

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем
электроснабжения
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Диагностика заземляющих устройств и электромагнитной обстановки ОРУ-110 кВ Жигулевской ГЭС»

Студент	<u>Е.И. Конопатин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Научный руководитель	<u>А.А. Романов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« ____ » _____ 2018 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« ____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

Содержание

Введение.....	4
1 Комплексное обследование заземляющих устройств ОРУ-110.....	6
1.1 Краткая характеристика объекта	6
1.3 Результаты обследования состояния заземляющих устройств ОРУ	8
1.3.1 Определение трассы прокладки горизонтальных электродов заземлителей ОРУ	8
1.3.2 Определение наличия и качества связей оборудования ОРУ с заземляющими устройствами	8
1.3.3 Результаты измерения значений удельного сопротивления грунта на территории ОРУ	35
1.3.4 Измерение сопротивлений заземляющих устройств ОРУ и проверка коррозионного состояния электродов заземлителей ОРУ и заземляющих проводников оборудования.....	38
1.3.5 Измерение напряжений прикосновения к оборудованию ОРУ	39
1.3.6 Расчет значений сопротивления и напряжения на заземляющих устройствах ОРУ при КЗ	41
1.3.7 Расчет значений напряжений прикосновения к оборудованию ОРУ.....	43
1.3.8 Расчет термического нагрева электродов заземлителей ОРУ и заземляющих проводников оборудования при КЗ	45
1.3.9 Воздействие токов и напряжений промышленной частоты на контрольные кабели при КЗ.....	48
1.3.10 Воздействие импульсных напряжений на контрольные кабели при ударах молнии	51
1.4 Заключение по результатам диагностики заземляющих устройств ОРУ-110 кВ Жигулевской ГЭС.....	54

2. Определение электромагнитной обстановки на ОРУ-110 кВ	56
2.1 Термины и определения	56
2.2 Методика определения электромагнитной обстановки	58
2.3 Устанавливаемые устройства и характеристики	61
2.4 Результаты измерений и расчетов электромагнитной обстановки.....	61
2.4.1 Обследование заземляющего устройства	61
2.4.2 Импульсные излучаемые помехи	65
2.4.3 Импульсные помехи, связанные с протеканием тока молнии	67
2.4.4 Электромагнитные поля и кондуктивные помехи радиочастотного диапазона.....	72
2.4.5 Магнитные поля промышленной частоты.....	74
2.4.6 Разряды статического электричества	76
2.4.7. Помехи, связанные с возмущениями в цепях питания низкого напряжения	78
2.4.8 Импульсные магнитные поля	78
2.4.9 Взаимное влияние кабелей.....	80
3 Выводы и заключения по комплексной диагностики электромагнитной обстановки.....	82
3.1 Обследование электромагнитной обстановки для устройств АСТУ в цепях от оборудования ОРУ-110 кВ	82
3.2 Заключение и рекомендации.....	84
Заключение	87
Список используемых источников.....	89

Введение

Применение на подстанциях и электростанциях автоматических и автоматизированных систем технологического управления (АСТУ) с использованием электронных и микропроцессорных устройств предусматривает строгое соблюдение требований электромагнитной совместимости (ЭМС) при проектировании, монтаже и эксплуатации.

Краткими характеристиками Жигулевской ГЭС являются:

1. В соответствии с требованиями СТО 56947007-29.130.15.105-2011 «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок» допустимая плотность токов по экранам контрольных кабелей должна соответствовать времени отключения КЗ УРОВ. При этом допустимое значение напряжения прикосновения к рабочим местам должно соответствовать времени срабатывания резервной защиты, а к остальному оборудованию – времени срабатывания основной защиты.

2. Для ОРУ-110 кВ время отключения КЗ УРОВ составляет 0,34 с, время срабатывания основной защиты 110 кВ – 0,18 с, время срабатывания резервной защиты 110 кВ – более 1 с.

3. Предельно допустимая плотность токов по контрольным кабелям ОРУ-110 кВ в течении 0,34 с составляет 447 А/мм².

4. Предельно допустимое значение напряжения прикосновения к рабочим местам ОРУ-110 кВ составляет 65 В.

5. Предельно допустимое значение напряжения прикосновения к остальному оборудованию ОРУ-110 кВ составляет 410 В.

6. Контрольные кабели по территории ОРУ проложены в заглубленных кабельных каналах.

7. Молниезащита ОРУ-110 кВ осуществляется при помощи стержневых молниеприемников, расположенных на порталах и отдельно стоящих молниеотводах (прожекторных мачтах).

8. Материал горизонтальных электродов заземлителей ОРУ и заземляющих проводников оборудования – сталь полосовая и круглая сечением от 78 до 200 мм².

1 Комплексное обследование заземляющих устройств ОРУ-110

1.1 Краткая характеристика объекта

1. Жигулевская ГЭС представляет собой электростанцию, на которой в рамках настоящей работы рассматриваются ОРУ-110 кВ с ППУ-110 кВ.

2. Молниезащита ОРУ-110 кВ осуществляется при помощи стержневых молниеприемников, расположенных на порталах и отдельностоящих молниеотводах (прожекторных мачтах).

3. Прокладка кабелей цепей вторичной коммутации от высоковольтного оборудования до панелей АСТУ выполнена в заглубленных железобетонных кабельных каналах. Цепи различного назначения (токовые, напряжения, сигнализации и оперативного тока) разделены по различным кабелям. Для связи устройств АСТУ с высоковольтным оборудованием используются бронированные, экранированные и не экранированные кабели. Экраны кабелей на РУ-110 кВ заземлены с только со стороны ОРУ-110 кВ.

4. Устройства АСТУ запитаны постоянным оперативным током 220 В от щита, получающего от АБ-1 и АБ-2, размещенных в здании ГЭС.

5. Во всех помещениях с МП устройствами введен запрет на использование переносных радиостанций.

6. Значение тока однофазного короткого замыкания на шинах 110 кВ составляет:

- в месте КЗ – 48,2 кА.

7. Время отключения КЗ:

- на шинах ОРУ-110 кВ с учетом работы УРОВ – 0,34 с.

Эквивалентные значения удельного сопротивления грунта ρ , приведенные к двухслойной модели составили, с учетом промерзания, просыхания грунта (по результатам измерений):

рверхнего слоя – 135 Ом·м, рнижнего слоя – 17 Ом·м, толщина верхнего слоя – 4,6 м.

1.2 Цель проведения работ

Целью данной работы являлась проверка выполнения требований ЭМС для МП устройств АСТУ во вторичных цепях от оборудования ОРУ-110 кВ Жигулевской ГЭС – филиала ОАО «РусГидро». Для решения поставленной задачи проводились: обследование электромагнитной обстановки (ЭМО), диагностика заземляющих устройств и молниезащиты (на соответствие требований ЭМС). А так же проводилось комплексное обследование заземляющих устройств ОРУ-110 и проверка выполнения требований ЭМС для МП устройств АСТУ во вторичных цепях от оборудования ОРУ-110 кВ Жигулевской ГЭС – филиала ОАО «РусГидро».

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие работы:

- будут определены исполнительные схемы заземляющих устройств ОРУ;
- будет определено наличие и качество связей электрооборудования ОРУ с заземляющими устройствами;
- будут определены пути растекания тока однофазного КЗ;
- будут определены значения сопротивления заземляющих устройств;
- будет определено удельное электрическое сопротивление грунта на территории ОРУ;
- будут определены значения напряжений прикосновения к оборудованию ОРУ при однофазном КЗ;
- будут определены значения напряжений и токов промышленной частоты, воздействующих на контрольные кабели при КЗ;
- будут определены значения импульсных напряжений, воздействующих на контрольные кабели при ударах молнии.

В качестве аварийных ситуаций, приводящих к поражению электрическим током персонала, повреждению и (или) неправильной работе систем РЗА, будут рассматриваться:

- однофазное КЗ;
- удары молнии в молниеотводы и молниеприемники ОРУ.

Критерием электробезопасности принималось условие обеспечения значений напряжений прикосновения к любому оборудованию, ниже предельно допустимых значений в соответствии с ПУЭ п.1.7.91 и ГОСТ 12.1.038.

1.3 Результаты обследования состояния заземляющих устройств ОРУ

1.3.1 Определение трассы прокладки горизонтальных электродов заземлителей ОРУ

В результате измерений, проведенных в соответствии с п. 8.3 СТО 56947007-29.130.15.105-2011, были определены исполнительные схемы заземляющих устройств ОРУ-110 кВ, представленные на прилагаемых чертежах «Жигулевская ГЭС. Заземляющее устройство ОРУ-110 кВ»

1.3.2 Определение наличия и качества связей оборудования ОРУ с заземляющими устройствами

Измерения качества связей оборудования ОРУ-110 кВ с соответствующими заземляющими устройствами выполнялись в соответствии с п. 8.2 СТО 56947007-29.130.15.105-2011.

По результатам диагностики заземляющих устройств установлены следующие нарушения требований ПУЭ:

- 1) на ОРУ-110 кВ имеется незаземленное оборудование.
- 2) на ОРУ-110 кВ имеется последовательно заземленное оборудование.

Результаты измерений представлены в Таблице 1.1

Таблица 1.1 – Результаты измерений

№	Оборудование	Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем						Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
		Кол-во заземл. пров.	Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %									
			Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.							
ОРУ-110 кВ												
1.	Шк. ТВН-ТК 1.22	ВО	1	+	100	-	-	< 0,05	5	50x4	Пригодно	2027
2.	РО	ВО	3	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
3.	ОИ-1 ф. «А»	ВО	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
4.	ОИ-1 ф. «В»	ВО	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
5.	ОИ-1 ф. «С»	ВО	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
6.	ОИ-2 (на портале)	ВО	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
7.	1ТТ ф. «А»	ВО	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4, 35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
8.	1ТТ ф. «В»	ВО	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4, 35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
9.	1ТТ ф. «С»	ВО	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4, 35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
10.	Кл. шкаф	ВО	-	+	-	60	40	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
11.	ЭВ	ВО	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
12.	Силовая сборка №1 + рем. пост. №1	ВО	-	-	-	100	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
13.	Шк. ТВН-ТК 1.21	ВО	1	+	60	40	-	< 0,05	5	50x4	Пригодно	2027
14.	Р-1	ВО	5	+++ ++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Пригодно	2027
15.	Р-2 (на портале)	ВО	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
16.	РО-18	ПГ (плавка гололеда)	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 35x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
17.	ОИ-2 ф. «А»	ПГ (плавка гололеда)	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

18.	ОИ-2 ф. «С»	ПГ (плавка гололеда)	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
19.	Шк. ТВН-ТК 1.20	ПГ (плавка гололеда)	1	+	70	30	-	< 0,05	5	50x4	Пригодно	2027
20.	ОИ-1	4 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
21.	РО	4 ТГ	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
22.	ОИ-2 ф. «А»	4 ТГ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
23.	ОИ-2 ф. «В»	4 ТГ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
24.	ОИ-2 ф. «С»	4 ТГ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
25.	РЛ (на портале)	4 ТГ	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
26.	ТТ ф. «А»	4 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
27.	ТТ ф. «В»	4 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
28.	ТТ ф. «С»	4 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
29.	ЭВ	4 ТГ	4	+++ -	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
30.	Кл. шк.	4 ТГ	-	-	-	50	50	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
31.	Силовая сборка №2 + рем. пост. №2	4 ТГ	-	-	-	100	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
32.	ОИ-3 ф. «В,С»	4 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
33.	Р-1	4 ТГ	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 50x4 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
34.	Р-2 (на поргале)	4 ТГ	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
35.	ОИ-4 ф. «А,В»	4 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
36.	Шк. ТВН-ТК 1.23	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	5	50x4	Пригодно	2027
37.	ОИ-1	1 ТГ	1	-	-	-	-	Не заземлено	40	40x4	Не пригодно	После устранения дефекта
38.	РО	1 ТГ	2	++	100	-	-	< 0,05	40	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
39.	ОИ-2 ф. «А»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	40	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
40.	ОИ-2 ф. «В»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	40	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
41.	ОИ-2 ф. «С»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	40	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
42.	ОИ-3 ф. «А»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	40	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
43.	ОИ-3 ф. «В»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	40	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
44.	ОИ-3 ф. «С»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	40	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
45.	РЛ (на портале)	1 ТГ	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
46.	ТТ ф. «А»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
47.	ТТ ф. «В»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
48.	ТТ ф. «С»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
49.	Кл. шк.	1 ТГ	-	-	-	60	40	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
50.	ЭВ	1 ТГ	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
51.	Силовая сборка №3	1 ТГ	1	+	60	40	-	< 0,05	10	40x4	Пригодно	2027
52.	Шк. ТВН-ТК 1.19	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	5	50x4	Пригодно	2027
53.	ОИ-4 ф. «В,С»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
54.	Р-1	1 ТГ	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4, 50x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
55.	Р-2 (на портале)	1 ТГ	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
56.	ОИ-5 ф. «А,В»	1 ТГ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
57.	РО	ВЛ Ал-2	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
58.	ОИ-1 ф. «А»	ВЛ Ал-2	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
59.	ОИ-1 ф. «В»	ВЛ Ал-2	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
60.	ОИ-1 ф. «С»	ВЛ Ал-2	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металлосвязи оборудования с заземлителем					Сопrotивление металлосвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
61.	РЛ (на портале)	ВЛ Ал-2	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
62.	ТТ ф. «А»	ВЛ Ал-2	2	++	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
63.	ТТ ф. «В»	ВЛ Ал-2	2	++	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
64.	ТТ ф. «С»	ВЛ Ал-2	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
65.	Кл. шк.	ВЛ Ал-2	1	+	70	30	-	< 0,05	10	35x5	Пригодно	2027
66.	ЭВ	ВЛ Ал-2	4	+++ -	100	-	-	< 0,05	10	35x5 (3), 40x4 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
67.	Шк. ТВН-ТК 1.18	ВЛ Ал-2	1	+	60	40	-	< 0,05	5	50x4	Пригодно	2027
68.	Р-1	ВЛ Ал-2	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4, 50x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
69.	Р-2 (на портале)	ВЛ Ал-2	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
70.	КС ф. «В»	ВЛ Ал-2	1	+	100	-	-	< 0,05	10	Ø14	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
71.	Шк. ТВН-ТК 1.24	ВЛ Ал-2	1	+	60	40	-	< 0,05	5	50x4	Пригодно	2027
72.	2 ТС	2 ТС	1	+	30	-	70	< 0,05	10	35x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
73.	Каб. ввод 10 кВ	2 ТС	2	++	60	40	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
74.	ТТ ф. «А»	2 ТС	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
75.	ТТ ф. «В»	2 ТС	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
76.	ТТ ф. «С»	2 ТС	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
77.	Кл. шк.	2 ТС	-	-	-	40	60	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
78.	ЭВ	2 ТС	4	+++ -	100	-	-	< 0,05	10	35x5 (3), 40x4 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
79.	Силовая сборка №4 + рем. пост. №3	2 ТС	-	-	-	100	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
80.	P-1	2 ТС	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4, 50x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
81.	P-2 (на портале)	2 ТС	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
82.	ТТ ф. «А»	ШСВ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
83.	ТТ ф. «В»	ШСВ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
84.	ТТ ф. «С»	ШСВ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
85.	Кл. шк. ШСВ	ШСВ	-	-	-	30	70	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
86.	ШСВ		3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
87.	P-1	ШСВ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
88.	ОИ-1	ШСВ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
89.	P-2 (на портале)	ШСВ	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027

90.	ОИ-2	ШСВ	1	+	100	-	-	< 0,05	10	50x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
91.	ОПН-110 кВ	2 ТН	1	+	100	-	-	< 0,05	10	50x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
92.	2 ТН ф. «А»	2 ТН	1	+	100	-	-	< 0,05	10	50x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
93.	2 ТН ф. «В,С»	2 ТН	2	++	100	-	-	< 0,05	10	50x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
94.	Кл. шк. 2 ТН	2 ТН	-	-	-	-	100	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
95.	Р-2 (на портале)	2 ТН	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
96.	РО	ВЛ Ком-1	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), Ø14	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Зазем-литель	Кабели	Металло-констр.					
97.	ОИ-1 ф. «А»	ВЛ Ком-1	2	+-	100	-	-	Не связано с ЗУ ПС	10	35x5, Ø12	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
98.	ОИ-1 ф. «В»	ВЛ Ком-1	2	++	100	-	-	Не связано с ЗУ ПС	10	Ø12	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
99.	ОИ-1 ф. «С»	ВЛ Ком-1	1	+	100	-	-	Не связано с ЗУ ПС	10	Ø12	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
100.	РЛ	ВЛ Ком-1	3	++-	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
101.	ТТ ф. «А»	ВЛ Ком-1	2	++	100	-	-	Заземлено последовательно	10	Ø16	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
102.	ТТ ф. «В»	ВЛ Ком-1	2	++	100	-	-	Заземлено последовательно	10	Ø16	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
103.	ТТ ф. «С»	ВЛ Ком-1	1	+	100	-	-	Заземлено последовательно	10	Ø16	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
104.	Кл. шк.	ВЛ Ком-1	-	-	-	50	50	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
105.	ЭВ	ВЛ Ком-1	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	2x40x4, 3x Ø12	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
106.	Силовая сборка №5	ВЛ Ком-1	-	-	-	100	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
107.	Шк. ТВН-ТК 1.16	ВЛ Ком-1	1	+	60	40	-	< 0,05	5	50x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
108.	Р-1	ВЛ Ком-1	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), Ø12 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
109.	Р-2 (на портале)	ВЛ Ком-1	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
110.	Р-1	1 ТН	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
111.	1 ТН + кл. шк.	1 ТН	3	+++	80	20	-	< 0,05	10	40x4 (2), 35x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
112.	ОПН-110 кВ (на портале)	1 ТН	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
113.	КС ф. «А»	ВЛ Жиг-Зап	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование	Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем						Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
		Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %								
				Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.						
114.	Шк. ТВН-ТК 1.25	ВЛ Жиг- Зол	1	-	-	100	-	Не заземлено	10	50x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
115.	РО	ВЛ Жиг- Зол	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
116.	РЛ (на портале)	ВЛ Жиг- Зол	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
117.	ТТ ф. «А»	ВЛ Жиг- Зол	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4, 35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
118.	ТТ ф. «В»	ВЛ Жиг- Зол	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
119.	ТТ ф. «С»	ВЛ Жиг- Зол	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
120.	Кл. шк.	ВЛ Жиг- Зол	-	-	-	50	50	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
121.	ЭВ	ВЛ Жиг- Зол	6	+++ +++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (3), 35x5 (3)	Пригодно	2027
122.	Шк. ТВН-ТК 1.15	ВЛ Жиг- Зол	1	+	100	-	-	< 0,05	10	50x5	Пригодно	2027
123.	Р-1	ВЛ Жиг- Зол	4	+++ +	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), Ø12 (2)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
124.	Р-2 (на портале)	ВЛ Жиг- Зол	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027

125.	ТН ОСШ ф. «А» + шк.	-	1	+	90	10	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
126.	Шк. ТВН-ТК 1.26	-	1	+	100	-	-	< 0,05	10	50x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
127.	1 ТС	1 ТС	1	+	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
128.	Каб. ввод 10 кВ	1 ТС	1	+	100	-	-	Заземлено последовательно	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
129.	ТТ ф. «А»	1 ТС	2	+-	100	-	-	< 0,05	10	35x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
130.	ТТ ф. «В»	1 ТС	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
131.	ТТ ф. «С»	1 ТС	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металлосвязи оборудования с заземлителем					Сопrotивление металлосвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
132.	Кл. шк.	1 ТС	-	-	-	50	50	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
133.	ЭВ	1 ТС	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
134.	Силовая сборка №6 + рем. пост. №4	1 ТС	-	-	-	20	80	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
135.	Шк. ТВН-ТК 1.13	1 ТС	1	+	80	20	-	< 0,05	10	50x5	Пригодно	2027
136.	Р-1	1 ТС	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 25x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
137.	Р-2 (на портале)	1 ТС	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
138.	КС ф. «В»	ВЛ Жиг-1	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
139.	РО	ВЛ Жиг-1	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
140.	РЛ (на портале)	ВЛ Жиг-1	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
141.	ТТ ф. «А»	ВЛ Жиг-1	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
142.	ТТ ф. «В»	ВЛ Жиг-1	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
143.	ТТ ф. «С»	ВЛ Жиг-1	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
144.	Кл. шк.	ВЛ Жиг-1	-	-	-	-	100	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
145.	ЭВ	ВЛ Жиг-1	4	+++ +	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Пригодно	2027
146.	Силовая сборка №7	ВЛ Жиг-1	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
147.	Р-1	ВЛ Жиг-1	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 25x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
148.	Р-2 (на портале)	ВЛ Жиг-1	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
149.	Шк. ТВН-ТК 1.27	-	1	+	100	-	-	< 0,05	10	50x5	Пригодно	2027

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
150.	РО-5	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
151.	ОИ-1 ф. «А»	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
152.	ОИ-1 ф. «В»	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
153.	ОИ-1 ф. «С»	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
154.	ОИ-2 ф. «А»	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
155.	ОИ-2 ф. «В»	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
156.	ОИ-2 ф. «С»	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
157.	Шк. ТВН-ТК 1.11	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	50x5	Пригодно	2027
158.	ОИ-3 ф. «С»	РП	1	+	100	-	-	< 0,05	10	25x5	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
159.	Р2-5 (на портале)	РП	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
160.	КС ф. «В»	ВЛ Жиг-2	2	++	100	-	-	< 0,05	15	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
161.	РО	ВЛ Жиг-2	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

162.	РЛ (на поргале)	ВЛ Жиг-2	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
163.	ТТ ф. «А»	ВЛ Жиг-2	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
164.	ТТ ф. «В»	ВЛ Жиг-2	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 35x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
165.	ТТ ф. «С»	ВЛ Жиг-2	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
166.	Кл. шк.	ВЛ Жиг-2	-	-	-	-	100	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
167.	ЭВ	ВЛ Жиг-2	4	+++ +	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (3), 35x5 (1)	Пригодно	2027

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование	Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем						Сопrotивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
		Кол-во заземл. пров.		Распределение тока КЗ по элементам системы заземления, %								
				Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.						
168.	Силовая сборка №8 + рем. пост. №5	ВЛ Жиг-2	-	-	-	-	100	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
169.	Р-1	ВЛ Жиг-2	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 25x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
170.	Р-2 (на портале)	ВЛ Жиг-2	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
171.	РО	ВЛ Цем-1	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
172.	РЛ (на портале)	ВЛ Цем-1	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
173.	ТТ ф. «А»	ВЛ Цем-1	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
174.	ТТ ф. «В»	ВЛ Цем-1	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
175.	ТТ ф. «С»	ВЛ Цем-1	2	++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
176.	Кл. шк.	ВЛ Цем-1	-	-	-	-	100	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
177.	ЭВ	ВЛ Цем-1	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
178.	Р-1	ВЛ Цем-1	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 25x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

179.	Р-2 (на портале)	ВЛ Цем-1	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
180.	Шк. ТВН-ТК 1.10	-	1	+	80	20	-	< 0,05	10	50x5	Пригодно	2027
181.	Шк. ТВН-ТК 1.28	-	1	+	100	-	-	< 0,05	10	50x5	Пригодно	2027
182.	РО	ВЛ Цем-2	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 35x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
183.	РЛ (на портале)	ВЛ Цем-2	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
184.	ТТ ф. «А»	ВЛ Цем-2	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
185.	ТТ ф. «В»	ВЛ Цем-2	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
186.	ТТ ф. «С»	ВЛ Цем-2	1	+	100	-	-	< 0,05	10	40x4	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Расстекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
187.	Кл. шк.	ВЛ Цем-2	-	-	-	20	80	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
188.	ЭВ	ВЛ Цем-2	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x5	Пригодно	2027
189.	Силовая сборка №9 + рем. пост. №6	ВЛ Цем-2	-	-	-	10	90	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
190.	Р-1	ВЛ Цем-2	3	+++	100	-	-	< 0,05	10	40x4 (2), 25x5 (1)	Не пригодно. Сечение менее 520 мм ²	После устранения дефекта
191.	Р-2 (на портале)	ВЛ Цем-1	-	+	-	-	100	< 0,05	-	м/к	Пригодно	2027
192.	Склад (мет.) + кровля		-	-	-	100	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
193.	Шк. локальные очистные сооружения		-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
194.	Резервное здание (склад)		-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
195.	Ящик для хранения ЛВЖ		-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
196.	Ящик для хранения ГСМ		-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
197.	Здание сварочного поста		-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта

198.	Здание склада + бокс	1	+	100	-	-	< 0,05	-	40x4	Пригодно	2027
199.	Здание склада	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
200.	Турникет	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
201.	Въездные ворота	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
202.	Здание ППУ-110 кВ	-	-	-	-	-	Не связано с ЗУ ПС	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
203.	Внутренняя мет. ограда ОРУ-110 кВ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
204.	Помещение охраны	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование	Наличие металлосвязи оборудования с заземлителем					Сопrotивление металлосвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки	
		Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %								
				Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.						
205.	Портал I СШ №2	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта	
206.	Мет. трубы подводки и гофра у всех выключателей и разъединителей	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта	
207.	Шкаф 0,4 кВ	ПГ	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта	
208.	Шк. «Обор-ие КСБ» (4 шт.)	На внешней ограде ОРУ-110 кВ	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта	
209.	Мет. каб. лоток (2 шт.)	На внешней ограде ОРУ-110 кВ	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта	
210.	ПМ-1 + шк. связи + ЩО	-	-	-	100	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта	
211.	ПМ-2 + ЩО	-	1	+	100	-	< 0,05	10	50x5	Пригодно	2027	
212.	М1	-	1	+	100	-	< 0,05	10	40x4	Пригодно	2027	
213.	М2	-	1	+	100	-	< 0,05	10	40x4	Пригодно	2027	
Здание ПШУ-110 кВ, 1-й этаж												
214.	ЩПТ 1 сек, 2 сек.	ЩУ	-	++	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
215.	ЩСН (пан. 1-5)	ЩУ	-	++	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
216.	Щит силовой вентиляционный	ЩУ	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
217.	Щит силовой вентиляционный, дверца	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
218.	Шкаф приточной вент. системы П1	ЩУ	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
219.	Понижающий тр-р 220/24 В №1	ЩУ	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
220.	Шкаф рабочего освещения	ЩУ	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
221.	Шкаф рабочего освещения, дверца	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металлосвязи оборудования с заземлителем					Сопrotивление металлосвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
222.	Шкаф аварийного освещения, дверца	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
223.	Шкаф рабочего освещения, дверца	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
224.	Кондиционер №1	ЩУ	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
225.	Кондиционер №2	ЩУ	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
226.	Дверь (3 шт.)	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
227.	Вент. система	ЩУ	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
228.	Шкаф приточной системы К1	ЩУ	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
229.	Вент. короб подвала	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
230.	П. 15P-23P	ЩУ	-	++++ ++++ +	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
231.	П. 26P-27P	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
232.	П. 25P	ЩУ	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
233.	П. 4P-5P	ЩУ	-	+++	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
234.	П. 6P-7P	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
235.	П. 8P-9P	ЩУ	-	++	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
236.	П. 10P	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
237.	П. 11P-13P	ЩУ	-	+++	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
238.	П. 1У-9УР	ЩУ	-	++++ ++++ +	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
239	П. 10У-20УР	ЩУ	-	++++ ++++ +++	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
240.	Вент. короб системы вентиляции	ЩУ	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
241.	ИБП-1 (СГП, КСБ, ППУ)	Серверная	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
242.	ИБП-2 (СГП, КСБ, ППУ)	Серверная	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
243.	Шкаф BENNING ША 120, АБП-1	Серверная	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
244.	АВР (СГП, КСБ, ППУ)	Серверная	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
245.	Шк. ТВН + дверь	Серверная	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
246.	АВГ СГП	Серверная	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
247.	UPS POWER АБП №1	Серверная	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
248.	П. ША 142	Серверная	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
249.	П. ША 143	Серверная	-	+	-	-	-	>0,05	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
250.	П. ША 138-139	Серверная	-	+	-	-	-	>0,05	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
251.	Полотно двери	Серверная	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
252.	Вент система	Серверная	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
253.	Кондиционер (5 шт.)	Серверная	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
254.	П. 107-117	Серверная	-	++++ ++++ +++	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металлосвязи оборудования с заземлителем					Сопrotивление металлосвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
255.	Шк. РЩ «ППУ-110»	Коридор	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
256.	Сборка рабочего и аварийного освещения ППУ	Коридор	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
257.	Входная дверь	Коридор	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
258.	Шк. КРТ-10 СТСУ	Коридор	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
259.	Мет. дверь	Коридор	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
260.	Радиатор (отопл.)	Санузел	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
261.	Силовая сборка	Мастерская	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
262.	Рем. щиток	Мастерская	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
263.	Станок токарный	Мастерская	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
264.	Станок сверлильный	Мастерская	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
265.	Станок точильный	Мастерская	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
266.	Таль эл.	Мастерская	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
Здание ППУ-110 кВ, подвал												
267.	Дверь в подпультное помещение	Подпультное помещение	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
268.	Короб вентиляции	Подпультное помещение	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
269.	Кабельные эстакады	Подпультное помещение	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
270.	Входная дверь	Кабельный отсек	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металлосвязи оборудования с заземлителем					Сопrotивление металлосвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
271.	Дверь в каб. тоннель №1	Кабельный отсек	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
272.	Шкаф аварийного освещения (ЩАО)	Кабельный отсек	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
273.	Шкаф рабочего освещения (ЩО)	Кабельный отсек	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
274.	Дверь в каб. тоннель №2	Кабельный отсек	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
275.	Мет. лоток	Кабельный отсек	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
276.	Дверь в резервное помещение	Цокольное помещение	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
277.	Дверь в кладовую №1	Цокольное помещение	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
278.	Лестница в подвал	Цокольное помещение	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
279.	Бойлер бытовой	Цокольное помещение	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
280.	Труба пожаротушения	Цокольное помещение	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
281.	Труба канализации	Цокольное помещение	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
282.	Сборка отопления цокольного этажа	Цокольное помещение	-	+	-	-	-	Не связано с СУП здания	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
283.	Отопительные ба-	Цокольное поме-	-	+	-	-	-	Не связано с	-	-	Не пригодно	После устране-

	тарей	щение						СУП здания				ния дефекта
284.	Клемная коробка	Цокольное помеще- ние	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
285.	Дверь входная	Каб. тоннель в сто- рону ГЭС (5,6,7 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
286.	Дверь в каб. уча- сток №5	Каб. тоннель в сто- рону ГЭС (5,6,7 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металлосвязи оборудования с заземлителем					Сопrotивление металлосвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
287.	Дверь в каб. участок №6	Каб. тоннель в сторону ГЭС (5,6,7 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
288.	Дверь в каб. участок №7	Каб. тоннель в сторону ГЭС (5,6,7 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
289.	Дверь в тамбур каб. участка №6	Каб. тоннель в сторону ГЭС (5,6,7 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
290.	Дверь в тамбур каб. участка №7	Каб. тоннель в сторону ГЭС (5,6,7 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
291.	Лестница в каб. тоннель со стороны ППУ-110 кВ	Каб. тоннель в сторону ГЭС (5,6,7 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
292.	Мет. кабельная эстакады	Каб. тоннель в сторону ГЭС (5,6,7 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
293.	Лестница №1	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
294.	Лестница №2	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	-	-	-	-	Не заземлено	-	-	Не пригодно	После устранения дефекта
295.	Каб. эстакада	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
296.	Каб. лоток	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
297.	Понижающий тр-р №1	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027

Продолжение таблицы 1.1

№	Оборудование		Наличие металlosвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металlosвязи, Ом	Степень коррозии, %	Сечение заземляющих проводников, мм	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки
			Кол-во заземл. пров.		Растекание тока КЗ по элементам системы заземления, %							
					Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.					
298.	Понижающий тр-р №2	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
299.	Пускатель №1	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
300.	Пускатель №2	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
301.	ЩС №1	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027
302..	ЩС №2	Каб. тоннель в сторону ОРУ-110 кВ (8 участок)	-	+	-	-	-	< 0,05	-	-	Пригодно	2027

Примечание: Качество заземления оборудования считается удовлетворительным, если измеренное сопротивление не превышает:

$R_{мсв}(Ом) < 2 (кВ) / ИКЗ (кА)$, где ИКЗ – ток замыкания на землю на шинах РУ.

Для оборудования ОРУ-110 кВ $R_{мсв}$ не должно превышать 0,041 Ом.

1.3.3 Результаты измерения значений удельного сопротивления грунта на территории ОРУ

Результат измерения – зависимость «кажущегося» значения удельного электрического сопротивления грунта ρ от глубины представлен на рисунке 1.

Эквивалентные значения электрических параметров грунта при его наибольшем высыхании или промерзании составляют:

удельное сопротивление верхнего слоя грунта удельное сопротивление нижнего слоя грунта толщина верхнего слоя $h1 = 4,6$ м.

$$\rho1 = 135 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

$$\rho2 = 17 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

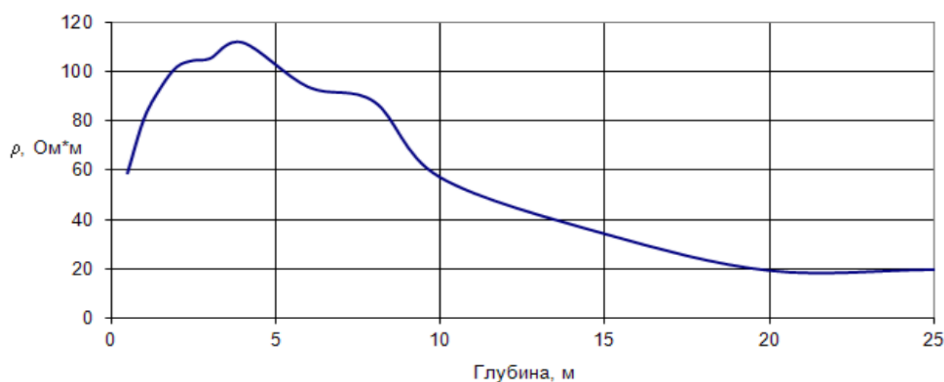


Рисунок 1.1 – Зависимость «кажущегося» значения удельного сопротивления грунта от глубины зондирования.

Соответствующие данной зависимости параметры электрической структуры грунта приведены в Таблице 1.2

Эквивалентные значения электрических параметров грунта при наибольшем высыхании или промерзании грунта приведены в Таблице 1.3

Таблица 1.2 – Удельное сопротивление грунта

№	Место измерений	Глубина слоя, м	Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Примечания
1.	Территория ОРУ 110	0,5	59	
2.		1	81	
3.		1,5	93	
4.		2	102	
5.		2,5	105	
6.		3	105	
7.		4	112	
8.		6	94	
9.		8	88	
10.		10	57	
11.		15	34	
12.		20	19	
13.		25	20	

Эквивалентные значения электрических параметров грунта при наибольшем высыхании или промерзании грунта составляют:

Таблица 1.3 – Эквивалентные значения электрических параметров грунта

1.	Температура воздуха вне помещения	-1° С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	750 мм. рт. ст.
2.	Измерения проведены приборами типа	КДЗ-1	Заводской номер	11	Дата очередной поверки	02.04. 2016 г.
Характер грунта: сухой, средней влажности, влажный			- средней влажности			
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			- небольшое			
Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В			- выше 1000 В			
Режим нейтрали			- эффективнозаземленная			
Ток замыкания на землю		ОРУ- 110 кВ	48200	А		
Удельное сопротивление грунта			рверхнего слоя – 135 Ом·м, рнижнего слоя – 17 Ом·м, толщина верхнего слоя – 4,6 м			

1.3.4 Измерение сопротивлений заземляющих устройств ОРУ и проверка коррозионного состояния электродов заземлителей ОРУ и заземляющих проводников оборудования

Результаты измерений представлены в Таблице - 1.4

Таблица 1.4 - Сопротивление заземляющего устройства

№	Наименование объекта	Сопротивление ЗУ, Ом	Сопротивление ЗУ без отходящих коммуникаций, Ом	Пригодность к эксплуатации	Дата следующей проверки	Примечания
1.	ОРУ-110 кВ	0,15	-	Пригодно	2027 г.	

1	Температура воздуха вне помещения	-1° С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	750 мм. рт. ст.
2	Измерения проведены приборами типа	КДЗ-1	заводской номер	11	дата очередной поверки	02.04. 2016 г.
Характер грунта: сухой, средней влажности, влажный				- средней влажности		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное				- небольшое		
Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше, ниже 1000 В				- выше 1000 В		
Режим нейтрали				- эффективнозаземленная		
Ток замыкания на землю			ОРУ- 110 кВ	48200	А	
Время срабатывания защит			ОРУ- 110 кВ	УРОВ – 0,34 сек; основная – 0,18 сек; резервная – более 1 сек.		
Удельное сопротивление грунта				верхнего слоя – 135 Ом·м, нижнего слоя – 17 Ом·м, толщина верхнего слоя – 4,6 м		

Измерения значений сопротивлений заземляющих устройств ОРУ выполнялись в соответствии с п. 8.5 СТО 56947007-29.130.15.105-2011.

Измеренное значение сопротивления заземляющего устройства ОРУ-110 кВ составляет 0,15 Ом, что соответствует требованиям ПУЭ.

Определение коррозионного состояния электродов заземлителей ОРУ и заземляющих проводников оборудования выполнялось в соответствии с п. 8.11 СТО 56947007-29.130.15.105-2011.

Степень коррозии электродов заземлителей ОРУ-110 кВ и заземляющих проводников оборудования составляет до 10% (по сечению проводников), что не превышает предельно допустимый уровень.

1.3.5 Измерение напряжений прикосновения к оборудованию ОРУ

Результаты измерений представлены в Таблице 1.5

Таблица 1.5 - Результаты измерений напряжений прикосновения в контрольных точках

№	Оборудование и присоединение		Нормативное значение, В	Измеренное значение, В	Заключение
ОРУ- 110 кВ					
1	ЭВ	ОВ	410	420	Не соответствует требованиям ПУЭ
2	ТТ ф. «А»	ОВ	410	300	Соответствует требованиям ПУЭ

№	Оборудование и присоединение		Нормативное значение, В	Измеренное значение, В	Заключение
3	1 ТС		410	560	Не соответствует требованиям ПУЭ
4.	ТТ ф. «А»	1 ТС	410	760	Не соответствует требованиям ПУЭ
5	ЭВ	1 ТС	410	560	Не соответствует требованиям ПУЭ
6	Р-1	1 ТС	65	490	Не соответствует требованиям ПУЭ
7	РО	ВЛ Жиг-2	65	300	Не соответствует требованиям ПУЭ
8.	ТТ ф. «А»	ВЛ Жиг-2	410	190	Соответствует требованиям ПУЭ
9.	ЭВ	ВЛ Жиг-2	410	870	Не соответствует требованиям ПУЭ
10	Р-1	ВЛ Жиг-2	65	480	Не соответствует требованиям ПУЭ

Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В			- выше 1000 В		
Режим нейтрали			- эффективнозаземленная		
Ток замыкания на землю		ОРУ- 110 кВ	48200	А	
Удельное сопротивление грунта			рверхнего слоя – 135 Ом·м, рнижнего слоя – 17 Ом·м, толщина верхнего слоя – 4,6 м		

Измерения значений напряжений прикосновения выполнялись в соответствии с п. 8.5 СТО 56947007-29.130.15.105-2011.

Согласно «ПУЭ» и ГОСТ 12.1.038-82 (1996) предельно допустимые значения напряжения прикосновения, соответствующие времени отключения КЗ резервной и основной защитами, составляют:

- 65 В – для рабочих мест, на которых производятся оперативные переключения (разъединители 110 кВ);

- 410 В – для остального оборудования ОРУ-110 кВ;

В качестве расчетных режимов приняты режимы однофазного КЗ на шинах 110 кВ.

Согласно результатам измерений напряжения прикосновения при КЗ превышают предельно допустимое значение на всех рабочих местах ОРУ-110 кВ и превышают предельно допустимые значения для части остального оборудования ОРУ-110 кВ.

1.3.6 Расчет значений сопротивления и напряжения на заземляющих устройствах ОРУ при КЗ

Результаты расчетов представлены в Таблице - 1.6

Таблица 1.6 - Результаты расчетов напряжения на заземляющем устройстве

№	Наименование объекта	Сопротивление ЗУ, Ом	Напряжение на заземляющем устройстве, кВ	Параметры грунта	Соответствие нормативным документам	Примечания
1	ОРУ- 110 кВ	0,12 – 0,2	5,8 – 9,6	рверхнего слоя – 135 Ом·м, рнижнего слоя – 17 Ом·м, толщина верхнего слоя – 4,6 м с учетом наибольшего высыхания или промерзания	Соответствует	Значения сопротивления ЗУ (и напряжения на ЗУ при КЗ) отличаются в различных точках ЗУ. Указан диапазон изменения значений сопротивления ЗУ.

Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В		- выше 1000 В	
Режим нейтрали		- эффективнозаземленная	
Ток замыкания на землю	ОРУ- 110 кВ	48200	А
Удельное сопротивление грунта		рверхнего слоя – 135 Ом·м, рнижнего слоя – 17 Ом·м, толщина верхнего слоя – 4,6 м	

Расчеты проведены с использованием программы «ОРУ-М» версия 2.2.20 (©РАО «ЕЭС России», Московский энергетический институт (ТУ), ООО «НПФ Электротехника: наука и практика», 2002 г. Роспатент рег.№2002611768 от 15.10.02).

В качестве расчетных режимов приняты режимы однофазного КЗ на шинах 110 кВ.

Согласно «ПУЭ» предельно допустимые значения напряжений на заземляющем устройстве при КЗ на землю составляют:

- 5 кВ – при отсутствии мер по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики;

- 10 кВ – при защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики. Согласно результатам расчетов значение напряжения на заземляющем

устройстве ОРУ-110 не превысит 9,6 кВ при КЗ. При этом значение сопротивления заземляющего устройства ОРУ-110 кВ в любое время года не превысит 0,2 Ом.

Таким образом, расчетные значения напряжений на заземляющих устройствах ОРУ-110 кВ не превысят предельно допустимое значение, равное

10 кВ. При этом необходимо принять меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики.

1.3.7 Расчет значений напряжений прикосновения к оборудованию ОРУ

Результаты расчета значений напряжений прикосновения представлены в Таблице 1.7

Таблица 1.7- Результаты расчета напряжений прикосновения

№	Наименование объекта	Время срабатывания защиты, с	Наибольшее значение напряжения прикосновения, В	Соответствие нормативным документам
1.	ОРУ- 110 кВ (на рабочих местах разъединителей)	> 1	до 2000	Не соответствует требованиям ПУЭ
2.	ОРУ- 110 кВ (на остальном оборудовании)	0,18	до 2800	Не соответствует требованиям ПУЭ

Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В		- выше 1000 В	
Режим нейтрали		- эффективнозаземленная	
Ток замыкания на землю	ОРУ- 110 кВ	48200	А

Расчеты проведены с использованием программы «ОРУ-М» версия 2.2.20 (©РАО «ЕЭС России», Московский энергетический институт (ТУ), ООО «НПФ Электротехника: наука и практика», 2002 г. Роспатент рег. № 2002611768 от 15.10.02).

Согласно «ПУЭ» и ГОСТ 12.1.038-82 (1996) предельно допустимые значения напряжения прикосновения, соответствующие времени отключения КЗ резервной и основной защитами, составляют:

- 65 В – для рабочих мест, на которых производятся оперативные переключения (разъединители 110 кВ);

- 410 В – для остального оборудования ОРУ-110 кВ;

В качестве расчетных режимов приняты режимы однофазного КЗ на шинах 110 кВ.

Согласно результатам расчетов напряжения прикосновения превышают предельно допустимое значение на всех рабочих местах ОРУ-110 кВ и превышают предельно допустимые значения для части остального оборудования ОРУ-110 кВ.

1.3.8 Расчет термического нагрева электродов заземлителей ОРУ и заземляющих проводников оборудования при КЗ

Результаты расчетов минимально допустимого сечения проводников заземляющего устройства представлены в Таблице 1.8

Таблица 1.8 – Результаты расчета термического нагрева заземляющих проводников

№	Наименование объекта	Время срабатывания защиты, с	Минимальное сечение заземляющих проводников на объекте, мм ² /с учетом коррозии, мм ²		Допустимое сечение заземляющих проводников, мм ²		Соответствие нормативным документам
			Заземляющие проводники, подсоединенные к силовому оборудованию	Проводники горизонтального заземлителя	Заземляющие проводники, подсоединенные к силовому оборудованию	Проводники горизонтального заземлителя с учетом растекания в две стороны	
1	ОРУ-110 кВ	0,34 (УРОВ)	(78 – 200)/(70 – 180)	140/126	520	222	Не соответствует требованиям ПУЭ

1	Температура воздуха вне помещения	-1° С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	750 мм. Рт. Ст.
2	Измерения проведены приборами типа	КДЗ-1	заводской номер	11	дата очередной поверки	02.04. 2016 г.
Характер грунта: сухой, средней влажности, влажный				- средней влажности		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное				- небольшое		
Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением				- выше 1000 В		
Режим нейтрали				- эффективнозаземленная		
Ток замыкания на землю			ОРУ- 110 кВ	48200	А	
Время срабатывания защит			ОРУ- 110 кВ	УРОВ – 0,34 сек; основная – 0,18 сек; резервная – более 1 сек.		
Удельное сопротивление грунта				верхнего слоя – 135 Ом·м, рнижного слоя – 17 Ом·м, толщина верхнего слоя – 4,6 м		
Рассматриваемый тип контрольного кабеля, сечение экрана				КВВГэ, ~1 мм ²		

Расчет температуры нагрева горизонтальных электродов заземлителей и заземляющих проводников при протекании по ним тока КЗ проведен в соответствии с СТО 56947007- 29.130.15.105-2011 «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок. ОАО «ФСК ЕЭС», 2011».

В качестве расчетных режимов приняты режимы однофазного КЗ на шинах 110 кВ.

Допустимые токи короткого замыкания для электродов заземлителей и заземляющих проводников определяют, исходя из допустимой (по ПУЭ п.1.7.114 не выше 400°С) температуре нагрева, по выражению:

$$I_{\text{доп}} = \frac{S}{S_{\text{доп}} \cdot q} \quad (1.1)$$

где S – поперечное сечение проводника, мм²;

$S_{\text{доп}}$ – допустимое сечение для тока в 1 кА продолжительностью воздействия 1 секунда;

q – коэффициент, учитывающий продолжительность воздействия тока

$$q = \begin{cases} \sqrt{t + 0,09}, & t < 1\text{с} \\ 0,8 \sqrt{t}, & t > 1\text{с} \end{cases} \quad (1.2)$$

Значения $S_{доп}$ приведены в Таблице 1.9

Таблица 1.9 - Допустимое сечение $S_{доп}$ для проводников при токе 1 кА длительностью 1 с

Тип проводника	$S_{доп}$, мм ² /кА
Горизонтальный стальной заземлитель	14,0
Заземляющий проводник из стали, подсоединенный к аппарату	16,5
Горизонтальный медный заземлитель	4,6
Заземляющий проводник из меди, подсоединенный к аппарату	5,4
Арматура железобетона	30,3

Согласно результатам расчетов, температура нагрева горизонтальных электродов заземлителя и заземляющих проводников ОРУ-110 кВ при КЗ превысит предельно допустимое значение.

1.3.9 Воздействие токов и напряжений промышленной частоты на контрольные кабели при КЗ

Результаты измерений приведены в Таблице 1.10

Таблица 1.10 - Токи и напряжения промышленной частоты, воздействующие на вторичное оборудование при КЗ

кабеля, устройство	Трасса кабеля	Место приложения воздействия	Расчетно-экспериментальные воздействия		Время воздействия, с	Допустимый уровень воздействия		Выводы	Рекомендации
			Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольший ток в экране, оболочке или броне кабеля, А		Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольший ток в экране, оболочке или броне кабеля, А		
ОРУ-110 кВ									
-	ОРУ-110 кВ –	ОВ	1,3	1300	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	ТТ ф. «А» ОВ	1,3	920	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	РО 1 ТГ	1,3	640	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	ТТ ф. «А» 1 ТГ	2,2	900	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	ЭВ 1 ТГ	1,1	710	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	Р-1 1 ТГ	1,3	680	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	2 ТС	1,3	690	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	1 ТН	1,2	440	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ –	2 ТН	1,1	470	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	1 ТС	1,5	490	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации

Продолжение таблицы 1.10

№ кабеля, устройство	Трасса кабеля	Место приложения воздействия	Расчетно-экспериментальные воздействия		Время воздействия, с	Допустимый уровень воздействия		Выводы	Рекомендации
			Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольший ток в экране, оболочке или броне кабеля, А		Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольший ток в экране, оболочке или броне кабеля, А		
-	ОРУ-110 кВ –	ТТ ф. «А» 1 ТС	1,7	560	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	ЭВ 1 ТС	1,3	430	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ –	Р-1 1 ТС	1,5	490	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ –	РО ВЛ Жиг-2	1,7	420	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ –	ТТ ф. «А» ВЛ Жиг-2	1,5	420	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ –	ЭВ ВЛ Жиг-2	1,3	370	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ –	Р-1 ВЛ Жиг-2	1,3	360	0,34	2,0	447	Соответствует	-

Измерения значений токов и напряжений промышленной частоты, воздействующих на контрольные кабели при КЗ, выполнялись в соответствии с п. 8.8 СТО 56947007-29.130.15.105-2011.

В качестве расчетных режимов приняты режимы однофазного КЗ на ши-нах 110 кВ.

Согласно результатам измерений значения напряжений промышленной частоты, воздействующих на контрольные кабели и устройства АСТУ от оборудования 110 кВ, составляют до 2,5 кВ.

Согласно МЭК 255-5 изоляция контрольных кабелей и входы устройств АСТУ испытываются напряжением промышленной частоты с действующим значением 2 кВ

Таким образом, уровни напряжения промышленной частоты, воздействующие на изоляцию контрольных кабелей и входы устройств АСТУ, превысят предельно допустимое значение, равное 2 кВ.

Согласно ПУЭ п.1.7.6 допустимые значения плотности токов промышленной частоты, протекающих по экранам кабелей вторичных цепей, определяются по предельно допустимой температуре нагрева экранов равной 160° С.

Согласно результатам измерений при однофазном КЗ на шинах 110 кВ значения плотностей токов по экранам кабелей составляют до 1300 А/мм², что превышает предельно допустимые значения 447 А/мм² (для расчетного времени отключения КЗ на шинах 110 кВ – 0,34 с) При этом температура нагрева экранов кабелей вторичных цепей **превысит** предельно допустимое значение 160° С.

1.3.10 Воздействие импульсных напряжений на контрольные кабели при ударах молнии

Результаты измерений приведены в Таблице 1.11

Таблица 1.11 – Результаты измерений

№ мол- ние- прием- ника	Трасса прокладки кабелей (№ трассы)	Ток мол- нии, кА	Длительность фронта, мкс	Наибольшее напря- жение между ЗУ и кабелем, кВ	Допустимый уровень воздей- ствия, кВ	Выводы	Рекомендации
ОРУ-110 кВ							
ПМ-1	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	360	20	Не соответствует. Возможен вынос опасного потенциала в сеть СН-0,4 кВ	Перенести шкафы с прожекторных матч и порталов с молниепри- емниками и установить их на расстоянии не ме- нее 3 м от молниепри- емников
ПМ-2	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	170	20		
М8	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	140	20		
М1	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	120	180	Соответствует	-
М2	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	60	180	Соответствует	-
М3	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	80	180	Соответствует	-
М7	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	40	180	Соответствует	-

M12	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	80	180	Соответствует	-
-----	-------------------------	-----	----	----	-----	---------------	---

Измерения значений воздействующих на контрольные кабели импульсных напряжений, вызванных ударами молнии, выполнялись в соответствии с п. 8.10 СТО 56947007-29.130.15.105-2011.

При ударах молнии в молниеприемники ОРУ-110 кВ импульсные напряжения на изоляции кабелей, вызванные растеканием тока молнии по заземляющим устройствам ОРУ, превысит предельно допустимые значения для соседних кабелей, проложенных в заглубленных кабельных каналах.

1.4 Заключение по результатам диагностики заземляющих устройств ОРУ-110 кВ Жигулевской ГЭС

В результате проведенного обследования состояния заземляющих устройств ОРУ установлено следующее:

1. На ОРУ-110 кВ имеется незаземленное оборудование
2. На ОРУ-110 кВ имеется последовательно заземленное оборудование
3. Качество связи остального оборудования ОРУ-110 кВ с заземляющими устройствами соответствует требованиям ПУЭ.
4. Сопротивление растеканию тока заземляющего устройства ОРУ-110 кВ в любое время года не превышает 0,2 Ом.
5. Коррозия электродов заземлителей ОРУ-110 кВ и заземляющих про-водников оборудования и не превышает 10% по сечению, что соответствует требованиям ПУЭ.
6. Значения напряжений прикосновения к рабочим местам разъедините-лей ОРУ-110 кВ при КЗ превышают предельно допустимое значение, что не соответствует требованиям ПУЭ.
7. Значения напряжений прикосновения к части остального оборудования ОРУ-110 кВ при КЗ превышают предельно допустимые значения, что не соответствует требованиям ПУЭ.

8. Наибольшее расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве ОРУ-110 кВ при КЗ не превышает 9,6 кВ, что соответствует требованиям ПУЭ. При этом необходимо принять меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики.

9. Горизонтальные электроды заземлителя и заземляющие проводники ОРУ-110 кВ не удовлетворяют требованиям ПУЭ по допустимой температуре нагрева при КЗ.

10. Напряжения промышленной частоты, воздействующие при КЗ на изоляцию контрольных кабелей от оборудования ОРУ-110 кВ, превышают предельно допустимое значение.

11. Токи промышленной частоты по экранам контрольных кабелей от оборудования ОРУ-110 кВ при КЗ превышают предельно допустимые значения.

12. Импульсные напряжения, воздействующие при ударах молнии на изоляцию

контрольных кабелей от оборудования ОРУ-110 кВ, превышают предельно допустимые значения.

Таким образом, заземляющие устройства ОРУ-110 кВ Жигулевской ГЭС не соответствует требованиям электробезопасности и электромагнитной совместимости.

2. Определение электромагнитной обстановки на ОРУ-110 кВ

2.1 Термины и определения

«Электромагнитная совместимость технических средств (ЭМС ТС) - способность ТС функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим ТС» [2].

«Электромагнитная обстановка - совокупность электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, в частотном и временном диапазонах» [2].

«Электромагнитная помеха - электромагнитное явление, процесс, которые ухудшают или могут ухудшить качество функционирования ТС» [2].

«Уровень устойчивости к электромагнитной помехе, уровень помехоустойчивости – максимальный уровень электромагнитной помехи конкретного вида, воздействующей на определенное ТС, при котором ТС сохраняет заданное качество функционирования» [2].

«Электромагнитное возмущение (воздействие) – любое электромагнитное явление, которое может ухудшить работу прибора, оборудования или системы или неблагоприятно влиять на срок службы» [2].

«Электромагнитное излучение от источника помехи - явление, процесс, при котором электромагнитная энергия излучается источником помехи в пространство в виде электромагнитных волн» [2].

«Электромагнитный экран – экран из проводящего материала, предназначенный для уменьшения проникающего в защищаемый район электромагнитного поля» [2].

«Устойчивость к электромагнитной помехе, помехоустойчивость - способность ТС сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него внешних помех с регламентируемыми значениями

параметров в отсутствие дополнительных средств защиты от помех, не относящихся к принципу действия или построения ТС» [2].

«Пульсации напряжения постоянного тока - процесс периодического или случайного изменения постоянного напряжения относительно его среднего уровня в установившемся режиме работы источника, преобразователя электрической энергии или системы электроснабжения» [2].

«Показатель качества электрической энергии - величина, характеризующая качество электрической энергии по одному или нескольким ее параметрам» [2].

«Кондуктивная электромагнитная помеха - электромагнитная помеха, распространяющаяся в проводящей среде» [2].

«Излучаемая электромагнитная помеха - электромагнитная помеха, распространяющаяся в пространстве» [2].

«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» [2].

«Заземляющее устройство - совокупность заземлителя и заземляющих проводников» [2].

«Заземлитель - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду» [2].

«Заземляющий проводник - проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем» [2].

«Защитный заземляющий проводник - защитный проводник, предназначенный для защитного заземления» [2].

«Замыкание на землю - случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей» [2].

«Ток замыкания на землю – ток, стекающий в землю в месте замыкания. Рабочее (функциональное) заземление - заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности)» [2].

2.2 Методика определения электромагнитной обстановки

Работы выполнялись в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / Минэнерго РФ. - 7-е 2002г
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭЭС и С РФ)/ М-во энергетики РФ. 2003.
- Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750кВ. СТО 56947007-29.130.15.114-2012.
- Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок. СТО 56947007-29.130.15.105-2011.
- Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 34.21.122-2003 Минэнерго СССР.
- Методические указания по обеспечению ЭМС на объектах электросетевого хозяйства. СТО 56947007-29.240.044-2010.
- Руководство по обеспечению ЭМС вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов. СТО 56947007-29.240.043-2010.

На основании результатов измерений и расчетов производится определение наиболее неблагоприятной ЭМО, характеризуемой наибольшими, но реально возможными электромагнитными воздействиями в местах расположения аппаратуры АСТУ; проверка электромагнитной совместимости (ЭМС) АСТУ на объекте и, в случае необходимости, разработка предложений по улучшению ЭМО.

Характерными источниками электромагнитных воздействий в нормальных

аварийных режимах, которые могут оказывать влияние на микропроцессорные устройства АСТУ, являются:

- напряжения и токи промышленной частоты при коротких замыканиях на землю в распределительных устройствах напряжением выше 1 кВ;
- импульсные помехи при коммутациях и коротких замыканиях в распределительных устройствах;
- импульсные помехи при ударах молнии;
- электромагнитные поля радиочастотного диапазона;
- разряды статического электричества;
- магнитные поля промышленной частоты;
- импульсные магнитные поля;
- помехи, связанные с возмущениями в цепях питания постоянного и переменного тока.

Пример, иллюстрирующий источники электромагнитных помех, приведен на рисунке 2.1.

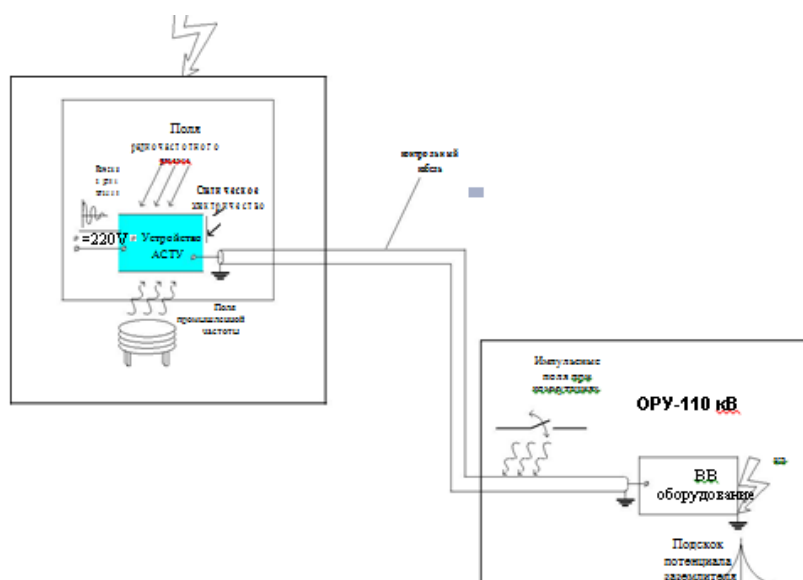


Рисунок 2.1. - Виды электромагнитных помех, воздействующие на аппаратуру АСТУ

Связи микропроцессорной аппаратуры АСТУ с высоковольтным оборудованием приведены на рисунке.2.2.



Рисунок 2.2. - Связь аппаратуры АСТУ с высоковольтным оборудованием

2.3 Устанавливаемые устройства и характеристики

На Жигулевской ГЭС планируется установить микропроцессорные устройства АСТУ во вторичных цепях от оборудования ОРУ-110 кВ. На момент проведения работ данные о фирме-производителе и моделях устанавливаемых устройств отсутствовали. В связи с этим определялись уровни воздействующих помех и степени жесткости испытаний на помехоустойчивость, в соответствии с которыми должна быть испытана устанавливаемая аппаратура.

Все устройства АСТУ должны быть испытаны в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006, а также по ГОСТ Р 50649-94 «Устойчивость к импульсному магнитному полю».

2.4 Результаты измерений и расчетов электромагнитной обстановки

Определение электромагнитной обстановки для устройств АТСУ во вторичных цепях от оборудования ОРУ-110 кВ проводилось в соответствии с СО 34.35.311-2004 и СТО 56947007-29.130.15.105-2011.

2.4.1 Обследование заземляющего устройства

Исполнительные схемы заземляющих устройств ОРУ-110 кВ Жигулевской ГЭС, приведены в Таблице 2.1.

В результате измерений выявлены следующие недостатки по конструктивному исполнению заземляющего устройства:

- на ОРУ-110 кВ имеется незаземленное оборудование;
- на ОРУ-110 кВ имеется последовательно заземленное оборудование.

Результаты измерений и расчетов напряжений и токов промышленной частоты, воздействующих на контрольные кабели, приведены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Токи и напряжения промышленной частоты при коротком замыкании на землю

№ кабеля, устройство	Трасса кабеля	Место приложения воздействия	Расчетно-экспериментальные воздействия		Время воздействия, с	Допустимый уровень воздействия		Выводы	Рекомендации
			Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольший ток в экране, оболочке или броне кабеля, А		Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольший ток в экране, оболочке или броне кабеля, А		
ОРУ-110 кВ – ток однофазного КЗ на ошиновке 110 кВ I=48,2 кА									
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	ОВ	1,3	1300	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	ТТ ф. «А» ОВ	1,3	920	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	РО 1 ТГ	1,3	640	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	ТТ ф. «А» 1 ТГ	1,8	900	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	ЭВ 1 ТГ	1,1	710	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	Р-1 1 ТГ	1,3	680	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	2 ТС	1,3	690	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. рекомендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	1 ТН	1,2	440	0,34	2,0	447	Соответствует	-

Продолжение таблицы 2.1

№ кабе-ля, уст-ройство	Трасса кабеля	Место приложения воз-действия	Расчетно-экспериментальные воз-действия		Время воздейст-вия, с	Допустимый уровень воздейст-вия		Выводы	Рекоменда-ции
			Наибольшее напряжение на кабеле или уст-ройстве, кВ	Наибольший ток в экране, оболоч-ке или броне ка-беля, А		Наибольшее напряжение на кабеле или устройстве, кВ	Наибольший ток в экране, оболоч-ке или броне кабеля, А		
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	2 ТН	1,1	470	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. реко-мендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	1 ТС	1,5	490	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. реко-мендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	ТТ ф. «А» 1 ТС	1,7	560	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. реко-мендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	ЭВ 1 ТС	1,3	430	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	Р-1 1 ТС	1,5	490	0,34	2,0	447	Не соответствует	См. реко-мендации
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	РО ВЛ Жиг-2	1,7	420	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	ТТ ф. «А» ВЛ Жиг-2	1,5	420	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	ЭВ ВЛ Жиг-2	1,3	370	0,34	2,0	447	Соответствует	-
-	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	Р-1 ВЛ Жиг-2	1,3	360	0,34	2,0	447	Соответствует	-

1.	Температура воздуха	-1° С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	750 мм.рт.ст.
2.	Измерения проведены приборами типа	КДЗ-1	заводской номер	11	дата поверки	02.04.2015 г.
3.	Расчеты проведены по программе	ОРУ-М 2.1.20	№ регистрации	2002611768	От 15.10.2002	

Заключение:

При КЗ на оборудовании ОРУ-110 кВ уровни напряжения, воздействующие на изоляцию контрольных кабелей, идущих от ОРУ-110 кВ до ППУ-110 кВ, не превысят допустимые значения.

При КЗ на оборудовании ОРУ-110 кВ плотности токов по экранам кабелей, идущих от ОРУ-110 кВ до ППУ-110 кВ, превысят допустимые значения. При этом температура нагрева экранов кабелей превысит допустимые значения.

Для снижения плотностей токов по экранам контрольных кабелей, рекомендуется выполнить усиление ЗУ ОРУ-110 кВ, связать ЗУ ППУ-110 кВ и ЗУ ОРУ-110 кВ.

при КЗ на оборудовании ОРУ-110 кВ уровни напряжения, воздействующие на изоляцию контрольных кабелей, идущих от ОРУ-110 кВ до ППУ-110 кВ составят до 1,8 кВ и не превысят допустимое значение (до 2 кВ) 14

- при КЗ на оборудовании ОРУ-110 кВ плотности токов по экранам кабелей, идущих от ОРУ-110 кВ до ППУ-110 кВ составят до 1300 А/мм^2 и превысят допустимое значение 447 А/мм^2 (для времени отключения КЗ менее 0,34 с). При этом температура нагрева экранов кабелей превысит допустимые значения. Допустимая плотность тока для экрана вторичных кабелей рассчитана исходя из нагрева экрана с начальной температуры $30 \text{ }^\circ\text{C}$ до температуры $160 \text{ }^\circ\text{C}$ с учетом увеличения сопротивления материала экрана с ростом температуры и теплоотвода от экрана кабеля в соответствии с СТО 56947007-29.130.15.105-2011 «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок». При расчетах принят запас по надежности 20%.

Выводы:

Заземляющее устройство Жигулевской ГЭС не полностью соответствует требованиям электробезопасности и ЭМС.

Для обеспечения требований электробезопасности и ПУЭ (в части конструктивного исполнения) выполнить следующие технические решения:

- заземлить незаземленного оборудования и оборудование не связанное с системой уравнивания потенциалов;
- выполнить прокладку дополнительных проводников заземляющего устройства.

2.4.2 Импульсные излучаемые помехи

Коэффициенты экранирования вторичных цепей на ОРУ-110 кВ принимались равными 10 (для кабелей, проложенных в заглубленных кабельных каналах).

Импульсные излучаемые помехи во вторичных цепях при КЗ и коммутациях на оборудовании ОРУ-110 кВ не превысят 2,5 кВ, что соответствует 3 степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.12.

При установке МП устройств АСТУ для обеспечения допустимых уровней импульсных помех рекомендуется выполнить следующие мероприятия:

Для связи оборудования ОРУ-110 кВ с МП устройствами в ППУ-110 кВ заземлить экраны кабелей с двух сторон. Экраны кабелей заземлять в соответствии с требованиями СТО 56947007-29.240.044-2010. Результаты измерений и расчетов приведены в Таблице 2.2

Таблица 2.2 - Импульсные излучаемые помехи

Кабель (вид цепей)	Трасса прокладки кабе- ля (№ трассы)	Кoeffи- - циент экрани- рования, о.е.	Расчетно-экспериментальные воздействия				Степень жесткости испытаний, (или допустимый уровень воздейст- вия, кВ)	Выводы	Рекомендации
			При коммутациях		При КЗ				
			Вид ком- мутации	Наибольшее напряжение на устройстве, кВ	Место КЗ	Наибольшее напряжение на устройстве, кВ			
ОРУ-110 кВ									
все	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	10	все	2,5	все	2,5	3 степень жесткости	Соответствует 3 степени жест- кости по ГОСТ Р 51317.4.12-99	-

1.	Температура воздуха	-1 °С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	760 мм.рт.ст.
2.	Измерения проведены приборами типа	ИКП-1	заводской номер	58	дата поверки	16.04.2015 г
3.	Расчеты проведены по программе	Interference 2.3.22	№ регистрации	2004610419 2002611768	От 11.02.04 От 15.10.02	

Заключение: Уровни импульсных излучаемых помех в цепях устройств АСТУ при КЗ и коммутациях на оборудовании ОРУ-110кВ соответствуют 3 степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.12-99.

2.4.3 Импульсные помехи, связанные с протеканием тока молнии

Молниезащита ОРУ-110кВ не отвечает требованиям ЭМС:

- заземление молниеприемника М5 на ОРУ-110 кВ не соответствует требованиям ПУЭ п. 4.2.136.
- на конструкциях, с установленными молниеприемниками, расположены шкафы вторичной коммутации.

При ударе молнии в молниеотводы и МЗТ на территории ОРУ-110 кВ импульсные излучаемые помехи во вторичных цепях оборудования 110 кВ могут достигать 50 кВ, что превышает допустимые значения, соответствующие 4 (наибольшей) степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.5. Результаты расчетов импульсных излучаемых помех при ударе молнии в молниеотводы на территории ПС приведены в Таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Импульсные излучаемые помехи, вызванные ударами молнии

Кабель (вид цепей)	Трасса прокладки кабеля (№ трассы)	Коэффициент экранирования, о.е.	Наибольшее напряжение на кабеле, кВ	Наибольшее напряжение на устройстве, кВ	Степень жесткости испытаний, (или допустимый уро- вень воздействия, кВ)	Выводы	Рекомендации
ОРУ- 110 кВ							
Удар молнии в молниеотводы и МЗТ на ОРУ-110 кВ							
все	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	10	50	50	Выше 4 (наибольшей) степени жесткости	Превышает 4 (наибольшую) степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.5-99.	При установке МП устройств АСТУ заземлить экраны кабелей с двух сторон

1.	Температура воздуха	-1°С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	760 мм.рт.ст.
2.	Измерения проведены приборами типа	ИКП-1	заводской номер	58	дата поверки	16.04.2015 г
3.	Расчеты проведены по программе	Interference 2.3.22	№ регистрации	2004610419 2002611768	От 11.02.04 От 15.10.02	-

Заключение:

При ударе молнии в молниеотводы и МЗТ на ОРУ-110 кВ, импульсные перенапряжения во вторичных цепях от оборудования ОРУ-110 кВ до ППУ-110 кВ превысят значения, соответствующие 4 (наибольшей) степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.5-99.

При установке МП устройств АСТУ заземлить экраны кабелей с двух сторон.

При ударах молнии в молниеотводы М8, ПМ-1, ПМ-2 на территории ОРУ-

110 кВ импульсные перенапряжения, вызванные растеканием тока молнии по заземляющему устройству и воздействующие на изоляцию контрольных кабелей, превысят допустимые значения. Возможен вынос опасного потенциала в сеть СН-0,4 кВ.

При ударах молнии в остальные молниеотводы на территории ОРУ-110 кВ импульсные перенапряжения, вызванные растеканием тока молнии по заземляющему устройству и воздействующие на изоляцию контрольных кабелей, не превысят допустимые значения.

При установке МП устройств АСТУ для обеспечения требований ЭМС в части воздействия на устройства АСТУ импульсных помех при ударах молнии рекомендуется выполнить следующие технические решения:

2. Для связи оборудования ОРУ-110 кВ с МП устройствами в ППУ-110 кВ заземлить экраны кабелей с двух сторон. Экраны кабелей заземлять в соответствии с требованиями СТО 56947007-29.240.044-2010.

3. На шинах питания постоянного оперативного тока МП устройств АСТУ установить устройства защиты от импульсных перенапряжений.

4. На шинах 0,4 кВ ЩСН, откуда запитаны прожекторные мачты, установить устройства защиты от импульсных перенапряжений.

5. Кабели от прожекторных мачт и конструкций с молниеотводами должны быть проложены в соответствии с требованиями ПУЭ п. 4.2.141.

6. Для исключения случаев повреждения вторичных цепей и вторичного оборудования при ударах молнии в молниеотводы на территории ОРУ-110 кВ рекомендуется перенести шкафы вторичных цепей, расположенных на конструкциях с молниеприемниками, и установка их не ближе 5 м от любых молниеотводов.

7. Связать молниеприемник М5 на ОРУ-110 кВ с общим ЗУ ОРУ-110 кВ в соответствии с требованиями ПУЭ п. 4.2.136.

8. Питание постоянным оперативным током микропроцессорных устройств

АСТУ выполнять в соответствии с п. 11 «Методических указаний по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. СТО 56947007-29.240.044-2010».

10. Электропитание устройств АСТУ переменным током выполнять от системы TN-S. Выполнять систему электропитания устройств АСТУ переменным током в соответствии с требованиями п. 12 «Методических указаний по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. СТО 56947007-29.240.044.028-2010».

При выполнении рекомендуемых технических решений расчетные амплитуды воздействующих на устройства АСТУ импульсных помех (напряжений) при ударах молнии не превысят допустимые значения. Результаты расчетов импульсных напряжений, связанных с растеканием тока молнии по элементам ЗУ, при ударе молнии в молниеотводы на территории ПС приведены в Таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Импульсные напряжения, воздействующие на контрольные кабели и оборудование при ударах молнии

№ молние-приемника	Трасса прокладки кабелей (№ трассы)	Ток молнии, кА	Длительность фронта, мкс	Наибольшее напряжение между ЗУ и кабелем, кВ	Допустимый уровень воздействия, кВ	Выводы	Рекомендации
ОРУ-110 кВ							
ПМ-1	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	360	20	Не соответствует. Возможен вынос опасного потенциала в сеть СН-0,4кВ	Перенести шкафы с прожекторных матч и порталов с молниеприемниками и установить их на расстоянии не менее 3 м от молниеприемников
ПМ-2	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	170	20	Не соответствует. Возможен вынос опасного потенциала в сеть СН-0,4кВ	
М8	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	140	20	Не соответствует. Возможен вынос опасного потенциала в сеть СН-0,4кВ	
М1	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	120	180	Соответствует	-
М2	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	60	180	Соответствует	-
М3	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	80	180	Соответствует	-
М7	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	40	180	Соответствует	-
М12	ОРУ-110 кВ – ППУ-110 кВ	100	10	80	180	Соответствует	-
1.	Температура воздуха	-1° С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	750 мм.рт.ст.	
2.	Измерения проведены приборами типа	ИК-1	заводской номер	47/86	дата поверки	13.03.2015 г	
3.	Расчеты проведены по программе	ОРУ-М 2.1.20	№ регистрации	200261178	От 15.10.2002		

Заключение:

При ударах молнии в молниеприемники М8, ПМ-1, ПМ-2 на ОРУ-110 кВ импульсные перенапряжения, вызванные растеканием тока молнии по заземляющему устройству и воздействующие на изоляцию контрольных кабелей от оборудования 110кВ до ППУ-110 кВ, превысят допустимые значения. Возможен вынос опасного потенциала в сеть СН-0,4 кВ. Рекомендуется перенести шкафы с прожекторных мачт и порталов с молниеприемниками и установить их на расстоянии не менее 3 м от молниеприемников. При ударах молнии в остальные молниеприемники на ОРУ-110 кВ импульсные перенапряжения, вызванные растеканием тока молнии по заземляющему устройству и воздействующие на изоляцию контрольных кабелей от оборудования 110 кВ до ППУ-110 кВ, не превысят допустимые значения.

2.4.4 Электромагнитные поля и кондуктивные помехи радиочастотного диапазона

Результаты измерений и расчетов приведены в Таблице 2.5

Таблица 2.5 - Электромагнитные поля радиочастотного диапазона

Рабочее помещение	Частота, МГц; источник поля	Наибольшая напряженность, В/м	Степень жесткости испытаний (или допустимый уровень воздействия, В/м)	Выводы	Рекомендации
Фон					
Помещения зданий ППУ-110 кВ	20-1000	0,1	1 степень жесткости	Соответствует 1 степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.3	-

1.	Температура воздуха	15° С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	760 мм.рт.ст.
2.	Измерения проведены приборами типа	Актом АКС-1201	заводской номер	320001869	дата поверки	12.03.2015 г
3.	Расчеты проведены по программе	-	№ регистрации	-	-	-

Заключение:

Уровни фоновых электромагнитных полей радиочастотного диапазона соответствуют 1 степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.3-99.

Вблизи (до 3 м) переносных радиопередающих устройств мощностью более 4 Вт напряженность ЭМ поля может превысить значения, соответствующие 3 (наибольшей) степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.3-99.

Уровни фоновых электромагнитных полей радиочастотного диапазона в помещениях ППУ-110 кВ не превышают 0,1 В/м, что соответствует 1 степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.3-99 (до 1 В/м).

Уровни кондуктивных помех, наведенных полями радиочастотного диапазона во вторичных цепях, не превышают 3,4 В, что соответствует 3 степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.6-99 (до 10 В).

2.4.5 Магнитные поля промышленной частоты

Уровни магнитных полей промышленной частоты в помещениях ППУ-110 кВ

в нормальном режиме не превышают 0,3 А/м, в аварийном режиме не превышают 380 А/м, что соответствует 5-й степени жесткости по ГОСТ Р 50648-94 (100 А/м длительно, 1000 А/м кратковременно).

Выводы:

Для обеспечения требований ЭМС в части воздействия на устройства АСТУ магнитных полей промышленной частоты выполнить следующие технические решения:

Устанавливать МП аппаратуру АСТУ в помещениях ППУ-110 кВ испытанную не менее, чем по 5-й степени жесткости по ГОСТ Р 50648-94 (100 А/м длительно, 1000 А/м кратковременно).

Результаты измерений и расчетов приведены в Таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Магнитные поля промышленной частоты

Место измерения, расчета	Наибольшая напряженность, А/м	Степень жесткости испытаний (или допустимый уровень воздействия, А/м)	Выводы	Рекомендации
Нормальный режим				
<i>фон</i>				
Помещения ППУ-110кВ	0,3	1 степень жесткости	Соответствует 1 степени жесткости по ГОСТ Р 50648-94	-
Аварийный режим (КЗ на ошиновке 110 кВ)				
<i>поля от ошиновки 110 кВ</i>				
Помещения ППУ-110кВ	380	5 степень жесткости	Соответствует 5 степени жесткости по ГОСТ Р 50648-94	-

1.	Температура воздуха	15 °С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	760 мм.рт.ст.
2.	Измерения проведены приборами типа	ИМП-05/1	заводской номер	1071	дата поверки	07.10.2014 г.
3.	Расчеты проведены по программе	-	№ регистрации	-	-	-

2.4.6 Разряды статического электричества

Уровни электростатического потенциала тела человека в помещениях серверной ППУ-110 кВ не превышают 1,0 кВ и соответствуют 1 степени жесткости по ГОСТ 51317.4.2-99.

Для обеспечения требований ЭМС в части воздействия на установленные устройства АСТУ разрядов электростатического потенциала рекомендуется выполнить следующие мероприятия:

При выполнении рекомендуемых технических решений уровни разрядов статического электричества, воздействующие на устройства АСТУ, не превысят допустимые значения.

Результаты измерений и расчетов приведены в Таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Электростатический потенциал тела человека

Помещение	Тип покрытия пола	Измерения			Расчетно-экспериментальное значение			Степень жесткости испытаний (или допустимый уровень воздействия, кВ)	Выводы	Рекомендации
		Влажность, %	Температура, °С	Потенциал на теле человека, кВ	Влажность, %	Температура, °С	Наибольший потенциал тела человека, кВ			
ЩУ (ППУ-110 кВ)	крашеный бетон	60	20	0,3	20	+25	1,0	1 степень жесткости	Соответствует 1 степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.2-99	-
Серверная (ППУ-110 кВ)	антистатический фальшпол	60	20	0,1	20	+25	0,3	1 степень жесткости	Соответствует 1 степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.2-99	-

1.	Температура воздуха	15° С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	760 мм.рт.ст.
2.	Измерения проведены приборами типа	C511	заводской номер	4696	дата поверки	13.03.2015 г
3.	Расчеты проведены по программе	-	№ регистрации	-		

Заключение: Уровни электростатического потенциала тела человека в серверной ППУ-110 кВ не превышают значения для 1 степени жесткости по ГОСТ 51317.4.2-99.

2.4.7. Помехи, связанные с возмущениями в цепях питания низкого напряжения

Уровни пульсаций в оперативном постоянном токе не превышают 1,5 %, что соответствует 1 степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.17-2000 (до 2%).

Импульсные помехи при КЗ и коммутациях в цепях оперативного тока не превышают 2,0 кВ, что соответствует 4 степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.4-99 (до 2,0 кВ).

Выводы

1. Для защиты МП устройств АСТУ от перенапряжений, установить УЗИП на шинах оперативного постоянного тока, с которых они непосредственно запитываются в ППУ-110 кВ.

2.4.8 Импульсные магнитные поля

Результаты измерений и расчетов приведены в Таблица 2.8.

Таблица 2.8 - Импульсные магнитные поля

Источник поля	Место измерения, расчета	Наибольшая напряженность, А/м	Степень жесткости испытаний (или допустимый уровень воздействия, А/м)	Выводы	Рекомендации
Молниеприемники, МЗТ ОРУ-110 кВ	Помещения ППУ-110 кВ	780	5 степень жесткости	Соответствует 5 степени жесткости по ГОСТ Р 50649-94	Устанавливать МП аппаратуру в закрытых цельнометаллических шкафах

1.	Температура воздуха	15° С	Влажность воздуха	60%	Атмосферное давление	760 мм.рт.ст.
2.	Измерения проведены приборами типа	-	заводской номер	-	дата поверки	-
3.	Расчеты проведены по программе	-	№ регистрации	-	-	-

Заключение:

При ударах молнии в молниеприемники и МЗТ ОРУ-110 кВ уровни импульсных магнитных полей в помещениях здания ППУ-110 кВ соответствуют 5 степени

При ударах молнии в молниеприемники и МЗТ на ОРУ-110 кВ уровни импульсных магнитных полей в помещениях зданий ППУ-110 кВ составляют до 780 А/м, что соответствует 5 степени жесткости по ГОСТ Р 50649-94 (до 1000 А/м).

При установке МП устройств АСТУ для обеспечения требований ЭМС в части воздействия на устройства АСТУ импульсных помех при ударах молнии рекомендуется выполнить следующие технические решения:

1. Устанавливать МП устройства в закрытых цельнометаллических шкафах.

2. Устанавливать МП аппаратуру АСТУ в помещениях зданий ППУ-110 кВ испытанную не менее, чем по 5-й степени жесткости по ГОСТ Р 50649-94 (до 1000 А/м).

При выполнении рекомендуемых технических решений уровни импульсных помех при ударах молнии, воздействующие на устройства АСТУ, не превысят допустимые значения.

2.4.9 Взаимное влияние кабелей

Для обеспечения требований ЭМС в части воздействия на устанавливаемые устройства АСТУ кондуктивных помех низкой частоты рекомендуется выполнить следующие мероприятия:

1. Использовать экранированные контрольные кабели и кабели питания постоянным током.

2. Кабели прокладывать в соответствии с п. 9.2.9 «Методических указаний по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. СТО 56947007-29.240.044-2010».

3. Прокладка в одном контрольном кабеле цепей, по которым передаются сигналы различных типов, не допускается.

4. Использование для передачи одного сигнала жил разных контрольных кабелей не допускается.

5. Электропитание электромеханических и электронных устройств АСТУ выполнить разными фидерами от ЩПТ.

6. Электропитание устройств АСТУ постоянным током выполнить отдельными кабелями с экранами или броней, с заземлением экранов (брони) с двух сторон.

7. Устанавливать аппаратуру, испытанную в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006.

При выполнении рекомендуемых технических решений уровни воздействия на устанавливаемые устройства АСТУ кондуктивных помех низкой частоты не превысят допустимые значения.

3 Выводы и заключения по комплексной диагностики электромагнитной обстановки

3.1 Обследование электромагнитной обстановки для устройств АСТУ в цепях от оборудования ОРУ-110 кВ

Цепи, выходящие за пределы РУ генераторного напряжения в рамках настоящей работы не рассматриваются.

1. По результатам обследования заземляющего устройства установлено:

- на ОРУ-110 кВ имеется незаземленное оборудование;

- на ОРУ-110 кВ имеется последовательно заземленное оборудование.

- при КЗ на оборудовании ОРУ-110 кВ уровни напряжения, воздействующие на изоляцию контрольных кабелей, идущих от ОРУ-110 кВ до ППУ-110 кВ не превысят допустимое значение;

- при КЗ на оборудовании ОРУ-110 кВ плотности токов по экранам кабелей, идущих от ОРУ-110 кВ до ППУ-110 кВ превысят допустимое значение для времени отключения КЗ менее 0,34 с; при этом температура нагрева экранов кабелей превысит допустимые значения.

2. Молниезащита ОРУ-110кВ не отвечает требованиям ЭМС:

заземление молниеприемника М5 на ОРУ-110 кВ не соответствует требованиям ПУЭ п. 4.2.136.

3. на конструкциях, с установленными молниеприемниками, расположены шкафы вторичной коммутации.

4. При ударе молнии в молниеотводы и МЗТ на территории ОРУ-110 кВ импульсные излучаемые помехи во вторичных цепях оборудования 110 кВ превысят допустимые значения, соответствующие 4 (наибольшей) степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.5.

5. При ударах молнии в молниеотводы М8, ПМ-1, ПМ-2 на территории ОРУ-110 кВ импульсные перенапряжения, вызванные растеканием тока молнии по заземляющему устройству и воздействующие на изоляцию

контрольных кабелей, превысят допустимые значения. Возможен вынос опасного потенциала в сеть СН-0,4 кВ.

6. При ударах молнии в остальные молниеотводы на территории ОРУ-110 кВ импульсные перенапряжения, вызванные растеканием тока молнии по заземляющему устройству и воздействующие на изоляцию контрольных кабелей, не превысят допустимые значения.

7. Уровни фоновых электромагнитных полей радиочастотного диапазона в помещениях ППУ-110 кВ не превысят значений, соответствующих 1-й степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.3-99.

8. Уровни кондуктивных помех, наведенных полями радиочастотного диапазона во вторичных цепях, не превысят значений, соответствующих 3-й степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.6-99.

9. Уровни магнитных полей промышленной частоты в помещениях ППУ-110 кВ в нормальном и аварийном режимах соответствуют 5-й степени жесткости по ГОСТ Р 50648-94.

10. Уровни электростатического потенциала тела человека в помещениях серверной ППУ-110 кВ соответствуют 1 степени жесткости по ГОСТ 51317.4.2-99.

11. Уровни пульсаций в оперативном постоянном токе не превышают значения, соответствующие 1-й степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.17-2000.

12. Импульсные помехи при КЗ и коммутациях в цепях оперативного тока не превысят значений 4-й степени жесткости испытаний по ГОСТ Р 51317.4.4-99.

При ударах молнии в молниеприемники и МЗТ на ОРУ-110 кВ уровни импульсных магнитных полей в помещениях зданий ППУ-110 кВ соответствуют 5 степени жесткости по ГОСТ Р 50649-94.

3.2 Заключение и рекомендации

Для устранения выявленных недостатков и увеличения надежности работы МП аппаратуры рекомендуется реализовать следующие технические решения:

1. Выполнить ЗУ ОРУ-110 кВ.
2. Заземлить незаземленное оборудование и оборудование, не присоединенное к системе уравнивания потенциалов.
3. Для связи оборудования ОРУ-110 кВ с МП устройствами в ППУ-110 кВ за-землить экраны кабелей с двух сторон. Экраны кабелей заземлять в соответствии с требованиями СТО 56947007-29.240.044-2010.
4. На шинах питания постоянного оперативного тока МП устройств АСТУ установить устройства защиты от импульсных перенапряжений.
5. На шинах 0,4 кВ ЩСН, откуда запитаны прожекторные мачты, установить устройства защиты от импульсных перенапряжений.
6. Кабели от прожекторных мачт и конструкций с молниеотводами должны быть проложены в соответствии с требованиями ПУЭ п. 4.2.141.
7. Для исключения случаев повреждения вторичных цепей и вторичного оборудования при ударах молнии в молниеотводы на территории ОРУ-110 кВ рекомендуется перенести шкафы вторичных цепей, расположенных на конструкциях с молниеприемниками, и установка их не ближе 5 м от любых молниеотводов.
8. Связать молниеприемник М5 на ОРУ-110 кВ с общим ЗУ ОРУ-110 кВ в соответствии с требованиями ПУЭ п. 4.2.136.
9. Питание постоянным оперативным током микропроцессорных устройств АСТУ выполнять в соответствии с п. 11 «Методических указаний по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. СТО 56947007-29.240.044-2010».

12. Электропитание устройств АСТУ переменным током выполнять от системы TN-S. Выполнять систему электропитания устройств АСТУ переменным током

в соответствии с требованиями п. 12 «Методических указаний по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. СТО 56947007-29.240.044.028-2010».

13. Устанавливать МП устройства в закрытых цельнометаллических шкафах.

14. Для защиты МП устройств АСТУ от перенапряжений, установить УЗИП на шинах оперативного постоянного тока, с которых они непосредственно запитываются в ППУ-110 кВ.

15. Прокладка в одном контрольном кабеле цепей, по которым передаются сигналы различных типов, не допускается.

16. Использование для передачи одного сигнала жил разных контрольных кабелей не допускается.

18. Электропитание электромеханических и электронных устройств АСТУ выполнить разными фидерами от ЩПТ (ШОТ).

19. Электропитание МП устройств АСТУ постоянным оперативным током выполнить отдельными кабелями с экранами или броней, с заземлением экранов (брони) с двух сторон.

20. Силовые кабели и кабели вторичных цепей прокладывать в разных кабельных коробах или по разным трассам на расстояниях друг от друга, соответствующим требованиям п. 9.2.9 «Методическими указаниями по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. СТО 56947007-29.240.044-2010».

21. МП аппаратура АСТУ, устанавливаемая в помещениях ППУ-110 кВ, должна быть испытана на помехоустойчивость:

в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5; импульсные магнитные поля по ГОСТ Р 50649 – не менее чем по 5 степени жесткости; дискретные входы, получающие

питание от подстанционных аккумуляторных батарей, при испытаниях должны рассматриваться как соединения с высоковольтным оборудованием (по ГОСТ Р 51317.6.5).

22. Выполнить дополнительные горизонтальные электроды для заземлителей ОРУ-110 кВ в соответствии с прилагаемыми чертежами «Жигулевская ГЭС. Заземляющее устройство ОРУ-110 кВ. Ремонт»

23. Для каждого оборудования ОРУ-110 кВ с одним заземляющим проводником выполнить два дополнительных стальных заземляющих проводника сечением 50х5

24. Для каждого оборудования ОРУ-110 кВ с двумя заземляющими проводниками выполнить один дополнительный стальной заземляющий проводник сечением 50х5.

25. На ОРУ-110 кВ около всех рабочих мест (управляемых вручную приводов разъединителей) на месте непосредственного расположения оператора уложить на поверхность земли стальные площадки и присоединить их уравнивающими проводниками непосредственно к металлоконструкциям приводов разъединителей. При невозможности расположения площадок на рабочих местах необходимо выполнить подсыпку рабочего места слоем щебня площадью $1 \times 1 \text{ м}^2$ и толщиной не менее 20 см.

Заключение

Работы выполнялись в соответствии с требованиями действующих «Правил устройства электроустановок», «Правил эксплуатации электроустановок потребителей», СТО 56947007-29.130.15.105-2011 «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок» и рекомендациями другой нормативной и технической документации.

Для проведения измерений использовались:

измерительный комплекс КДЗ-1, сертифицированный в Госстандарте России как средство измерений (Госстандарт РФ СЕРТИФИКАТ об утверждении типа средств измерений RU.C.37.003.A № 6856) и аттестованный межведомственной комиссией РАО «ЕЭС России»;

измерительный комплекс ИК-1 (Государственный реестр средств измерений № 18765-99); миллиомметр типа АМ6000.

Для проведения расчетов использовалась программа «ОРУ-М» версия 2.1.20 (© РАО «ЕЭС России», Московский энергетический институт (ТУ),

ООО «НПФ Электротехника: наука и практика» 2002 г., Роспатент рег. № 2002611768).

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие работы:

- определены исполнительные схемы заземляющих устройств ОРУ;
- определено наличие и качество связей электрооборудования ОРУ с заземляющими устройствами;
- определены пути растекания тока однофазного КЗ;
- определены значения сопротивления заземляющих устройств;
- определено удельное электрическое сопротивление грунта на территории ОРУ;
- определены значения напряжений прикосновения к оборудованию ОРУ при однофазном КЗ;

- определены значения напряжений и токов промышленной частоты, воздействующих на контрольные кабели при КЗ;

- определены значения импульсных напряжений, воздействующих на контрольные кабели при ударах молнии.

В качестве аварийных ситуаций, приводящих к поражению электрическим током персонала, повреждению и (или) неправильной работе систем РЗА, рассматривались:

- однофазное КЗ;
- удары молнии в молниеотводы и молниеприемники ОРУ.

Критерием электробезопасности принималось условие обеспечения значений напряжений прикосновения к любому оборудованию, ниже предельно допустимых значений в соответствии с ПУЭ п.1.7.91 и ГОСТ 12.1.038.

Для оценки технического состояния заземляющих устройств проверялось соответствие состояния заземляющих устройств следующим требованиям ПУЭ:

- к коррозионному состоянию заземляющих проводников и электродов заземлителей;
- к термическому нагреву заземляющих проводников и электродов заземлителей при однофазном КЗ;
- к конструктивному исполнению заземляющих устройств;
- к ограничению напряжения на заземляющем устройстве при КЗ.

В качестве воздействий, приводящих к повреждению и (или) неправильной работе систем РЗА и вторичных цепей рассматривались:

- воздействие при однофазном КЗ токов и напряжений промышленной частоты на кабели вторичных цепей;
- воздействие на аппаратуру РЗА импульсных напряжений, вызванных ударами молнии.

Список используемых источников

1. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы 6-го и 7-го изд. с изм. и доп. по сост. на 1 января 2010 г. – М.: КноРус, 2010. 716 с.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации - 15-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Изд. Деан, 2010. 352 с.
3. Михеев, Г.М. Электростанции и электрические сети. Диагностика и контроль электрооборудования. М.: НЦ ЭНАС, 2010. 298 с.
4. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования. Тольятти: ТГУ, 2007. – 54 с.
5. В.В. Вахнина, О.В. Самолина, А.Н. Черненко. Проектирование осветительных установок. Тольятти: ТГУ, 2008. 91 с.
6. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий. Тольятти: ТГУ, 2006. 69 с.
7. Романов, А.А. Жигулевская ГЭС. Эксплуатация средств релейной защиты и автоматизированного управления. Самара: Издательский дом «Агни», 2013. 448с.
8. Романов, А.А. Жигулевская ГЭС. Эксплуатация электротехнического оборудования. Самара: Издательский дом «Агни», 2012. 544 с.
9. Романов, А.А. Проектирование электрической части подстанций. Тольятти : ТолПИ, Кассандра, 2000. 76 с.
10. Алексеев, Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. М.: НЦ ЭНАС, 2002. 216 с.
11. Объем и нормы испытаний электрооборудования/ Под общей редакцией. – 6-е изд. М.: НЦ ЭНАС, 2006. 256 с.
12. Алексенко, Г.В. Испытания высоковольтных и мощных трансформаторов и автотрансформаторов. М.; Л.: Госэнергоиздат. - (Трансформаторы; Вып.8). Т.2. – 1997. 832 с.

13. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями и дополнениями). М.: КНОРУС, 2010. 168 с.

14. Приборы и средства диагностики электрооборудования и измерений в системах электроснабжения: справочное пособие/под ред. В.И. Григорьева. - М.: Колос, 2006.- 272 с.

15. РД 34.45-51.300-97 (6-е издание с изм. и доп. 2006 г.). Объем и нормы испытаний электрооборудования.

16. Н.В. Грунтович, Н.И. Грачек. Комплексное техническое диагностирование электротехнического оборудования - основа системы ремонтов "по состоянию". 2003, № 7, с.67-69.

17. Ларионов, В.П., М. А. Аронов. Электрические разряды в воздухе при напряжении высокой частоты. М.: Энергия, 1969. 176 с.

18. РД 153-34.3-47.501-2001 Рекомендации по эксплуатации и выбору выключателей, работающих в цепи шунтирующих реакторов.

19. Qiang Zhou, Wei He , Songnong Li and Xingzhe Hou, Research and Experiments on a Unipolar Capacitive Voltage Sensor [Электронный ресурс] State Grid Chongqing Electric Power Co. Electric Power Research Institute.2015. - URL: <http://www.mdpi.com/1424-8220/15/8/20678/htm> (дата обращения 14.06.2018);

20. Nikolina Petkova , Software System for Finding the Incipient Faults in Power Transformers [Электронный ресурс] Electric Power Systems. 2005 URL: <http://www.temjournal.com/content/42/01/temjournal4201.pdf> (дата обращения 14.06.2018);

21 V. Vahidinasab, A. Mosallanejad, A. Gholami, Partial Discharge Theory, Modeling and Applications To Electrical Machines [Электронный ресурс] Department of Electrical Engineering. 2005. - URL: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2005tenerife/papers/502-464.pdf> (дата обращения 14.06.2018);

22. Luiz Eduardo Borges da Silva¹ , Erik Leandro Bonaldi² , Levy Ely de Lacerda de Oliveira² , Germano Lambert-Torres² , Giscard F. C. Veloso¹ , Ismael

Noronha1 , Felipe dos Santos Moreira3 , José Nielze Caminha, Early Failure Detection in Power Transformers [Электронный ресурс] Journal of Power and Energy Engineering. 2013. - URL: http://file.scirp.org/pdf/JPEE_2013112613452853.pdf (дата обращения 14.06.2018);

23. Muhammad Salman Aslam Minhas, Dynamic Behaviour of Transformer Winding under Short-Circuits. Prediction of axial electromagnetic forces [Электронный ресурс] University of the Witwatersrand. 2007. URL: <http://wiredspace.wits.ac.za/bitstream/handle/10539/4764/PhDThesis%20S%20Minhas.pdf?sequence=2> (дата обращения 14.06.2018);

24. Shan Sun1 , Guo Zeng2 , Xiaozang He2 , Yanping Lv1 , Xinyi Li1 The Research on Grounding Protection for 110 kV Resistance Grounding Distribution System [Электронный ресурс] Journal of Power and Energy Engineering. 2013. - URL: http://file.scirp.org/pdf/EPE_2013111116453219.pdf (дата обращения 14.06.2018);

25. Macedo1,2, L. V.Gomes1 , G.V. de Andrade Jr.1 , A. D. Dias1 , E.G. da Costa1 , R.C.S. Freire1 , M. S. Castro, MEASUREMENT SYSTEM APPLIED TO ENERGIZED SUBSTATIONS GROUNDING GRIDS DIAGNOSIS, [Электронный ресурс] 1 Federal University of Campina Grande. 2011 - URL: <http://www.imeko.org/publications/tc4-2011/IMEKO-TC4-2011-055.pdf> (дата обращения 14.06.2018);

26. Guo Zeng1 , Guangliang Feng1 , Yanping Lv2 , Shan Sun2, The Research of Voltage Sag and Power Frequency Overvoltage on 110kV Resistance Grounding System [Электронный ресурс] Journal of Power and Energy Engineering. 2013. - URL: http://file.scirp.org/pdf/EPE_2013111116415059.pdf (дата обращения 14.06.2018);

27. John K. Sakellaris, Eddy currents modelling in thin layers: dissertation. Treatment of thin layers magnetodynamic problems in low frequency / John K. Sakellaris / PP. 207. [Электронный ресурс] [National Technical University](http://www.ntu.ac.uk). 2011. -

URL: https://www.researchgate.net/profile/John_Sakellaris (дата обращения 14.06.2018);

28. Marco A. O. Schroeder^{1*}, Márcio M. Afonso², Tarcísio A. S. Oliveira², Sandro C. Assis, Computer Analysis of Electromagnetic Transients in Grounding Systems Considering Variation of Soil, [Электронный ресурс] Journal of Electromagnetic Analysis and Applications. 2012. - URL: http://file.scirp.org/pdf/JEMAA20121200001_44840340.pdf (дата обращения 14.06.2018);

29. Буслаев Е. А., Макаев Е. И., Нехожин Е. В., Конопатин Е. И., Квашнин С. А. Разработка решений по выбору и месту установки средств защиты от перенапряжений // Современные тенденции в науке, технике, образовании. 2018. № 2. С. 23–24.

30. Конопатин Е. И., Нехожин Е. В., Буслаев Е. А., Макаев Е. И., Квашнин С. А. Разработка систем измерений, применяемых к подстанциям, находящихся под напряжением, диагностика заземления сетей // Современные тенденции в науке, технике, образовании. 2018. № 2. С. 47–48.

31. Макаев Е. И., Буслаев Е. А., Нехожин Е. В., Конопатин Е. И., Квашнин С. А. Анализ режимов работы тиристорного преобразователя, системы возбуждения гидрогенераторов ГЭС // Современные тенденции в науке, технике, образовании. 2018. № 2. С. 56–57.

32. Нехожин Е. В., Буслаев Е. А., Квашнин С. А., Конопатин Е. И., Макаев Е. И. Проверка термической, электродинамической стойкости и коммутационной способности выключателей в сети собственных нужд гидроэлектростанции // Современные тенденции в науке, технике, образовании. 2018. № 2. С. 72–74.