



Общество с ограниченной ответственностью
«ИркутскЭнергоПроект»

Регистрационный номер в реестре СРО П-046-003811125944-0193
от 17 февраля 2011 г.

Заказчик - АО «Иркутская электросетевая компания»

**О_Ю7 Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково (замена
Т-3 и Т-4 мощностью 25 МВА каждый на два по 63
МВА) (прирост мощности 76 МВА)**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и
системах инженерно-технического обеспечения.**

Подраздел 1. Система электроснабжения.

Часть 2. Книга 2. Система оперативного постоянного тока

Том 5.1.2.2

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Инв.№ _____

Взамен инв. № _____

2026



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

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

Заказчик – АО «ИЭСК»

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

Проектная документация

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения.

Подраздел 1. Система электроснабжения.

Часть 2. Книга 2. Система оперативного постоянного тока

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2

Том. 5.1.2.2

Изм.	№ док.	Подп.	Дата



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

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

Заказчик – АО «ИЭСК»

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

Проектная документация

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения.

Подраздел 1. Система электроснабжения.

Часть 2. Книга 2. Система оперативного постоянного тока

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2

Том. 5.1.2.2

Генеральный директор

В.В. Казаков

Главный инженер проекта

С.А Иванов

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

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Обозначение	Наименование	Стр.	Прим.
-------------	--------------	------	-------

1-ЮЭС-2024-
ИОС1.2.2.С

Содержание

1-ЮЭС-2024-
ИОС1.2.2

Текстовая часть

Исходные данные и положения.....	3
1. Основные потребители проектируемого объекта.....	4
2. Принятые технические решения для системы оперативного постоянного тока	5
3. Расчет токов короткого замыкания СОПТ	8
4. Выбор защитно-коммутационных аппаратов СОПТ	12
5. Выбор кабельных линий для системы оперативного постоянного тока.....	15
6. Проверка автоматических выключателей СОПТ на чувствительность	17
7. Проверка коммутационных аппаратов СОПТ от бросковых токов и на селективную работу.....	19
8. Проверка кабельных линий СОПТ по допустимым потерям напряжения.....	21
9. Проверка кабельных линий СОПТ на термическую стойкость при коротком замыкании	23
Перечень нормативных документов	26

Согласовано			

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подп.	Дата
Разработал	Егоров				10.25
Н. контр.	Загоскина				10.25
ГИП	Иванов				10.25

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2.С

Содержание

Стадия	Лист	Листов
П	1	2



Обозначение	Наименование	Стр.	Прим.
	Приложение		
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2. СО	Спецификация оборудования изделий и материалов		
	Графическая часть		
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2 л.1-1.4	Принципиальная схема СОПТ	листов 1	
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2 л.2	План размещения оборудования новой системы ОПТ	листов 1	
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2.С, л.1	Спецификация оборудования, изделий и материалов	листов 1	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2.С			2

Исходные данные и положения

Настоящий том разработан на основании:

- «Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА каждый (прирост мощности 76 МВА)» с учетом изменения №2 к заданию на разработку проектной и рабочей документации «Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА каждый (прирост мощности 76 МВА)» от 15.09.2025.

Разработка раздела «система оперативного постоянного тока» (СОПТ) выполнена в соответствии с требованиями:

– ГОСТ Р 21.101-2020 «Основные требования к проектной и рабочей документации»;

– Нормами технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. СТО 56947007-29.240.10.248-2017;

– ПУЭ, 7-е издание, Москва, «Издательство НЦ ЭНАС», 2007 г.

Используемые сокращения:

АБ – аккумуляторная батарея;

ЗУ – зарядное устройство;

КЗ – короткое замыкание;

ОПУ – общеподстанционный пункт;

ПВР – предохранитель-выключатель-разъединитель;

ПС – подстанция;

РЗА – релейная защита и автоматика;

СОПТ – система оперативного постоянного тока;

УКИ – устройство контроля изоляции;

ШРОТ – шкаф распределения оперативного тока;

ЩПТ – щит постоянного тока;

БМЗ – блочно-модульное здание;

C_{10} – номинальная емкость аккумуляторной батареи при десятичасовом режиме разряда.

Согласовано			

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разработал		Егоров			10.25
Н. контр.		Загоскина			10.25
ГИП		Иванов			10.25

Раздел 5. Подраздел 1. Часть 2.
Книга 2 Система оперативного
постоянного тока

Стадия	Лист	Листов
П	1	25



1. Основные потребители проектируемого объекта

Основные потребители системы оперативного постоянного тока ПС 110/10 кВ Мельниково:

- шинки питания и управления ЗРУ1-4;
- шкаф основной защиты Т-3;
- шкаф основной защиты Т-4;
- шкаф резервной защиты Т-3;
- шкаф резервной защиты Т-4;
- цепи технологической защиты Т-1;
- цепи технологической защиты Т-2;
- шкаф центральной сигнализации;
- шкаф регистратора аварийных событий;
- шкаф РАС;
- цепи питания шкафов ШПДС;
- шкаф управления ДГР-10 кВ;
- шкаф контролера присоединений ОПС;
- цепи питания ЭМО и ЭМВ выключателя.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2			2

2. Принятые технические решения для системы оперативного постоянного тока

На подстанции ПС Мельниково 110/10 установлена система оперативного постоянного тока напряжением 220 В, с двумя параллельно соединенными аккумуляторными батареями. Для питания вновь подключаемых потребителей постоянного тока, предполагается установка шкафа распределения оперативного постоянного тока (ШРОТ).

Существующая система оперативного постоянного тока включает в себя:

- Две стационарные герметизированные свинцово-кислотные аккумуляторные батареи подключенные параллельно, (каждая батарея по 190 А*ч;
- Щита постоянного тока на предохранителях тип (ПВР), с характеристикой отключения gG
- Панели распределения оперативного постоянного тока, оснащенный быстродействующей защитой, не допускающей снижения напряжения питания более, чем на 50% Uном на время, превышающее 50мс;
- Два зарядно-выпрямительных устройства, имеющие высокую степень стабилизации напряжения постоянного тока ($\pm 0,5\%$ от Uном);

Основные требования к системе ОПТ.

- Система ОПТ должна обеспечивать питание терминалов релейной защиты, противоаварийной автоматики и контроллеров присоединений АСУ ТП в нормальных.
- Защитные устройства всех уровней должны быть селективными, чувствительными к коротким замыканиям, резервировать защиты более низкого уровня и обладать достаточным быстродействием, исключающим повреждение оборудования на защищаемом участке, сбои в работе устройств РЗА на неповрежденных участках системы ОПТ.
- Защита нижнего уровня (защита у потребителей постоянного тока (ППТ)) должна осуществляться автоматическими выключателями, работающими без выдержки времени.

- Фирмы поставщики оборудования для системы ОПТ должны иметь в России технический центр по оказанию необходимой помощи при проектировании, наладке и эксплуатации применяемых устройств, в том числе предоставлять заказчикам соответствующую документацию на русском языке.

Новый ШРОТ рассчитан на 40 присоединений, наполнение выполнено на автоматических выключателях серии ВА-105 с характеристикой отключения С. Кратность отключающей способность 5-10 номинальных токов автоматического выключателя. Выбранная характеристика позволяет

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата

отстроить селективную работу коммутационных аппаратов на всех уровнях системы ОПТ, а также выдерживать умеренные пусковые токи без ложного отключения.

Кабельные связи в системе ОПТ должны быть выполнены кабелем с индексом нг-LS, минимально возможной длины с минимально возможной индуктивностью кабеля между АБ и панелями отходящих линий.

Перечень нагрузок подключаемых потребителей приведен в таблице 1.

Таблица 1. Данные нагрузок системы СОПТ

№ п/п	Наименование нагрузки	Установленная мощность			Время срабатывания Тс	Расчетная нагрузка	
		Р, кВт и кол-во	Кол-во	Общая мощность		Постоянная + временная нагрузка, А	Кратковременная нагрузка, Вт
11Р	11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	20	1	20	пост/1 сек	0,32	50
	11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	15	1	15	пост/1 сек	0,16	20
	11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	20	1	20	пост/1 сек	0,23	30
	11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	20	1	20	пост/1 сек	0,32	50
	11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	20	1	20	пост/1 сек	0,23	30
	11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-3	1100	1	1100	1 сек	5,00	
	11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-3	1100	1	1100	1 сек	5,00	
12Р	12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	20	1	20	пост/1 сек	0,32	50
	12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	15	1	15	пост/1 сек	0,16	20
	12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	20	1	20	пост/1 сек	0,23	30
	12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	20	1	20	пост/1 сек	0,32	50
22Р	22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	20	1	20	пост/1 сек	0,09	50
	22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	15	1	15	пост/1 сек	0,07	20
	22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	20	1	20	пост/1 сек	0,09	30

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

	22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	20	1	20	пост/1 сек	0,09	50
	22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	20	1	20	пост/1 сек	0,09	30
	22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-4	1100	1	1100	1 сек	5,00	
	22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-4	1100	1	1100	1 сек	5,00	
19Р	19Р. РАС. Питание терминала А1	20	1	20	пост/1 сек	0,32	50
	19Р. РАС. Питание терминала А2	20	1	20	пост/1 сек	0,32	50
18Р	18Р. СВ-110. Питание терминала защиты	20	1	20	пост/1 сек	0,32	50
	18Р. СВ-110. Питание ТЗ	20	1	20	пост/1 сек	0,23	30
	18Р. СВ-110. Питание ЭМВ, ЭМО1	1100	1	1100	1 сек	5,00	
	18Р. СВ-110. Питание ЭМО2	1100	1	1100	1 сек	5,00	
ЗРУ 6 кВ	Терминалы 3 сш	10	12	120	пост/1 сек	0,64	20
	цепи ЭМВ/ЭМО 3сш	220	11	2420	1 сек	1,00	
	Терминалы 4 сш	10	15	150	пост/1 сек	0,77	20
	цепи ЭМВ/ЭМО 4 сш	220	14	3080	1 сек	1,00	
ЗРУ 10 кВ	Терминалы 1 сш	10	20	200	пост/1 сек	1,00	20
	цепи ЭМВ/ЭМО 1сш	220	19	4180	1 сек	1,00	
	Терминалы 2 сш	10	19	190	пост/1 сек	0,95	20
	цепи ЭМВ/ЭМО 2 сш	220	18	3960	1 сек	1,00	
						7,25	

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

3. Расчет токов короткого замыкания СОПТ

Наиболее вероятным замыкание в сети постоянного тока является КЗ через дугу, возникающую, как правило, до того, как ток достигнет своего максимального расчётного значения.

Схема замещения рассматриваемой сети постоянного тока представляет собой радиальную схему, источником питания которой являются аккумуляторные батареи. Схема имеет вид, представленный на рисунке 1. Расчётная схема замещения представлена элементами с сосредоточенными параметрами, индуктивными сопротивлениями пренебрегаем. Расчёт проводится в именованных единицах. Определим параметры схемы замещения, общие для каждого из радиальных участков.

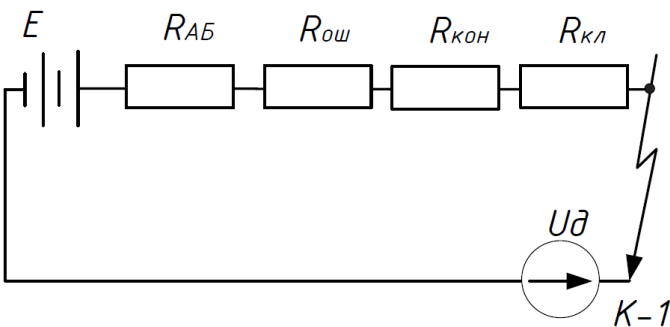


Рисунок 1. – Расчетная схема замещения

Таблица 2. – Исходные данные для расчета тока КЗ для СОПТ

Тип АБ	$U_{ном},$ В/блок	$U_{ном},$ В/эл	$C_{10} \cdot A \cdot ч$	R, мОм	$I_{кз}, A$
12-190	16	12	190	3,5	3430

В схему замещения также включено сопротивление ошиновки и сопротивление контактов коммутационных устройств – 0,002 Ом. Сопротивление контактных соединений $R_{кc}$ принимается равным 0,015 Ом. Сопротивление дуги учитывается введением коэффициента Кд.

Сопротивление кабеля принимается равным 0,077 Ом согласно ГОСТ 31996-2012.

Сопротивление ошиновки, Ом,

$$R_{ош} = p \frac{l}{S} = 0,0175 \cdot \frac{30}{120} = 0,003.$$

Сопротивление АБ, Ом,

$R_{AB} = R_0 n = 0,0035 \cdot 17 = 0,059$

ЭДС одного элемента батареи, В, определяется по выражению:

$E_{AB} = \frac{I_{k\ max} \cdot R_0}{1000} = \frac{3430 \cdot 0,0035}{1000} = 12$

Тогда ЭДС батареи, В,

$E_{AB} = E_{AB\ 0} n = 12 \cdot 17 = 204$

Общее сопротивление для отходящих линий, Ом,

$R_{\Sigma} = R_{AB} + R_{ош} + R_{кc} + R_{кон} + R_{кл} = 0,059 + 0,003 + 0,015 + 0,002 + 0,077 = 0,156$

Ток короткого замыкания в сети постоянного тока, А,

$I_k = \frac{E_{AB}}{R_{\Sigma}} = \frac{204}{0,156} = 1307\ A$

Суммарный ток короткого замыкания в сети постоянного тока с учетом двух аккумуляторных батарей, соединенных последовательно составит 2,6 кА.

Результаты расчета токов короткого замыкания в сети постоянного тока сведена в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты расчета токов короткого замыкания в сети постоянного тока

ШПРОТ			
1 секция			
Наименование ЭП	Виды КЗ	металлический	дуговой
	Точка КЗ	Ikз, кА	Ikз, кА
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	К2	1,00	0,53
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	К3	1,00	0,53
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	К4	1,00	0,53
18Р. Питание цепей ЭМО2 СВ110	К5	1,16	0,60

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

Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-10 кВ 1,2 с.ш	K6	1,69	0,87
9Р. РАС. Питание терминала А1	K7	1,19	0,62
18Р. СВ-110. Питание ТЗ	K8	1,16	0,60
18Р. СВ-110. Питание терминала защиты	K9	1,16	0,60
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-4	K10	1,00	0,53
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	K11	1,00	0,53
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	K12	1,03	0,54
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	K13	0,98	0,51
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	K14	0,98	0,51
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-3	K15	0,98	0,51
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	K16	0,98	0,51
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 1	K17	1,05	0,55
Шкаф 32Р. Управление ДГР-10 кВ (1к), (2к)	K18	1,23	0,64
ЗРУ-6 Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -6 кВ (1 комплект)	K19	1,69	0,87
2 секция			
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	K20	1,00	0,53
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	K21	1,00	0,53
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-4	K22	1,00	0,53
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	K23	1,00	0,53
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	K24	1,00	0,53
19Р. РАС. Питание терминала А2	K25	1,19	0,62
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-6 кВ 3,4 с.ш	K26	1,69	0,87
18Р. Питание цепей ЭМВ/ЭМО1 СВ110	K27	1,16	0,60
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	K28	1,03	0,54
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	K29	1,03	0,54
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	K30	0,98	0,51

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	К31	1,03	0,54
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	К32	0,98	0,51
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-3	К33	0,98	0,51
Шкаф 33Р. ДГР-6 кВ (1к), (2к)	К34	1,23	0,64
ЗРУ-10. Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -10 кВ (2 комплект)	К35	1,69	0,87
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	К36	1,00	0,53
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 2	К37	1,05	0,55

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

4. Выбор защитно-коммутационных аппаратов СОПТ

Выбор защитно-коммутационных аппаратов СОПТ производится для верхнего и нижнего уровня СОПТ, между которыми должна быть обеспечена селективная работа при отключении токов короткого замыкания. В данном проекте щит постоянного оперативного тока выполнен на предохранителях. Такой выбор коммутационных аппаратов позволит обеспечить быстроедействие при токах перегрузки и токах короткого замыкания, надежность отключения поврежденных участков цепи.

Выбор предохранителей для защиты цепей постоянного тока производится по следующим условиям:

1) по номинальному напряжению

$$U_{ном} \geq U_c,$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение выбираемого аппарата,
 $U_{ном}$ – номинальное напряжение защищаемой сети;

2) по номинальному току

$$I_{ном} \geq I_{раб.макс},$$

где $I_{ном}$ – номинальный ток выбираемого аппарата,

3) по наибольшему отключаемому току $I_{откл}$:

$$I_{откл} \geq I_{к.макс}.$$

Для обеспечения селективной работы последовательно включенных аппаратов защиты необходимо, чтобы нижняя граница зоны возможных отклонений характеристик срабатывания аппарата, установленного ближе к источнику питания, была выше верхней границы возможных отклонений характеристик срабатывания аппарата, установленного дальше во всем диапазоне токов, которые могут протекать в рассматриваемой сети.

В СОПТ предусмотрена двухуровневая система защиты от коротких замыканий, на верхнем и нижнем уровне используются автоматические выключатели.

Таблица 4. Выбор защитно-коммутационных аппаратов СОПТ

СОПТ						
Наименование ЭП	№ КА	Uном. сети	Uном. КА	Iраб, А	Iном. КА	Хар-ка откл
ИПРОТ						
1 секция						
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	5QF1	220 DC	230 DC	0,091	2	С

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

22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	5QF2	220 DC	230 DC	0,068	2	C
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	5QF3	220 DC	230 DC	0,091	2	C
18Р. Питание цепей ЭМО2 СВ110	5QF4	220 DC	230 DC	5,000	6	C
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-10 кВ 1,2 с.ш	5QF5	220 DC	230 DC	0,000	2	C
9Р. РАС. Питание терминала А1	5QF6	220 DC	230 DC	0,091	2	C
18Р. СВ-110. Питание ТЗ	5QF7	220 DC	230 DC	0,091	2	C
18Р. СВ-110. Питание терминала защиты	5QF8	220 DC	230 DC	0,091	2	C
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-4	5QF9	220 DC	230 DC	5,000	6	C
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	5QF10	220 DC	230 DC	0,091	2	C
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	5QF11	220 DC	230 DC	0,091	2	C
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	5QF12	220 DC	230 DC	0,091	2	C
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	5QF13	220 DC	230 DC	0,091	2	C
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-3	5QF14	220 DC	230 DC	5,000	6	C
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	5QF15	220 DC	230 DC	0,068	2	C
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 1	5QF16	220 DC	230 DC	2,000	4	C
Шкаф 32Р. Управление ДГР- 10 кВ (1к), (2к)	5QF17	220 DC	230 DC	0,000	2	C
ЗРУ-6 Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -6 кВ (1 комплект)	5QF18	220 DC	230 DC	0,000	2	C
Резерв	5QF19	220 DC	230 DC	0,000	2	C
Резерв	5QF20	220 DC	230 DC	0,000	6	C
ИПРОТ						
2 секция						
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	6QF1	220 DC	230 DC	0,091	2	C
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	6QF2	220 DC	230 DC	0,091	2	C
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-4	6QF3	220 DC	230 DC	5,000	6	C
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	6QF4	220 DC	230 DC	0,068	2	C

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	6QF5	220 DC	230 DC	0,091	2	C
19Р. РАС. Питание терминала А2	6QF6	220 DC	230 DC	0,091	2	C
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-6 кВ 3,4 с.ш	6QF7	220 DC	230 DC	0,000	2	C
18Р. Питание цепей ЭМВ/ЭМО1 СВ110	6QF8	220 DC	230 DC	5,000	6	C
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	6QF9	220 DC	230 DC	0,091	2	C
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	6QF10	220 DC	230 DC	0,068	2	C
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	6QF11	220 DC	230 DC	0,091	2	C
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	6QF12	220 DC	230 DC	0,091	2	C
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	6QF13	220 DC	230 DC	0,091	2	C
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-3	6QF14	220 DC	230 DC	0,091	6	C
Шкаф 33Р. ДГР-6 кВ (1к), (2к)	6QF15	220 DC	230 DC	0,050	2	C
ЗРУ-10. Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -10 кВ (2 комплект)	6QF16	220 DC	230 DC	0,000	2	C
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	6QF17	220 DC	230 DC	0,091	2	C
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 2	6QF18	220 DC	230 DC	2,000	4	C
Резерв	6QF19	220 DC	230 DC	0,000	2	C
Резерв	6QF20	220 DC	230 DC	0,000	6	C

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №									Лист
											12
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2					

5. Выбор кабельных линий для системы оперативного постоянного тока

Выбор сечения кабельных линий системы оперативного постоянного тока по условиям длительно допустимого тока, выполнен в соответствии с табличными данными длительно допустимых токовых нагрузок ГОСТ 31996-2012 и поправочного коэффициента – 0,93 для многожильных кабелей.

Условие выбора:

$$I_{\text{дд}} * K_{\text{п}} \geq I_{\text{макс.р}}$$

где $I_{\text{дд}}$ – длительно допустимый ток проводника, А.;
 $I_{\text{макс.р}}$ – максимально рабочий ток нагрузки, А;
 $K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент для многожильного кабеля, равный 0,93.

Таблица 5. Выбор кабельных линий для системы оперативного постоянного тока

ШРОТ-1					
1 секция					
Кабель	Марка КЛ	Ро, Ом/км	Ir, А	Idд, А	Протяженность КЛ, м
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	ВЕ-501	7,55	0,09	27	18
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	ВЕ-502	7,55	0,07	27	18
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	ВЕ-503	7,55	0,09	27	18
18Р. Питание цепей ЭМО2 СВ110	ВЕ-504	7,55	5,00	27	12
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-10 кВ 1,2 с.ш	ВЕ-505	7,55	0,00	27	
19Р. РАС. Питание терминала А1	ВЕ-506	7,55	0,09	27	11
18Р. СВ-110. Питание ТЗ	ВЕ-507	7,55	0,09	27	12
18Р. СВ-110. Питание терминала защиты	ВЕ-508	7,55	0,09	27	12
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-4	ВЕ-509	7,55	5,00	27	18
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	ВЕ-510	7,55	0,09	27	18
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	ВЕ-511	7,55	0,09	27	17
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	ВЕ-512	7,55	0,09	27	19

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

11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	BE-513	7,55	0,09	27	19
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-3	BE-514	7,55	5,00	27	19
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	BE-515	7,55	0,07	27	19
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 1	BE-516	7,55	2,00	27	16
Шкаф 32Р. Управление ДГР-10 кВ (1к), (2к)	BE-517	7,55		27	
ЗРУ-6 Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -6 кВ (1 комплект)	BE-518	7,55		27	
2 секция					
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	BE-601	7,55	0,09	27	18
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	2EJ-2	7,55	0,09	27	18
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-4	2EJ-3	7,55	5,00	27	18
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	2EJ-4	7,55	0,07	27	18
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	2EJ-5	7,55	0,09	27	18
19Р. РАС. Питание терминала А2	2EJ-6	7,55	0,09	27	11
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-6 кВ 3,4 с.ш	2EJ-7	7,55	0,00	27	
18Р. Питание цепей ЭМВ/ЭМО1 СВ110	2EJ-8	7,55	5,00	27	12
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	2EJ-9	7,55	0,09	27	17
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	2EJ-10	7,55	0,07	27	17
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	2EJ-11	7,55	0,09	27	19
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	2EJ-12	7,55	0,09	27	17
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	2EJ-13	7,55	0,09	27	19
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-3	2EJ-14	7,55	0,09	27	19
Шкаф 33Р. ДГР-6 кВ (1к), (2к)	2EJ-15	7,55	0,05	27	10
ЗРУ-10. Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ - 10 кВ (2 комплект)	2EJ-16	7,55	0,00	27	
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	2EJ-17	7,55	0,09	27	18
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 2	2EJ-18	7,55	2,00	27	16

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2

Лист

14

6. Проверка автоматических выключателей СОПТ на чувствительность

При определении коэффициента чувствительности отсечки теплового и электромагнитного расцепителя в расчетах применяются минимальные токи металлического КЗ в конце зоны действия защиты.

Для проверки чувствительности выполняется по следующему условию:

$$K_{ч.о} = \frac{I_{мин}}{I_{э.р.у}} \geq 1,1$$

где $I_{мин}$ – минимальный ток короткого замыкания в зоне защиты, А;
 $I_{э.р.у}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя, А.

Таблица 6. Проверка автоматических выключателей СОПТ на чувствительность

ШРОТ-1							
1 секция							
Наименование ЭП	№ КА	Ином, А	Хар-откл.	Ірасч	Кн*Ірасч	Іэ.м.р	Кч, э.м.р
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	5QF1	2	С	0,09	0,1	20	50,21
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	5QF2	2	С	0,07	0,075	20	50,21
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	5QF3	2	С	0,09	0,1	20	50,21
18Р. Питание цепей ЭМО2 СВ110	5QF4	6	С	5,00	5,5	60	19,37
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-10 кВ 1,2 с.ш	5QF5	2	С	0,00	0	20	84,74
19Р. РАС. Питание терминала А1	5QF6	2	С	0,09	0,1	20	59,66
18Р. СВ-110. Питание ТЗ	5QF7	2	С	0,09	0,1	20	58,10
18Р. СВ-110. Питание терминала защиты	5QF8	2	С	0,09	0,1	20	58,10
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-4	5QF9	6	С	5,00	5,5	60	16,74
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	5QF10	2	С	0,09	0,1	20	50,21
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	5QF11	2	С	0,09	0,1	20	51,37
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	5QF12	2	С	0,09	0,1	20	49,09
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	5QF13	2	С	0,09	0,1	20	49,09
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-3	5QF14	6	С	5,00	5,5	60	16,36

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

										18
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к		5QF15	2	С	0,07	0,075	20	49,09		
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 1		5QF16	4	С	2,00	2,2	40	26,29		
Шкаф 32Р. Управление ДГР-10 кВ (1к), (2к)		5QF17	2	С		0	20	61,31		
ЗРУ-6 Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -6 кВ (1 комплект)		5QF18	2	С		0	20	84,74		
ШРОТ-1										
2 секция										
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ		6QF1	2	С	0,091	0,1	20	50,21		
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ		6QF2	2	С	0,091	0,1	20	50,21		
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-4		6QF3	6	С	5,00	5,5	60	16,74		
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к		6QF4	2	С	0,068	0,075	20	50,21		
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к		6QF5	2	С	0,091	0,1	20	50,21		
19Р. РАС. Питание терминала А2		6QF6	2	С	0,091	0,1	20	59,66		
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-6 кВ 3,4 с.ш		6QF7	2	С	0,000	0	20	84,74		
18Р. Питание цепей ЭМВ/ЭМО1 СВ110		6QF8	6	С	5,00	5,5	60	19,37		
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к		6QF9	2	С	0,091	0,1	20	51,37		
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к		6QF10	2	С	0,068	0,075	20	51,37		
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ		6QF11	2	С	0,091	0,1	20	49,09		
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к		6QF12	2	С	0,091	0,1	20	51,37		
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ		6QF13	2	С	0,091	0,1	20	49,09		
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-3		6QF14	6	С	0,091	0,1	60	16,36		
Шкаф 33Р. ДГР-6 кВ (1к), (2к)		6QF15	2	С	0,050	0,055	20	61,31		
ЗРУ-10. Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -10 кВ (2 комплект)		6QF16	2	С	0,000	0	20	84,74		
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к		6QF17	2	С	0,091	0,1	20	50,21		
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 2		6QF18	4	С	2,00	2,2	40	26,29		

7. Проверка коммутационных аппаратов СОПТ от бросковых токов и на селективную работу

Под «селективностью» понимают совместную работу последовательно включенных аппаратов защиты электрических цепей (автоматические выключатели, плавкие предохранители) в случае возникновения аварийной ситуации.

Селективность используется при выборе номинала устройств защиты электроустановок для отключения от общей системы питания только той ее части, где произошла авария. Это достигается за счет срабатывания только того автоматического выключателя, который защищает аварийную линию питания.

Для селективной работы автоматических выключателей при перегрузках нужно, чтобы номинальный ток (I_n) аппарата защиты со стороны питания был больше (I_n) аппарата защиты со стороны потребителей. Проверка возможности селективной работы производится при расчетном токе КЗ по специальным таблицам, и нелинейным характеристикам которые имеются в каталогах фирм-производителей оборудования.

Определяющим фактором для обеспечения селективной работы является ток КЗ в максимальном и минимальном режиме.

Проверка коммутационных аппаратов выполнена в момент включения самого мощного и самого отдаленного электроприемника.

На рисунке 2 представлены времятоковые характеристики автоматических выключателей с проверкой на селективную работу.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2			17

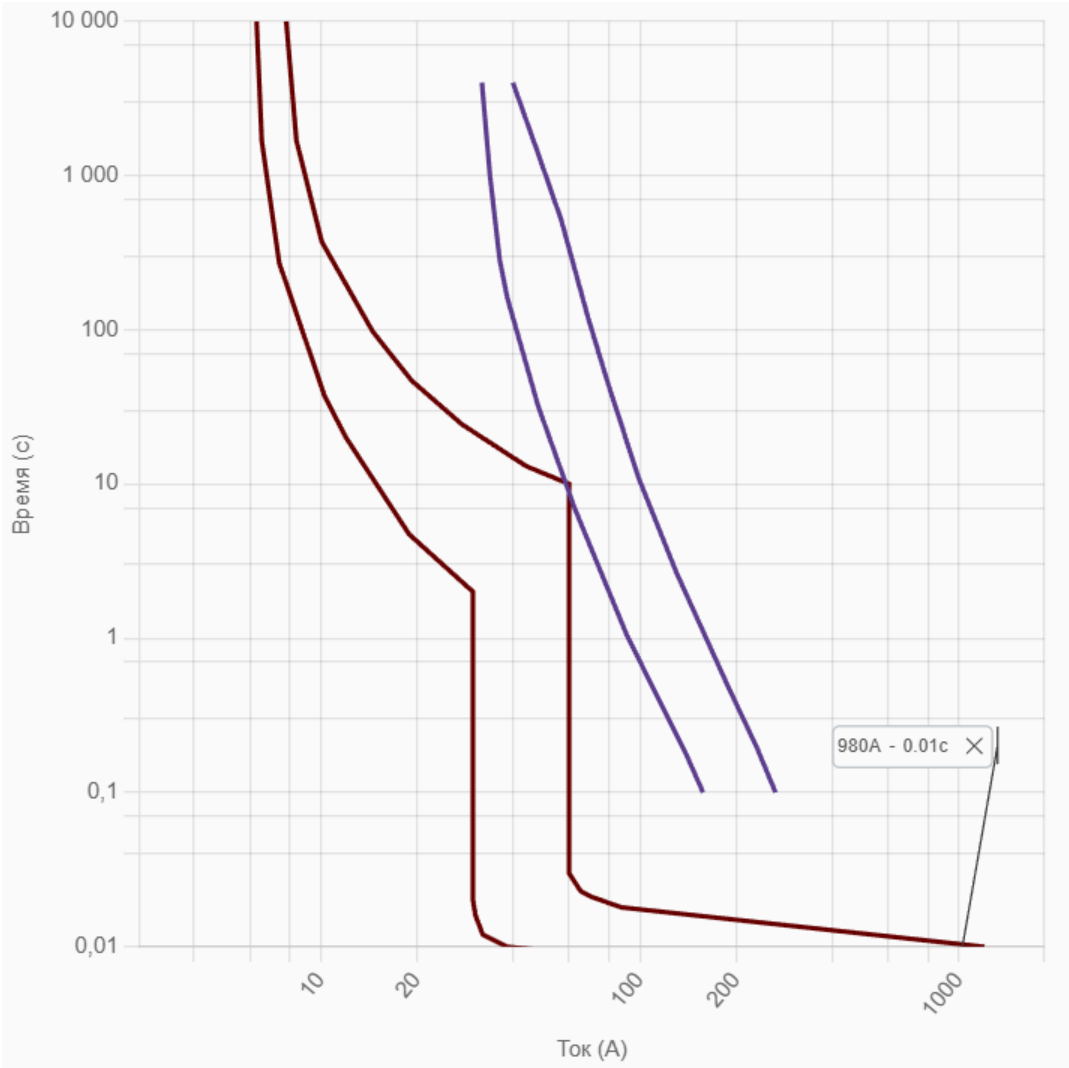


Рисунок 2 – Графический расчет
защитных аппаратов СОПТ

— 4FU23
— 6QF14

На диаграмме проверки селективной работы коммутационных аппаратов отражены максимальный и минимальный токи короткого замыкания, а также время срабатывания защит без учета выдержки времени.

Из рисунка видно, что характеристика отключения выключателя 6QF14 лежит ниже характеристики отключения предохранителя 4FU23 в минимальном и максимальном режимах короткого замыкания и, следовательно, выбранные аппараты защиты являются селективными.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							
замыкания, а также время срабатывания защиты без учета выдержки времени. Из рисунка видно, что характеристика отключения выключателя 6QF14 лежит ниже характеристики отключения предохранителя 4FU23 в минимальном и максимальном режимах короткого замыкания и, следовательно, выбранные аппараты защиты являются селективными.									
						1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2			Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата				18

8. Проверка кабельных линий СОПТ по допустимым потерям напряжения

Допустимым по устойчивости работы оборудования являются потери напряжения 15% от номинального значения. Алгоритм расчета аналогичен при определении потерь напряжений в сети переменного тока.

Потери напряжения в проводнике выраженные в вольтах рассчитывается по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot Z = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot \sqrt{(R^2 + X^2)}$$

где R активное сопротивление кабельной линии, Ом/м;

X – индуктивное сопротивление кабеля, Ом/м.

Потери напряжения, выраженные в процентном соотношении, определяются по формуле:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U_{\%}}{U_{номННтр}} \cdot 100\%$$

Результаты расчета кабельных линий по допустимым потерям напряжения сведены в таблицу 7.

Таблица 7. Результаты расчета кабельных линий по допустимым потерям напряжения

ШРОТ								
1 секция								
№ КЛ	Ро Ом/м	Хо Ом/м	Ро*L	Хо*L	L,м	Ip	Δ U, В	Δ U, %
BE-501	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,09	0,021	0,005
BE-502	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,07	0,016	0,004
BE-503	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,09	0,021	0,010
BE-504	0,00755	0,000116	0,0906	0,001392	12	5,00	0,784	0,196
BE-505	0,00755	0,000116	0	0		0,00	-	-
BE-506	0,00755	0,000116	0,08305	0,001276	11	0,09	0,013	0,006
BE-507	0,00755	0,000116	0,0906	0,001392	12	0,09	0,014	0,006
BE-508	0,00755	0,000116	0,0906	0,001392	12	0,09	0,014	0,006
BE-509	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	5,00	1,176	0,534
BE-510	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,09	0,021	0,010
BE-511	0,00755	0,000116	0,12835	0,001972	17	0,09	0,020	0,009
BE-512	0,00755	0,000116	0,14345	0,002204	19	0,09	0,023	0,010
BE-513	0,00755	0,000116	0,14345	0,002204	19	0,09	0,023	0,010
BE-514	0,00755	0,000116	0,14345	0,002204	19	5,00	1,241	0,564
BE-515	0,00755	0,000116	0,14345	0,002204	19	0,07	0,017	0,008
BE-516	0,00755	0,000116	0,1208	0,001856	16	2,00	0,418	0,190

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

BE-517	0,00755	0,000116	0	0		0,00	-	-
BE-518	0,00755	0,000116	0	0		0,00	-	-
ШРОТ								
2 секция								
№ КЛ	Р _о Ом/м	Х _о Ом/м	Р _о *L	Х _о *L	L,м	I _p	Δ U, В	Δ U, %
BE-601	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,09	0,021	0,005
BE-602	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,09	0,021	0,005
BE-603	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	5,00	1,176	0,534
BE-604	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,07	0,016	0,007
BE-605	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,09	0,021	0,010
BE-606	0,00755	0,000116	0,08305	0,001276	11	0,09	0,013	0,006
BE-607	0,00755	0,000116	0	0		0,00	-	-
BE-608	0,00755	0,000116	0,0906	0,001392	12	5,00	0,784	0,196
BE-609	0,00755	0,000116	0,12835	0,001972	17	0,09	0,020	0,005
BE-610	0,00755	0,000116	0,12835	0,001972	17	0,07	0,015	0,004
BE-611	0,00755	0,000116	0,14345	0,002204	19	0,09	0,023	0,006
BE-612	0,00755	0,000116	0,12835	0,001972	17	0,09	0,020	0,005
BE-613	0,00755	0,000116	0,14345	0,002204	19	0,09	0,023	0,006
BE-614	0,00755	0,000116	0,14345	0,002204	19	0,09	0,023	0,006
BE-615	0,00755	0,000116	0,0755	0,00116	10	0,05	0,007	0,002
BE-616	0,00755	0,000116	0	0		0,00	-	-
BE-617	0,00755	0,000116	0,1359	0,002088	18	0,09	0,021	0,005
BE-618	0,00755	0,000116	0,1208	0,001856	16	2,00	0,418	0,105

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2			20

9. Проверка кабельных линий СОПТ на термическую стойкость при коротком замыкании

Проверка проводников на термическую стойкость и невозгораемость производится сопоставлением температур проводников к моменту отключения короткого замыкания с максимальными предельно допустимыми значениями, которые составляют по условиям термической стойкости:

160 °С – для проводников с поливинилхлоридной изоляцией;

$$v_{\text{кон}} = (v_{\text{нач}} + \beta) \cdot \exp\left(\frac{I_{\text{кз}}^2 \cdot t_{\text{откл}}}{k_1^2 \cdot S_{\text{пр}}^2 \cdot \varepsilon^2}\right) - \beta,$$

где $v_{\text{нач}}$ – температура проводника в предшествующем режиме работы, °С. Принимается равной наибольшей длительно допустимой температуре проводника;

β – величина, равная обратному температурному коэффициенту, сопротивления при 0°С, принимается равной 234,5°К;

$I_{\text{кз}}$ – дуговой ток короткого замыкания с учетом значения интеграла Джоуля, А*с ($I_{\text{к,дуг}}^2 \cdot \Delta t_{\text{к}}$, где $\Delta t_{\text{к}}$ продолжительность короткого замыкания, определяемая полным временем отключения защитного аппарата);

$t_{\text{откл.}}$ – продолжительность протекания тока короткого замыкания в проводнике, с;

k_1 – постоянная, зависящая от материала проводника, принимается равной 266 Ас^{1/2}/мм² для проводников с медными токопроводящими жилами;

$S_{\text{пр}}$ – сечение проводника, мм²;

ε – коэффициент, учитывающий отвод тепла от проводника в изоляцию, принимается равным 1.

Результаты расчета проверки кабеля на термическую стойкость при коротком замыкании сведены в таблицу 8.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №									Лист
											21
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2					

Таблица 8. Результаты проверки кабеля на термическую стойкость при коротком замыкании

ШРОТ				
1 секция				
Наименование ЭП	Дуговое КЗ с учетом значения интеграла Джоуля, кА ² *с	Время срабатывания КА, с	Температура жил после КЗ, °С	Предельно доп. температура жил после КЗ, °С
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	0,00	0,01	20,00	≤160
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	0,00	0,01	20,00	≤160
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	0,0028	0,01	20,00	≤160
18Р. Питание цепей ЭМО2 СВ110	0,0037	0,01	20,00	≤160
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-10 кВ 1,2 с.ш	0,01	0,01	20,00	≤160
19Р. РАС. Питание терминала А1	0,00	0,01	20,00	≤160
18Р. СВ-110. Питание ТЗ	0,0037	0,01	20,00	≤160
18Р. СВ-110. Питание терминала защиты	0,0037	0,01	20,00	≤160
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-4	0,0028	0,01	20,00	≤160
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	0,0028	0,01	20,00	≤160
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала АРКТ	0,0029	0,01	20,00	≤160
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала ОЗ 2к	0,0026	0,01	20,00	≤160
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ ОЗ 2к	0,0026	0,01	20,00	≤160
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-3	0,0026	0,01	20,00	≤160
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ГЗ ОЗ 2к	0,0026	0,01	20,00	≤160
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 1	0,0030	0,01	20,00	≤160
Шкаф 32Р. Управление ДГР-10 кВ (1к), (2к)	0,0041	0,01	20,00	≤160
ЗРУ-6 Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -6 кВ (1 комплект)	0,0076	0,01	20,00	≤160
2 секция				
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	0,0028	0,01	20,00	≤160

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	0,0028	0,01	20,00	≤160
22Р. Т-4. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМВ, ЭМО1 В-110 Т-4	0,0028	0,01	20,00	≤160
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	0,0028	0,01	20,00	≤160
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	0,0028	0,01	20,00	≤160
19Р. РАС. Питание терминала А2	0,0038	0,01	20,00	≤160
Шкаф 20Р. Питание терминалов и опер.ток ОПФ-6 кВ 3,4 с.ш	0,0076	0,01	20,00	≤160
18Р. Питание цепей ЭМВ/ЭМО1 СВ110	0,0037	0,01	20,00	≤160
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание терминала ОЗ 1к	0,0029	0,01	20,00	≤160
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ГЗ ОЗ 1к	0,0029	0,01	20,00	≤160
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание терминала РЗ	0,0026	0,01	20,00	≤160
12Р. Т-3. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	0,0029	0,01	20,00	≤160
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ТЗ РЗ	0,0026	0,01	20,00	≤160
11Р. Т-3. ОЗ 2к + РЗ. Питание ЭМО2 В-110 Т-3	0,0026	0,01	20,00	≤160
Шкаф 33Р. ДГР-6 кВ (1к), (2к)	0,0041	0,01	20,00	≤160
ЗРУ-10. Шкаф ПА с АЧР, ЧАПВ -10 кВ (2 комплект)	0,0076	0,01	20,00	≤160
23Р. Т-4. ОЗ 1к + АРКТ. Питание ТЗ ОЗ 1к	0,0028	0,01	20,00	≤160
24Р. Шкаф ЛУОН2 ввод 2	0,0030	0,01	20,00	≤160

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

Перечень нормативных документов

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

№ док.	Обозначение	Наименование
1	СТО 56947007-29.240.10.028-2017	Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ, ОАО «ФСК ЕЭС», 2009
2	ПУЭ, седьмое издание	Правила устройства электроустановок (ПУЭ), седьмое издание, Издательство НЦ ЭНАС, 2003
3	МУ 34-70-035-83	Методические указания по расчету защит в системе постоянного тока тепловых электростанций и подстанций: [Текст]/ Введён впервые. Дата введения 01.07.92. М.: Изд-во стандартов, 1992. – 33 с.
4	ГОСТ 28249-93	Методы расчета в электроустановках переменного напряжения до 1 кВ: [Текст]/ Введён взамен ГОСТ Р 50270-92. Дата введения 01.01.95. – Минск: Изд-во стандартов, 1995. – 85 с.
5	Ц-02-98(Э).	Технический циркуляр «О проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания»
6	ГОСТ-29176-91	Короткие замыкания в электроустановках Методика расчета в электроустановках постоянного тока: [Текст]/ Введён впервые. Дата введения 01.07.92. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 31 с.
7	СТО 56947007-29.120.40.041-2010	Системы оперативного постоянного тока подстанции. Технические требования с изменениями на 14.0.4.2021
8	СОПТ СТО 56947007-29.120.40.216-2016	Методические указания по выбору оборудования СОПТ
9	СТО 56947007-29.120.40.262-2018	Руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС
10	ГОСТ Р 21.101-2020	«Основные требования к проектной и рабочей документации»
11	ЕТП ПАО «Россети»	Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе (новая редакция)»

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2	Лист
							24
Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					

Таблица регистрации изменений								
Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в док.	Номер док.	Подп.	Дата
	Изме- ненных	Заме- ненных	Новых	Аннули- рованных				

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2	Лист	
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата			25

Спецификация на основное оборудование				
N ячейки	Тип металлоконстр. (ВхГхШ), мм	Назначение шкафа	Кол.	Примечание
ЦС1	2000х600х800	Шкаф центральной сигнализации	1	
ЦС2	2000х600х800	Шкаф центральной сигнализации	1	
1У	2000х600х800	Панель управления Т-1 с мнемосхемой	1	
2У	2000х600х800	Панель управления Т-2 с мнемосхемой	1	
3У	2000х600х800	Панель управления Т-3 с мнемосхемой	1	Установка на 1 этапе
4У	2000х600х800	Панель управления Т-4 с мнемосхемой	1	Установка на 2 этапе
1Р	2000х600х800	Шкаф питания цепей ОБР	1	
2Р	2000х600х800	Шкаф ДФЗ ВЛ-110 кВ "ИГЭС"	1	
3Р	2000х600х800	Шкаф резервной защиты ВЛ-110 кВ "ГЭС"	1	
4Р	2000х600х800	Шкаф ДФЗ ВЛ-110 кВ "Максимовская"	1	
5Р	2000х600х800	Шкаф резервной защиты ВЛ-110 кВ "Максимовская"	1	
6Р	2000х600х800	Шкаф АУВ СВ-110 кВ	1	
7Р	2000х600х800	Шкаф организации цепей напряжения ТН-110	1	
8Р	2000х600х800	Шкаф защит трансформаторов и АУВ Т-1	1	
9Р	2000х600х800	Шкаф управления РПН	1	
10Р	2000х600х800	Шкаф защит трансформаторов и АУВ Т-2	1	
11Р	2000х600х800	Шкаф основной (2 комплект), резервной защиты Т-3	1	Установка на 1 этапе
12Р	2000х600х800	Шкаф основной защиты (1 комплект) Т-3 и АРНТ Т-3	1	Установка на 1 этапе
13Р	2000х600х800	Шкаф организации цепей напряжения ТН-110	1	
14Р	2000х600х800	Шкаф ТН-35кВ, АЧР-6,35кВ	1	
15Р	2000х600х800	Шкаф защиты вводов 35кВ	1	
16Р	2000х600х800	Шкаф защиты линии 35кВ	1	
17Р	2000х600х800	Шкаф защиты СВ-35	1	
18Р	2000х600х800	Шкаф защиты и АУВ СВ-110 кВ	1	Установка на 2 этапе
19Р	2000х600х800	Шкаф регистратора аварийных событий	1	Установка на 2 этапе
21Р	2000х600х800	Шкаф ОПФ	1	
22Р	2000х600х800	Шкаф основной (2 комплект), резервной защиты Т-4	1	Установка на 2 этапе
23Р	2000х600х800	Шкаф основной защиты (1 комплект) Т-4 и АРНТ Т-4	1	Установка на 2 этапе
24Р	2000х600х800	Шкаф ЛУОН2	1	Установка на 2 этапе
25Р	2000х600х800	Шкаф ЛУОН-АОПО	1	
32Р	2000х600х800	Шкаф управления ДГР-10 кВ	1	
33Р	2000х600х800	Шкаф управления ДГР-6 кВ	1	
АСКУЗ1	2000х600х800	Панель измерений	1	
АСКУЗ2	2000х600х800	Шкаф учета	1	
АСКУЗ3	2000х600х800	Шкаф УСКД	1	
ВВ1Н		Щит собственных нужд в составе:	1	
	2000х800х800	ВВ1 Ввод 1, ВВ2 Ввод2, СВ	1	
	2000х800х800	О/Л1 Панель распределения секция 1	1	
	2000х800х800	О/Л1 Панель распределения секция 2	1	
ВЕ1, ВЕ2		Щит постоянного тока в составе:	2	
	2000х800х800	АБ-1, АБ-2 Шкаф аккумуляторной батареи	2	
	2000х800х800	ЗВУ-1, ЗВУ-2 Шкаф зарядно-выпрямительного устройства	2	
	2000х800х800	О/Л1, О/Л2 Панель распределения секция 3,4	2	
ШПВ	1000х600х300	Шкаф питания соленоидов	1	
		В помещении связи		
СВ1,2,3	2000х800х800	Панель связи	3	
АСУ1,2,3	2000х800х800	Шкаф АСУ ТП	3	

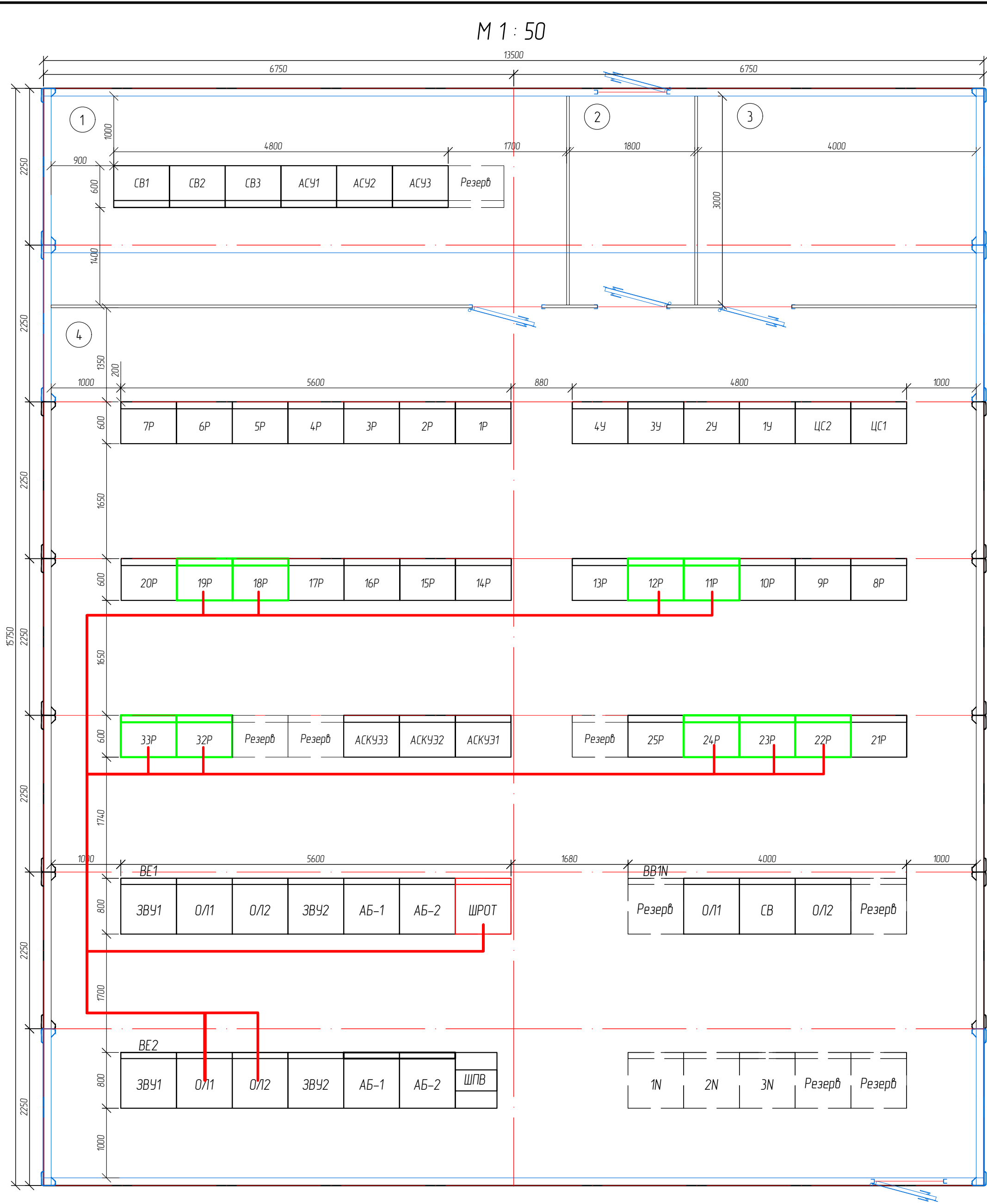
Согласовано

Изм. N

Взам. инв. N

Подпись и дата

Инд. N подл.



Экспликация помещений			
Номер помещ. на плане	Наименование помещений	Площадь, м2	Категория по взрыво-пожаро-опасности
1	Помещение связи	22,20	В4
2	Тамбур	5,40	Д
3	Помещение для ремонтного персонала	12,00	Д
4	Помещение релейных шкафов	168,00	В4

						1-ЮЭС-2024-ИОС12.2		
						Реконструкция ПС 110 кВ Мельникова, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)		
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Раздел 5. Подраздел 1. Часть 2. Книга 1. Система собственных нужд переменного тока.	Стандия	Листов
Разработал	Егоров			Борис	12.2025		п	2
						План размещения оборудования новой системы ОПТ		
ГИП	Иванов				12.2025			

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

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество	Масса единицы, кг	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1. Основное оборудование							
1.1	– Шкаф распределения оперативного тока				шт	1		
	2. Кабельная продукция							
3.1	Кабель с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридной композиции пониженной пожарной опасности, сечением 2х2,5 мм²	ВВГЭнг(А)-LS			м	511		Разделок 62
3.1	таже, сечением 2х10 мм²				м	22		Разделок 4
	4. Кабельные изделия							
4.1	Бирка кабельная квадратная	У134		ЗАО ЭТМ	шт	38		
4.2	Стяжка кабельная	КСС 3х150		ДКС	шт	40		

*Примечание – К проектной длине кабеля добавлена суммарная надбавка 6% (на изгибы и повороты–4%,отходы–2%, согласно письма Госстроя СССР № 89–Д от 17.12.79г).

						1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.2.С		
						Реконструкция ПС 110 кВ Мельниково, включающая замену силовых трансформаторов Т-3 и Т-4 на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)		
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Раздел 5. Подраздел 1. Часть 2. Книга 1. Система собственных нужд переменного тока.	Стадия	Лист
Разработал		Егоров		Егоров	08.25		П	1
						Спецификация оборудования, изделий и материалов		
ГИП		Иванов			08.25			