 9,6 кА;
- на шинах 10 кВ до токоограничивающего реактора трехфазный 28,5 кА;
- на шинах 10 кВ после токоограничивающего реактора трехфазный 11 кА;
- на шинах 6 кВ до токоограничивающего реактора трехфазный 31,3 кА;
- на шинах 6 кВ после токоограничивающего реактора трехфазный 12,56 кА.

Установка токоограничивающих реакторов 10 и 6 кВ принята необходимостью снизить токи короткого замыкания на шинах 10 и 6 кВ до уровней, соответствующих току термической стойкости существующих кабельных линий потребителей, при этом должны соблюдаться требования по чувствительности релейной защиты согласно ПУЭ.

Общий план территории ПС 110 кВ с расположением вновь устанавливаемого оборудования см. Приложение А.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							
<p>Установка токоограничивающих реакторов 10 и 6 кВ принята необходимостью снизить токи короткого замыкания на шинах 10 и 6 кВ до уровней, соответствующих току термической стойкости существующих кабельных линий потребителей, при этом должны соблюдаться требования по чувствительности релейной защиты согласно ПУЭ.</p> <p>Общий план территории ПС 110 кВ с расположением вновь устанавливаемого оборудования см. Приложение А.</p>									
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ			Лист
									6

3. Устройство заземления на ПС.

Схема ЗУ выполняется в соответствии с главами 1.7 ПУЭ-7:

– согласно п.1.7.88-1.7.95 ПУЭ-7, для подстанции напряжением 110 кВ и выше сопротивление заземляющего устройства в любое время года не должно превышать 0,5 Ом.

Вновь устанавливаемое заземляющее устройство подстанции для оборудования устанавливаемого по данному титулу выполняется в виде контура из горизонтальной металлической сетки из стали сечением 5х50 мм² с вертикальными электродами из стали круглой диаметром 16 мм, длиной 5 м.

Сечение заземляющих проводников проверено по термической устойчивости. В качестве расчетного тока для проверки термической устойчивости заземляющих проводников принят ток однофазного замыкания на землю в сети 110 кВ – 9,6 кА.

Расчет минимально допустимого сечения заземляющих проводников

Допустимое сечение заземляющих проводников по термической стойкости и допустимой температуре нагрева рассчитывается в соответствии с п. 15.2.6 СТО 56947007-29.130.15.114-2012:

$$S_{\text{ТУ}} = I_{\text{КЗ}} \cdot S_{1\text{кА}} \cdot q,$$

Где: $S_{1\text{кА}}$ - допустимое сечение для тока в 1 кА, продолжительностью воздействия 1 с (выбирается по табл. 2 п. 15.2.6);

q – коэффициент, учитывающий продолжительность воздействия тока.

$$\begin{cases} \sqrt{t + 0.09}, & t < 1 \text{ с} \\ 0,8\sqrt{t}, & t > 1 \text{ с} \end{cases}, \text{ тогда}$$

Для оборудования:

Медные заземляющие проводники, присоединенные к аппарату:

$$S_{\text{ТУ}} = 9,6 \text{ кА} \cdot 5,4 \text{ мм}^2/\text{кА} \cdot 0,8\sqrt{3} = 71,8 \text{ мм}^2$$

Стальные заземляющие проводники, присоединенные к аппарату:

$$S_{\text{ТУ}} = 9,6 \text{ кА} \cdot 16,5 \text{ мм}^2/\text{кА} \cdot 0,8\sqrt{3} = 219,5 \text{ мм}^2.$$

Горизонтальный стальной заземлитель ЗУ ПС

$$S_{\text{ТУ}} = 9,6 \text{ кА} \cdot 14 \frac{\text{мм}^2}{\text{кА}} \cdot 0,8\sqrt{3} = 186 \text{ мм}^2$$

Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.								Лист	
												7	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ							

Согласно ПУЭ 7-е изд. продольные заземлители прокладываются вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8-1,0 м от фундаментов оборудования. Поперечные заземлители проложены в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5-0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними принято увеличивающимся от периферии к центру.

Металлический каркас всех зданий соединяется как с наружным контуром заземления, так и с внутренним.

Внешнее ограждение ПС к заземляющему устройству ПС не присоединяется.

Все соединения элементов заземляющего устройства выполняются сваркой внахлестку. Сварные швы для полосовой стали выполнять для полосовой стали по ГОСТ 5264-80*, для круглой стали - по ГОСТ 14098-2014. Для защиты от коррозии сварные швы, расположенные в земле покрыть горячим битумом за 2 раза.

Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к месту присоединения нейтралей силового трансформатора к заземляющему устройству, не должны превышать 6 х 6 м.

На вновь установленных порталах должно быть обеспечено растекание тока молнии от стойки конструкции с молниеотводом по трем направлениям с углом не менее 90° между ними. На каждом направлении, на расстоянии 3-5 м от стойки с молниеотводом, должно быть установлено по одному вертикальному электроду длиной 5 м. Также вертикальные заземлители устанавливаются у ОПН. Горизонтальные заземлители у молниеотводов и ОПН должны прокладываться относительно друг друга таким образом, чтобы расстояние между вертикальными заземлителями было больше их длины.

После монтажа горизонтального заземлителя на территории подстанции должен быть проведен контрольный замер параметров заземляющего устройства в наиболее неблагоприятное время года, и, если сопротивление будет превышать величину 0,5 Ом, должны быть вбиты дополнительные электроды.

План заземления с расположением вновь устанавливаемого оборудования см. Приложение Б.

Для обеспечения благоприятной электромагнитной обстановки должны быть проведены следующие дополнительные мероприятия:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<p>устройства в наиболее неблагоприятное время года, и, если сопротивление будет превышать величину 0,5 Ом, должны быть вбиты дополнительные электроды.</p> <p>План заземления с расположением вновь устанавливаемого оборудования см. Приложение Б.</p> <p>Для обеспечения благоприятной электромагнитной обстановки должны быть проведены следующие дополнительные мероприятия:</p>						
			1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ						Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	8

4. Организация питания переменным током

Электроснабжение переменным током всех потребителей на территории ПС предусмотрено от ЩСН, расположенного в здании ОПУ.

ЩСН получает электропитание от двух ТСН 10/0,4 кВ.

Схема питания МП аппаратуры переменным током должна иметь структуру звезды или иерархической звезды, с отдельными ветвями от ЩСН для питания МП устройств и отдельными – для питания электромеханических устройств (содержащих реле, контакторы и др.).

Для электроустановок напряжением до 1 кВ принимается TN-C-S система, с отдельными N и РЕ проводниками.

Питание МП аппаратуры рекомендуется осуществлять через устройства бесперебойного питания, соответствующие требованиям ГОСТ 32133.2-2013.

Для защиты МП аппаратуры по цепям питания переменным током рекомендуется использование УЗИП.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист		
										1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	10
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата			

5. Организация питания постоянным током.

Электропитание всех потребителей оперативным током осуществляется от панелей постоянного тока установленных в ОПУ.

Источник постоянного тока состоит из выпрямителя, который связан с блоком аккумуляторов. От блока аккумуляторов запитаны устройства РЗА, АСУ ТП и т.д.

Схема питания МП аппаратуры постоянным током должна иметь структуру звезды или иерархической звезды, с отдельными ветвями от ЩПТ для питания МП устройств и отдельными – для питания электромеханических устройств. Цепи питания МП устройств рекомендуется экранировать.

В системе постоянного тока размах пульсаций напряжения по отношению к номинальному напряжению электропитания должен находиться в пределах 10 %, что соответствует 1 степени жесткости.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №								Лист
										11
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	

6. Система молниезащиты

В соответствии с таблицей 2.1 СО 153-34.21.122-2003 ПС относится к специальным объектам ограниченной опасности. Уровень надежности защиты от прямых ударов молнии (ПУМ) принимается II, надежность защиты от ПУМ 0,95. Защита вновь устанавливаемого оборудования от прямых ударов молнии осуществляется при помощи существующего отдельностоящего молниеотвода (М5), молниеотвода (М9) вновь установленного на портале ВЛ 110 кВ, молниеотвода (М10) вновь установленного на БМЗ с ячейками КРУ-6/10 кВ и существующей опоры ВЛ (М8).

Защита оборудования РУ 110 кВ от волн грозовых перенапряжений, приходящих с линий и от опасных уровней коммутационных перенапряжений, предусматривается при помощи ограничителей перенапряжений с устройством контроля тока утечки под рабочим напряжением, установленных в цепях трансформаторов.

Принятая защита от грозовых и коммутационных перенапряжений позволяет использовать оборудование ОРУ 110 кВ с испытательными напряжениями, соответствующими уровню изоляции «а» по ГОСТ 1516.3-96 «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции».

Для защиты оборудования 6/10 кВ предусматривается установка ограничителей перенапряжений на выводах 6/10 кВ силовых трансформаторов и в ячейках ЗРУ 6/10 кВ.

Толщина крыши ЗРУ 6/10кВ для организации молниезащиты должна быть не менее 0,5 мм. Также необходимо обеспечить надежный электрический контакт крыши с периметральным ЗУ, т.е. необходимо приварить крышу к панелям стен и металлическому каркасу ЗРУ, сами же панели приварить к полу, каркасу и системе ЗУ ЗРУ. При этом должны быть выполнены все требования СО-153-34.21.122-2003.

Система молниезащиты ПС полностью перекрывает территорию ПС (см. приложение В).

РАСЧЕТНОЕ КОЛИЧЕСТВО РАЗРЯДОВ МОЛНИИ В ТЕРРИТОРИЮ ПС ЗА ГОД.

Поражение объекта молнией носит вероятностный характер и зависит от характеристик грозовой активности в регионе, геометрических параметров рассматриваемого объекта и характеристик окружающей местности. Поэтому выбор принимаемого в расчетах значения тока молнии будет определяться

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	требования СО-153-34.21.122-2003.					
			Система молниезащиты ПС полностью перекрывает территорию ПС (см. приложение В).					
			<p><i>РАСЧЕТНОЕ КОЛИЧЕСТВО РАЗРЯДОВ МОЛНИИ В ТЕРРИТОРИЮ ПС ЗА ГОД.</i></p> <p>Поражение объекта молнией носит вероятностный характер и зависит от характеристик грозовой активности в регионе, геометрических параметров рассматриваемого объекта и характеристик окружающей местности. Поэтому выбор принимаемого в расчетах значения тока молнии будет определяться</p>					
						1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ		Лист
								12
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата			

ожидаемым средним числом поражений объекта за год. Рассматривается поражение молнией всей территории объекта.

В районе расположения ПС уровень грозовой активности составляет 20-40 часов в год (согласно карте грозовой активности, ПУЭ-7, Разд. 2, Рисунок 2.5.3). Вокруг территории ПС присутствуют объекты равной или большей высоты.

Плотность ударов молнии на 1 км² в год:

$$N_g = 6,7 \cdot T_d / 100.$$

Если принять верхнее значение уровня грозовой активности $T_d = 40$ часов в год, то $N_g = 2,7$.

Ожидаемое количество разрядов молнии в защищаемую территорию за год определяется по формуле:

$$N_D = N_g \cdot A_d \cdot C_d \cdot 10^{-6},$$

Здесь A_d – площадь сбора разрядов для рассматриваемой территории, C_d – коэффициент, учитывающий влияние относительного местонахождения защищаемого объекта (в площади сбора разрядов рассматриваемого объекта отсутствуют другие объекты $C_d = 1$).

Площадь сбора разрядов для территории ПС 110 кВ определена в соответствии с International Standard IEC 62305 Protection Against Lightning.

$$A_d = 5581,9 \text{ м}^2.$$

$$N_D = 0,016, \text{ что соответствует 1 удару в } \sim 62 \text{ года.}$$

По данным Международной Электротехнической Комиссии, амплитуда импульсного тока молнии может достигать 200 кА. При этом молнии с амплитудой 100 кА и более составляют менее 4% от общего количества разрядов молний. В соответствии с приведенной эмпирической формулой для оценки вероятности молниевых разрядов с той или иной величиной тока молнии, молниевые разряды с амплитудой тока 50 кА и выше будут составлять 12,9% от общего числа молниевых разрядов.

С учетом ожидаемого количества поражений молнией всей открытой территории в год, молниевые разряды с током молнии выше 50 кА будут происходить в среднем 1 раз в \sim более 100 лет.

Поскольку расчетное время службы устанавливаемого оборудования не превышает 30 лет, выбранное значение тока можно принять в качестве расчетного при определении ЭМО.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ		Лист
											13
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата			

оценки вероятности молниевых разрядов с той или иной величиной тока молнии, молниевые разряды с амплитудой тока 50 кА и выше будут составлять 12,9% от общего числа молниевых разрядов.

С учетом ожидаемого количества поражений молнией всей открытой территории в год, молниевые разряды с током молнии выше 50 кА будут происходить в среднем 1 раз в ~ более 100 лет.

Поскольку расчетное время службы устанавливаемого оборудования не превышает 30 лет, выбранное значение тока можно принять в качестве расчетного при определении ЭМО.

ОЦЕНКА РАЗНОСТЕЙ ПОТЕНЦИАЛОВ, ПРИКЛАДЫВАЕМЫХ К ИЗОЛЯЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ И ВХОДАМ МП АППАРАТУРЫ.

Как показали измерения на различных ПС, двухстороннее заземление экранов кабелей снижает разность импульсных потенциалов, приложенную к входам МП аппаратуры и изоляции цепей.

Для цепей, имеющих гальваническую связь с ЗУ ПС (например, цепи измерительных трансформаторов), разности потенциалов снижаются в $\sim 4\div 7$ раз, а для цепей, не имеющих гальванической связи с ЗУ – например, цепей оперативного тока, в $10\div 100$ раз. С учетом этого и согласно ГОСТ 51317.4.5-99, ГОСТ Р 50571-4-44-2011 (максимальное допустимое напряжение, приложенное к входам МП аппаратуры – 4 кВ, к изоляции вторичных цепей – 10 кВ) принимаем максимально допустимые значения разности импульсных потенциалов для экранированных кабелей при условии двухстороннего заземления экранов:

- для цепей, имеющих гальваническую связь с ЗУ ПС (например, цепей ТН, ТТ, и др.) – 16 кВ между точкой заземления цепей и МП аппаратурой;
- для цепей, не имеющих гальванической связи с ЗУ ПС – 24 кВ;
- для изоляции вторичных цепей, имеющих гальваническую связь с ЗУ ПС и проходящих вблизи конструкций с молниеприемниками – 60 кВ.

ИМПУЛЬСНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПРИ РАЗРЯДАХ МОЛНИИ

Для оценки напряженности магнитного поля, возникающего при ударе молнии в молниеотводы, находящегося в непосредственной близости здания ОПУ, воспользуемся расчетным методом.

Оценить напряженность магнитного поля при ударе молнии в молниеотвод можно по формуле:

$$H = \frac{I_m}{2\pi r k_{\text{экр}}},$$

где $I_m = 100$ кА - максимальный ток молнии, протекающий по молниеотводу;

r – расстояние от молниеотвода до помещения РЗиА;

$k_{\text{экр}} = 6$ коэффициент экранирования здания ОПУ.

Минимальное расстояние от помещения РЗА до ближайшего молниеотвода, при котором будет соблюдаться допустимое значение

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

							1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата			14

напряженности импульсного магнитного поля, должна быть не менее 8,85 м, т.к.

$$r \geq (I_m)/H_{доп} \cdot 2\pi \cdot k_{экр} \geq (100 \cdot 10^3)/300 \cdot 2\pi \cdot 6 = 8,85 \text{ м},$$

где $H_{доп} = 300 \text{ А/м}$ (ГОСТ ИЕС 61000-4-10-2022).

В настоящее время ближайший вновь устанавливаемый молниеотвод располагается на расстоянии более 30 м от здания ОПУ.

Таким образом, при попадании молнии в данный молниеотвод работоспособность микропроцессорных устройств не будет нарушена.

Инв. № подл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

7. Рекомендации по защите МП аппаратуры и прокладываемых вторичных цепей от импульсных перенапряжений

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКРАНИРОВАНИЮ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ И ЗАЗЕМЛЕНИЮ ЭКРАНОВ

1. Вторичные цепи РЗА, АСУ, АСКУЭ и связи, проходящие по территории ПС, должны быть выполнены экранированным кабелем с заземлением экрана с обеих сторон (как со стороны МП аппаратуры, так и со стороны клеммных шкафов). Экраны кабелей, идущих от ЭА к клеммным шкафам, также необходимо заземлять с обеих сторон.

2. Заземление экранов кабелей в здании ОПУ и ЗРУ необходимо осуществлять либо на вводе в здания, либо в месте конечной разделки кабелей. Экраны кабелей, кроме экранов типа фольги или оплетки, заходящих в здания с ОРУ, заземлить на вводе в здания. Экраны типа фольги или оплетки заземляются на ближайший элемент системы заземления по кратчайшему пути только в местах концевой разделки с обоих концов кабелей (СТО 56947007- 29.240.044-2010). Экраны необходимо заземлять вне релейных шкафов или непосредственно в месте ввода кабелей в шкафы, если используются экранирующие шкафы. Заземление экранов кабелей должно, по возможности, обеспечиваться по всему периметру с помощью металлических хомутов, пайки или сварки.

3. На территории ПС 110 кВ экраны кабелей могут быть заземлены по кратчайшему пути на ближайший элемент ЗУ ПС. При этом место соединения должно быть защищено от влияния атмосферных осадков.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОКЛАДКЕ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ И РАЗМЕЩЕНИЮ ЭА

Силовые кабели и вторичные кабели с цепями управления, измерения и сигнализации рекомендуется прокладывать по разным трассам. При прокладке их по одной трассе в соответствии с П. 9.2.9 СТО 56947007-29.240.044-2010 расстояние от контрольного кабеля должно быть не менее:

- 0,25 м - до силовых кабелей 0,4 кВ, ток КЗ в которых не превышает 1 кА, не используемых для питания потребителей на молниеотводах;
- 0,6 м - до других силовых кабелей до 1 кВ;
- 1,2 м - до силовых кабелей выше 1 кВ.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	Лист
										16
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВКЕ УЗИП

1. Не следует размещать в одних и тех же шкафах МП устройства и электромеханические устройства, не снабженные средствами ограничения перенапряжений, например, шунтирующими элементами обмоток электромеханических реле.

2. В ЩСН на общие шины питания рекомендуется установить комбинированный УЗИП 1-й и 2-й ступени. Заземлить УЗИП на ближайший элемент системы уравнивания потенциалов помещения по кратчайшему пути.

3. В вводном щите ЗРУ 6/10кВ на общие шины питания рекомендуется установить УЗИП 2-й ступени.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ВЫСШИХ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЦЕПЯХ

Источниками электромагнитных воздействий на электрических станциях и подстанциях, которые могут вызвать сбои в работе, являются высшие гармоники тока и напряжения, которые создаются вспомогательным оборудованием, мощными преобразователями, сварочными аппаратами, осветительными приборами, мощными тяговыми механизмами и низкой нагрузкой автотрансформаторов.

Отсутствие высших гармоник тока и напряжения указывает на то, что работа вспомогательного оборудования и трансформаторов не влияет на функционирование микропроцессорных устройств.

Для выявления наличия высших гармоник в выходных сигналах измерительных трансформаторов тока и напряжения при эксплуатации ПС необходимо проводить соответствующие измерения (например, с помощью прибора (анализатора качества электромагнитной энергии) типа ПКК-57).

По результатам измерений определяются искажения синусоидальности кривых тока, поступающих с измерительных трансформаторов тока, и искажения синусоидальности напряжения, поступающего с измерительных трансформаторов напряжения, установленных в ОРУ – 110 кВ и ЗРУ – 6/10 кВ.

При недостаточной подавляющей способности измерительных трансформаторов тока и напряжения, необходимо установить дополнительные устройства для фильтрации высших гармоник тока и напряжения в измерительных цепях.

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

аппаратуры

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПРИ ПРОТЕКАНИИ ТОКОВ В СЕТЯХ ДО 1 кВ

Для защиты МП аппаратуры от магнитных полей, создаваемых оборудованием и кабелями классов напряжения ниже 1 кВ, рекомендуется не размещать МП аппаратуру на расстоянии менее 1 м от кабелей 0,4 кВ, которые обеспечивают питание мощных потребителей. Для этого необходимо прокладывать кабели питания на уровне пола (если возможно - в кабельном полуэтаже) Следует избегать прокладки в помещениях с МП аппаратурой кабелей 0,4 кВ, токи КЗ в которых превышают 0,5 кА.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Вблизи здания ОПУ отсутствуют мощные стационарные радиопередатчики широкой направленности. Поэтому для МП аппаратуры опасность могут представлять только электромагнитные поля, создаваемые такими источниками, как портативные рации, неисправный электроинструмент, люминесцентные лампы без помехоподавляющих конденсаторов и т.п.

Рекомендуется не использование портативных раций вблизи (на расстоянии менее 2 м) от установленной МП аппаратуры.

Напряженность электромагнитного поля не должна превышать 10 В/м для 3 степени жёсткости.

[illegible]

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

- В экранирующем шкафе должно быть сведено к минимуму наличие щелей, которые значительно уменьшают экранирующий эффект. Это может быть сделано с помощью комбинированных уплотнителей ЭМС/ІР (например, ЭМС-прокладки), которые обеспечивают герметичный и электрический контакт по всему периметру между панелями и каркасом

шкафа. Таким же образом должен обеспечиваться контакт между дверью и корпусом шкафа в закрытом состоянии. При этом поверхности соприкосновения с уплотнителями должны быть либо не окрашены, либо зачищены от непроводящей краски, либо окрашены проводящей краской;

– Для экранирования смотровых окон может быть использована сварная (или паянная) стальная сетка размером ячейки не более 20х20 мм и толщиной не менее 1 мм. Сетка должна иметь надежный электрический контакт с металлоконструкциями стенки шкафа по всему периметру. Другим вариантом экранирования окон является использование стекол с проводящим покрытием (например, из сплава оксида индия и олова - ИТО, широко используемого в LCD-промышленности). При использовании стекол с проводящими покрытиями необходимо обеспечить электрический контакт между проводящим слоем и металлоконструкциями шкафа, желательно по всему периметру стекол.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ ПРИ КОММУТАЦИОННЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Возникающий в результате КЗ ток имеет широкий спектр высокочастотных составляющих. Поэтому при коротких замыканиях на ЗУ объекта, помимо разности потенциалов на основной частоте 50 Гц, будут возникать высокочастотные разности потенциалов. При этом имеет место резкий подъем потенциала в небольшой области вокруг точки КЗ. За счет индуктивного сопротивления заземлителей на высоких частотах, возникающая разность потенциалов между ЭА и входами МП аппаратуры может достигать десятков кВ даже при сравнительно небольших амплитудах ВЧ-составляющих токов КЗ, что может представлять опасность для МП аппаратуры.

В соответствии с п. 8.2.2.1, п. 9.2.4 и Таблицей 3 СТО 56947007-29.240.044-2010, двухстороннее заземление экранов кабелей снижает разность потенциалов, приложенную к входам МП аппаратуры и изоляции цепей.

Снижения уровней наводок со стороны первичного оборудования зависит от расположения трасс прокладки вторичных цепей относительно шин 110 кВ. В случае фиксирования превышений допустимого уровня коммутационных помех, рекомендуется установить УЗИП в указанные цепи, что обеспечит дополнительную защиту вторичных цепей.

Рекомендуется после завершения строительства ПС выполнить (в рамках итогового контроля реализации рекомендованных мероприятий)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ			Лист
									20

измерение величин указанных помех для того, чтобы определить целесообразность дополнительной защиты МП аппаратуры.

Напряженность электромагнитного поля не должна превышать 10 В/м для 3 степени жёсткости.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
										21
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ				

10. Экранирование микропроцессорной аппаратуры от магнитных полей.

ПОТЕНЦИАЛ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Одежда обслуживающего персонала включает синтетические волокна, при движении человека образуется статический электрический заряд.

Измерение статического электричества производится с помощью статического вольтметра.

При перемещении на расстояние потенциал заряда статического электричества зависит от массогабаритных показателей обслуживающего персонала и влажности окружающей среды.

При относительной влажности воздуха 45%, что характерно для летнего засушливого периода, потенциал статического электричества обычно возрастает.

При относительной влажности воздуха равной 60% потенциал тела человека не должен превышать 4,4 кВ. Для обслуживающего персонала ПС 110/10 кВ при влажности воздуха 60% максимальное значение потенциала тела человека не должно превышать 4,4 кВ для предотвращения выхода из строя микропроцессорной аппаратуры РЗиА, АСУ ТП за счет контактного или воздушного разряда статического электричества.

В случае превышения допустимых значений для исключения негативного влияния статического электричества на микропроцессорные устройства РЗиА, АСУ ТП и т.д. необходимо в помещении РЗиА ОПУ предусмотреть кондиционеры, которые поддерживали бы относительную влажность не менее 60-70%.

Рабочая одежда и форма обслуживающего персонала не должна содержать синтетического волокна, а обувь должна иметь электропроводящую подошву.

ПОТЕНЦИАЛ НАПОЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ

Расчетная оценка электростатического потенциала производится на основе измерений поверхностного и объемного сопротивлений образца напольного покрытия с помощью тераомметра.

Напольное покрытие должно обеспечивать выполнение следующего условия:

- при относительной влажности воздуха равной 60% потенциал тела человека не должен превышать 4,4 кВ.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<p><i>ПОТЕНЦИАЛ НАПОЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ</i></p> <p>Расчетная оценка электростатического потенциала производится на основе измерений поверхностного и объемного сопротивлений образца напольного покрытия с помощью тераомметра.</p> <p>Напольное покрытие должно обеспечивать выполнение следующего условия:</p> <p>- при относительной влажности воздуха равной 60% потенциал тела человека не должен превышать 4,4 кВ.</p>										
									1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ				Лист
													22
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата								

11. Требования ЭМС к аппаратуре, размещаемой на объекте

Вновь устанавливаемая МП аппаратура, а также используемая для работы МП устройств вспомогательная аппаратура связи, питания и т.п., должна быть испытана согласно требованиям ГОСТ 51317-6.5-2006 (предъявляемым к аппаратуре на электростанциях и подстанциях):

- не ниже чем по 4-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии (согласно ГОСТ Р 51317.4.5-99) по входам цепей, выходящих за пределы здания;

- не ниже чем по 5-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к кратковременному магнитному полю промышленной частоты (согласно ГОСТ IEC 61000-4-8-2013).

- не ниже чем по 5-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к непрерывному магнитному полю промышленной частоты (согласно ГОСТ IEC 61000-4-8-2013).

- порт корпуса не ниже чем по 3-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к электростатическим разрядам (согласно ГОСТ Р 51317.4.2-2010);

- порт корпуса не ниже чем по 3-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю (амплитудная модуляция) (согласно ГОСТ Р 51317.4.3-99). Данный уровень устойчивости позволяет применять портативные радиочастотные излучающие средства на расстоянии 1-2 м от МП аппаратуры;

- не ниже чем по 4-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот 0-150 кГц (согласно ГОСТ Р 51317.4.16-2000). Данное требование относится к входам аппаратуры, цепи которой уходят за пределы зданий с МП аппаратурой;

- по входам цепей питания переменным током, а также по входам сигналов ввода/вывода не ниже чем по 4-му (по входам цепей, подключаемых к высоковольтному оборудованию) или по 3-му (по входам остальных цепей, выходящих за пределы зданий с МП аппаратурой) классам жесткости испытательных воздействий на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии (в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.5-99);

- по входам цепей питания постоянным током, уходящих за пределы зданий не ниже чем по 4-му (по входам цепей, подключаемых к

Взам. инв. №		входам аппаратуры, цепи которой уходят за пределы зданий с МП аппаратурой;							
Подп. и дата		— по входам цепей питания переменным током, а также по входам сигналов ввода/вывода не ниже чем по 4-му (по входам цепей, подключаемых к высоковольтному оборудованию) или по 3-му (по входам остальных цепей, выходящих за пределы зданий с МП аппаратурой) классам жесткости испытательных воздействий на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии (в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.5-99);							
Инв. № подл.		— по входам цепей питания постоянным током, уходящих за пределы зданий не ниже чем по 4-му (по входам цепей, подключаемых к							
								1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	Лист
									23
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата				

высоковольтному оборудованию) или по 3-му (по входам остальных цепей, выходящих за пределы зданий с МП аппаратурой) классам жесткости испытательных воздействий на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии (в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.5-99);

– не ниже чем по 3-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к колебательным затухающим помехам (согласно ГОСТ IEC 61000-4-12-2016). Данное требование относится к входам аппаратуры, цепи которой уходят за пределы зданий с МП аппаратурой (кроме сигнальных цепей, которые не подключаются к высоковольтному оборудованию);

– по входам цепей, которые подключаются к высоковольтному оборудованию не ниже чем по 4-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к наносекундным импульсным помехам (согласно ГОСТ 30804.4.4-2013);

– по входам сигнальных цепей, которые не подключаются к высоковольтному оборудованию не ниже чем по 3-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к наносекундным импульсным помехам (согласно ГОСТ 30804.4.4-2013);

– порты электропитания постоянного и переменного тока, сигнальные порты и порты заземления не ниже чем по 3-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями (согласно ГОСТ IEC 61000-4-6-2022, часть 4-6.);

– входные и выходные порты электропитания переменного тока по специальному классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к провалам (U 30% за 1 период и U 60% за 50 периодов) и прерываниям (U 50% за 5 периодов и U 100% за 50 периодов) напряжения электропитания (согласно ГОСТ 30804.4.11—2013);

– входные и выходные порты электропитания постоянного тока не ниже чем по 3-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к пульсациям напряжения (согласно ГОСТ Р 51317.4.17-2000).

Однако, требования указанного ГОСТ-51317-6.5-2006 (введённого только в 2007 году) в некоторых случаях жёстче, чем требования ГОСТ 30804.6.2 – 2013, и поставляемая в настоящее время МП аппаратура может не удовлетворять всем указанным критериям. Поэтому допускается использование МП аппаратуры, испытанной не ниже, чем по 4-му (300 А/м) классу жесткости на устойчивость к воздействию к кратковременного

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	– входные и выходные порты электропитания постоянного тока не ниже чем по 3-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к пульсациям напряжения (согласно ГОСТ Р 51317.4.17-2000).					
			Однако, требования указанного ГОСТ-51317-6.5-2006 (введённого только в 2007 году) в некоторых случаях жёстче, чем требования ГОСТ 30804.6.2 – 2013, и поставляемая в настоящее время МП аппаратура может не удовлетворять всем указанным критериям. Поэтому допускается использование МП аппаратуры, испытанной не ниже, чем по 4-му (300 А/м) классу жесткости на устойчивость к воздействию к кратковременного					
						1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ		Лист
								24
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата			

магнитного поля промышленной частоты в соответствии с ГОСТ IEC 61000-4-8-2013 при применении мер по экранированию МП аппаратуры.

ГОСТ-51317-6.5-2006 не регламентирует нормы жесткости испытательных воздействий на устойчивость к влиянию импульсного магнитного поля. Поэтому устанавливаемую МП аппаратуру, рекомендуется испытать не ниже, чем по 4-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к влиянию импульсного магнитного поля (согласно ГОСТ IEC 61000-4-9-2013, часть 4-9) при применении мер по экранированию МП аппаратуры.

Кроме того, для всей устанавливаемой МП аппаратуры должно быть выполнено следующее требование: входы цепей, выходящих за пределы зданий для МП аппаратуры РЗА, АСУ, АСКУЭ, должны иметь встроенные гальванические развязки (оптроны, разделительные трансформаторы), способные выдерживать напряжение не менее чем 1 кВ испытательных воздействий на устойчивость к кондуктивным кратковременным помехам на частоте 50 Гц.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	Лист 25
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		

12. Заключение

Для обеспечения соответствующей электромагнитной совместимости на ПС 110 кВ микропроцессорных устройств РЗиА, ПА, АСКУЭ и телемеханики с оборудованием подстанции необходимо осуществление рекомендаций, указанных ранее.

Запроектированная конструкция ЗУ ПС обеспечит безаварийную работу контрольных кабелей в режимах КЗ в сетях 6 кВ, 10 кВ, 110 кВ и тем самым создаст условия для ЭМС микропроцессорных устройств с оборудованием подстанции в режиме КЗ и нормальном режиме эксплуатации.

Для исключения негативного воздействия статического электричества на микропроцессорные устройства, необходимо выполнение следующих условий:

- во всех помещениях ОПУ, где будут находиться микропроцессорные устройства и персонал рекомендуется обеспечить относительную влажность воздуха в пределах 60 – 70%;

- рабочая одежда и форма обслуживающего и эксплуатационного персонала подстанции не должна содержать искусственных волокон (антистатическая одежда), а обувь содержать электропроводную подошву;

- напольное покрытие должно быть выполнено из антистатического материала.

Для уменьшения воздействия импульсных помех при возведении ПС необходимо выполнить следующие мероприятия защиты в соответствии с требованиями СТО 56947007-29.240.044-2010 "Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства":

- заземление корпусов (или конструкций) разъединителей, выключателей и шкафов РЗиА выполнить кратчайшим путём;

- выполнить защитное заземления всех шкафов, панелей, корпусов, устройств РЗиА, АСУ;

- выполнить рабочее заземление к зажимам защитного заземления панелей (шкафов) и корпусов устройств РЗиА;

- исключить применение жил одного контрольного кабеля для цепей разного назначения;

- цепи переменного напряжения от ТН, токовые цепи от ТТ, цепи оперативного постоянного тока, цепи оперативного переменного напряжения, цепи питания собственных нужд, цепи связи (диспетчерской, технологической) должны быть выполнены отдельными кабелями с

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

						1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	Лист 26
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		

Перечень нормативных документов

Разработка настоящей проектной документации выполнена на основании и с использованием следующих нормативных документов:

№ документа	Обозначение	Наименование
1.	СТО 56947007-29.240.10.248-2017	Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ, ПАО «ФСК ЕЭС», 2017
2.	ПУЭ, седьмое издание	Правила устройства электроустановок (ПУЭ), седьмое издание, Издательство НЦ ЭНАС, 2003
3.	ГОСТ Р 54130-2010	Качество электрической энергии. Термины и определения.
4.	СО 34.35.311-2004	Методические указания по определению электромагнитной обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях, РАО «ЕЭС России», 2004
5.	СП 52.13330.2016	Естественное и искусственное освещение
6.	СТО 56947007-29.240.044-2010	Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства
7.	Ц-02-98(Э).	Технический циркуляр «О проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания»
8.	СО 153-34.21.122-2003	Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, Минэнерго России 2003
9.	СО 153-34.20.188-2003	Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем. Минэнерго России, 2003
10.	СО 153-34.20.576-2003	Методические указания по устойчивости энергосистем
11.		IEC 62305 Lightning Protection (МЭК 62305 Молниезащита).
12.	ГОСТ IEC 61000-4-6-2022	Электромагнитная совместимость. Часть 4-6. Методы испытаний и измерений. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными полями.
13.	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.

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

						1-ЮЭС-2024-ЭМС-ТЧ	Лист
							28
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата		

Таблица регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в док.	Номер док.	Подп.	Дата
	Измененных	Замененных	Новых	Аннулированных				

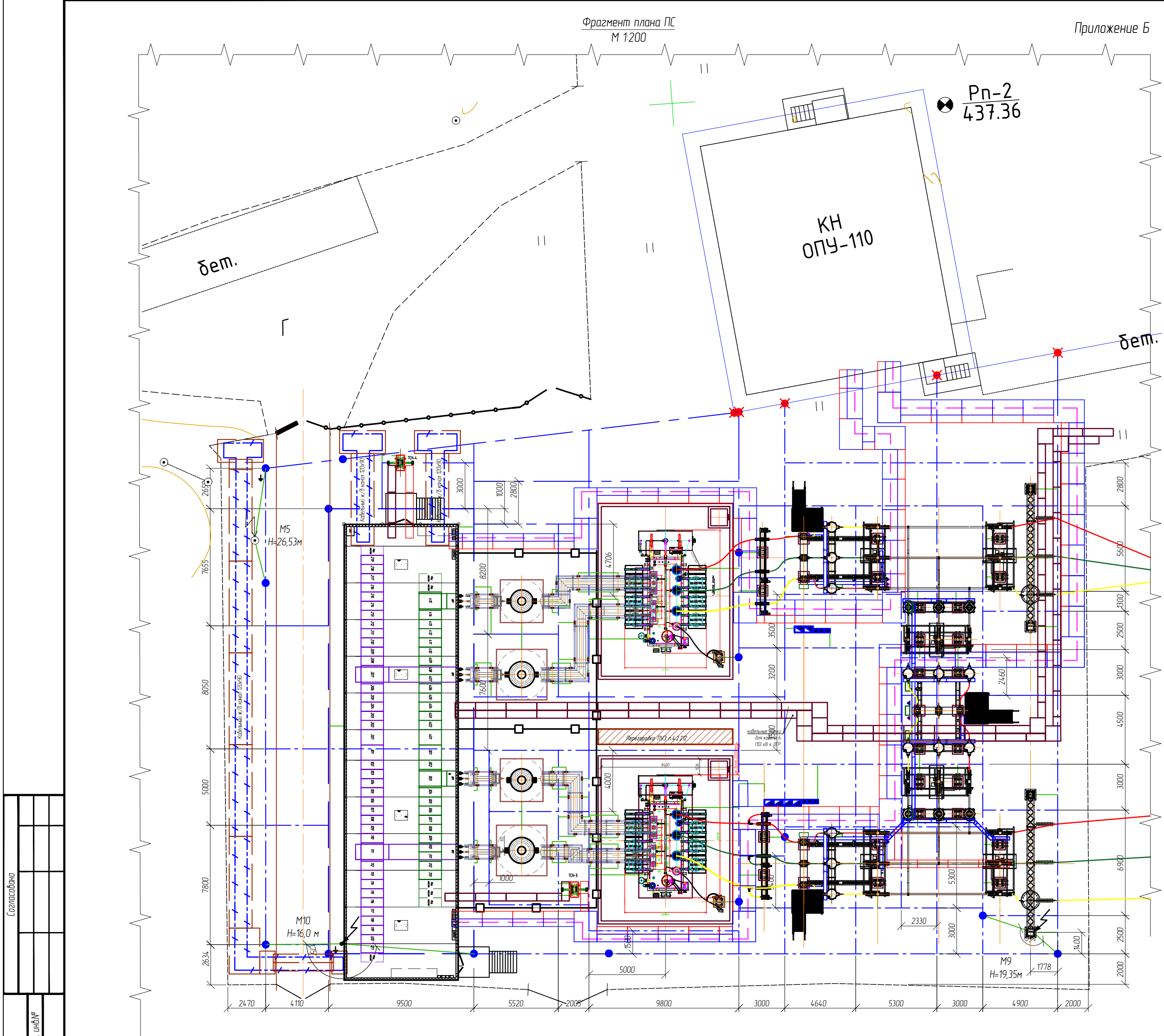
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата



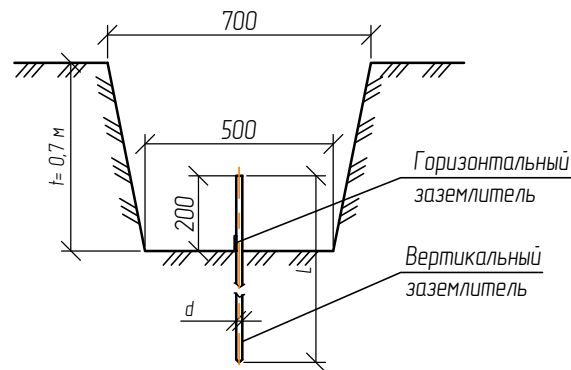
Условные обозначения:

- 1 Разрезы см. л. 15

[illegible]



Расположение заземлителей в грунте
(1:20)



Условные обозначения:

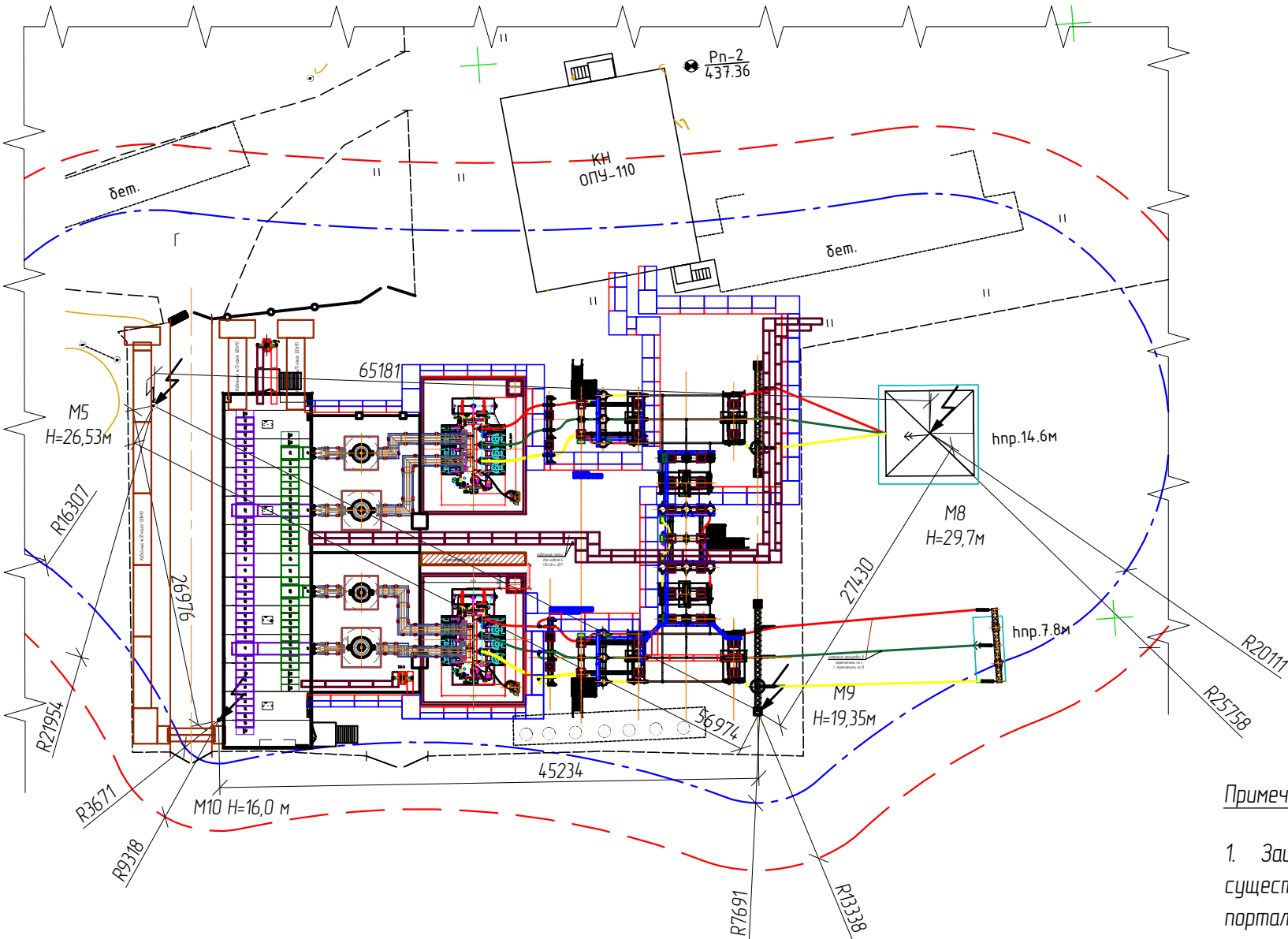
- внабь прокладываемый горизонтальный заземлитель первого пускового комплекса;
- внабь прокладываемый горизонтальный заземлитель на глубине 1м;
- внабь прокладываемый горизонтальный заземлитель на глубине 0,1м вдоль лотков контрольных кабелей;
- внабь прокладываемый горизонтальный заземлитель второго пускового комплекса;
- внабь прокладываемый заземляющий проводник;
- существующий контур заземления;
- вертикальный заземлитель L=5 м;
- место присоединения к существующему контуру заземления;
- молнеотвод;
- болт заземления пожарной машины;
- полоса заземления в кабельном канале.

Спецификация					
Марка, поз	Обозначение	Наименование	Кол	Масса, ед. кг	Примечание
1. Первый пусковой комплекс					
11		Горизонтальный заземлитель, м полоса 5х50 ГОСТ 103-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	470	1963	
12		Горизонтальный заземлитель, м полоса 5х50 ГОСТ 103-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	50	1963	вдоль стоек зданий на глубине 1м
13		Горизонтальный заземлитель, м круг 16 ГОСТ 2590-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	130	158	вдоль лотков контрольных кабелей на глубине 0,1м
14		Вертикальный заземлитель L=5 м, шт круг 16 ГОСТ 2590-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	10	7,9	
15		Заземляющий проводник, полоса 5х50 ГОСТ 103-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005 м	160	157	спуски от оборудования
16		Уголок стальной 50х50х5 мм ГОСТ 8509-93, L=13 м	1	4,49	для пожарной машины
17		Горизонтальный заземлитель, м полоса 5х50 ГОСТ 103-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	35	1963	в кабельном канале
18	М10, H=16,0 м	Молниеприемник на кронштейнах, К2М-205Н-150, d=60-16 мм, h=15,0 м	1	89	
2. Второй пусковой комплекс					
21		Горизонтальный заземлитель, м полоса 5х50 ГОСТ 103-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	140	1963	
22		Горизонтальный заземлитель, м полоса 5х50 ГОСТ 103-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	50	1963	вдоль стоек зданий на глубине 1м
23		Горизонтальный заземлитель, м круг 16 ГОСТ 2590-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	35	158	вдоль лотков контрольных кабелей на глубине 0,1м
24		Вертикальный заземлитель L=5 м, шт круг 16 ГОСТ 2590-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	4	7,9	
25		Заземляющий проводник, полоса 5х50 ГОСТ 103-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005 м	60	157	спуски от оборудования
26		Уголок стальной 50х50х5 мм ГОСТ 8509-93, L=13 м	1	4,49	для пожарной машины
27		Горизонтальный заземлитель, м полоса 5х50 ГОСТ 103-2006 ст.3сп4 ГОСТ 535-2005	100	1963	в кабельном канале

- Примечания:
- Заземление подстанции выполнить в соответствии с ПУЭ глава 1.7, п.4.2.136.
 - Соприкосновение заземляющего устройства в любое время года не должно превышать 0,5 Ом.
 - Все работы по подземной части заземляющего устройства выполняются одновременно со строительными работами по нулевому циклу.
 - Продольные горизонтальные заземлители проложить вдоль осей оборудования на глубине 0,7 м от поверхности грунта и на расстоянии 0,8-1,0 м от фундаментов. Расстояние между вертикальными заземлителями не менее 5 м.
 - Сечения элементов заземляющего устройства выбраны исходя из требований, предъявляемых в ПУЭ п.1.7.111, п.1.7.112.
 - Все соединения элементов заземляющего устройства выполняются сваркой внахлестку. Сварные швы для полосовой стали выполняются по ГОСТ 5264-80*, для круглой стали-по ГОСТ 14098-2014. Для защиты от коррозии сварные швы, расположенные в земле, покрыты горячим битумом за 2 раза.
 - К внабь устанавливаемому контуру заземления подстанции присоединяются БМЗ с ячейками КРУ-6/10 кВ, силовые трансформаторы, металлические площадки, заземлитель в кабельном канале.
 - Внабь устанавливаемый молниеводник присоединить к существующему контуру заземления.
 - В соответствии с ПУЭ п.4.2.137 от конструкций молниезащиты должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления не менее чем в двух направлениях с углом не менее 90° между соседними. Кроме того, должно быть установлено не менее одного вертикального электрода от места присоединения к магистрали заземления стойки с молниезащитой.
 - Заземляющая магистраль внутри БМЗ с ячейками КРУ-6/10 кВ должна иметь замкнутый контур, иметь два выпуска из здания и соединяться с наружным контуром заземления.
 - В местах, отмеченных знаком "⚡" прибить болт М20 для заземления пожарной машины к уголку предварительно залив его вертикально в грунт на глубину 0,7 м и присоединить его к общему контуру заземления ПС на месте. Все соединения выполнить сваркой внахлестку.
 - Внешнее ограждение к заземляющему устройству не присоединять.
 - Места присоединения внабь прокладываемых заземлителей к существующему контуру заземления уточнить по месту монтажа.
 - После монтажа горизонтального заземлителя и вертикальных заземлителей на территории подстанции должен быть проведен контрольный замер параметров заземляющего устройства в наиболее неблагоприятное время года.

1-ЮЭС-2024-ИЭС1.1-ГЧ					
Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА каждый (прирост мощности 76 МВА)					
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал	Тихонов				10.2025
Рук. отдела	Тихонов				10.2025
И.контр.					
ГИП	Иванов				10.2025
Раздел 5. Подраздел 1. Часть 1. Электротехнические решения				Студия	Лист
План заземляющего устройства (39)				11	19
				СИБТЭК	

Фрагмент плана ПС
М1:500



Условные обозначения:

- молниеотвод;
- зона защиты на высоте 7 м;
- зона защиты на высоте 11 м.

Расчетные параметры зоны молниезащиты

Высота молниеотвода h, м	Высота конуса h0, м	Радиус конуса r0, м	Радиус конуса на высоте 7 м	Радиус конуса на высоте 11 м
29,7	25,245	35,64	25,758	20,111
26,53	22,551	31,836	21,954	16,307
19,35	16,448	23,22	13,338	7,691
16,0	13,6	19,2	9,318	3,671

Примечания:

- Защита вновь устанавливаемого оборудования от прямых ударов молнии осуществляется при помощи существующего отдельстоящего молниеотвода (М5), молниеотвода (М9) вновь установленного на портале ВЛ 110 кВ, молниеотвода (М10) вновь установленного на БМЗ с ячейками КРУ-6/10 кВ и существующей опоры ВЛ (М8).
- В качестве молниеприемников к установке приняты молниеотводы высотой 29,7 м, 26,53 м, 19,35 м, 16 м.
- Расчет молниезащиты выполнен на основании СО 153-34.21.122-2003 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений".
- Спуски молниеотводов присоединить к заземляющему устройству.
- Радиус зон защиты см. в таблице 1.

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

						1-ЮЭС-2024-ИОС1.1-ГЧ		
						Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА каждый (прирост мощности 76 МВА)		
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Раздел 5. Подраздел 1. Часть 1. Электротехнические решения	Стадия	Лист
Разработал	Тихонов				10.2025		П	18
Рук. отдела	Тихонов				10.2025			
Н.контр.								
ГИП	Иванов				10.2025			

