

Заказчик - ООО «Трансэнерго-сервис»
По договору №29-2022 от 03.02.2022 г.

**Строительство ПС 110/6 кВ для электроснабжения карьера
Печегубский с подключением от ВЛ-110 кВ Куна – Оленегорск 12 с
отпайкой на ПС Комсомольский (Л-110) (в рассечку) Мурманская обл.,
Оленегорский район (АО «Олкон»)**

Проектная документация

**Раздел 6 «Технологические решения»
Часть 3 «Технологические решения. Система оперативного
постоянного тока»**

29-2022/ПР-8701-СОПТ

Том 6.3

Изм.	№ док	Подп.	Дата

2023 г.

Заказчик - ООО «Трансэнерго-сервис»
По договору №29-2022 от 03.02.2022 г.

**Строительство ПС 110/6 кВ для электроснабжения карьера
Печегубский с подключением от ВЛ-110 кВ Куна – Оленегорск 12 с
отпайкой на ПС Комсомольский (Л-110) (в рассечку) Мурманская обл.,
Оленегорский район (АО «Олкон»)**

Проектная документация

**Раздел 6 «Технологические решения»
Часть 3 «Технологические решения. Система оперативного
постоянного тока»**

29-2022/ПР-8701-СОПТ


Том 6.3

Директор ООО «ТСН-Электро»



Н.И. Сычев

Главный инженер проекта



С.А. Погодина

Изм.	№ док	Подп.	Дата

2023 г.

Взам. инв.№	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	200191ст

Содержание тома 6.3





Обозначение	Наименование	Примечание
29-2022/ПР-8701-СОПТ-С	Содержание тома 6.2	1
29-2022/ПР-8701-СП	Состав проектной документации	1
29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Система оперативного постоянного тока . Текстовая часть	50
	Графическая часть	3
	Всего листов	56

Согласовано	

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

29-2022/ПР-8701-СОПТ-С					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Разработал	Муханов				05.23
Проверил	Ушаков				05.23
Н.контр.	Назаров				05.23
ИП	Погодина				05.23

Содержание тома 6.3

Стадия	Лист	Листов
П	1	1



ООО
«ТСН-Электро»






Состав проектной документации*

№ тома	Обозначение	Наименование	Примечание

*Состав проектной документации приведен в томе 29-2022/ПР-8701-СП «Состав проектной документации».

Согласовано	

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

29-2022/ПР-8701-СП					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Разработал	Муханов				05.23
Проверил	Ушаков				05.23
Н.контр.	Назаров				05.23
ГИП	Погодина				05.23
Состав проектной документации					
Стадия		Лист	Листов		
П		1	2		
			ООО «ТСН-Электро»		

Содержание

1.	Основания для разработки основных технических решений	2
2.	Сведения о функциональном назначении объекта	2
3.	Основные характеристики системы оперативного постоянного тока	2
4.	Аккумуляторная батарея.....	5
4.1	Условия выбора аккумуляторной батареи.....	5
4.2	Расчет и описание потребителей СОПТ	5
4.3	Расчет емкости аккумуляторной батареи.	7
5.	Зарядно-подзарядные устройства.....	13
6.	Щит постоянного тока	15
7.	Щкаф распределения оперативного тока	24
8.	Блоки питания оперативной блокировки разъединителей и аварийного освещения.....	26
9.	Сечения кабелей	27
10.	Расчет токов короткого замыкания.....	29
11.	Выбор аппаратов трехуровневой системы защиты	32
12.	Аппараты нижнего уровня защиты.....	33
12.1	Аппараты среднего уровня защиты.	35
12.2	Аппараты верхнего уровня защиты	39
12.3	Отключающая способность защитных аппаратов.....	40
12.4	Определение остаточного напряжения.....	40
13.	Проверка кабелей на термическую стойкость и на невозгорание при длительном отключении коротких замыканий.....	41
13.1	Проверка кабелей нижнего уровня	41
13.2	Проверка кабелей среднего уровня.....	43
14.	Регистрация аварийных событий	45
15.	Метрологическое обеспечение.....	46
16.	Перечень принятых сокращений.....	49

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Разработал				Муханов	05.23
Проверил				Ушаков	05.23
Н.контр.				Назаров	05.23
ГИП				Погодина	05.23

**Система оперативного
постоянного тока**

Стадия	Лист	Листов
П	1	51


ООО
«ТСН-Электро»

1. Основания для разработки основных технических решений

Исходными данными для подготовки документации являются:

- Техническое задание на проектирование и строительство по объекту «Строительство ПС 110/6 кВ»;

- Технические условия для присоединения к электрическим сетям, выданные Мурманским филиалом ПАО «Россети Северо-Запад» для АО «Олкон» № 43-0004042/21-002 от 17.02.2022 г.

2. Сведения о функциональном назначении объекта

Объем проектирования включает в себя строительство новой ПС 110/6 кВ для электроснабжения карьера Печегубский.

Подстанция ПС 110/6 кВ Печегубского месторождения предназначена для приема, трансформации, распределения и передачи электрической энергии.

На территории подстанции предусматривается установка следующего оборудования:

- открытое распределительное устройство 110 кВ;
- открыто устанавливаемые два силовых трансформатора Т-1, Т-2 мощностью 6,3 МВА каждый, напряжением 110/6 кВ;
- здание закрытого распределительного устройство ЗРУ 6 кВ, совмещенного с общеподстанционным пунктом управления (ОПУ);
- два сухих трансформатора собственных нужд ТСН-1, ТСН-2 (устанавливаются в здании ЗРУ 6 кВ, совмещенном с ОПУ);
- отдельно стоящие прожекторные мачты с молниеотводами;
- накопительная емкость дождевых вод.

В данном томе рассматриваются основные технические решения по оптимальной структуре СОПТ

3. Основные характеристики системы оперативного постоянного тока

Система оперативного постоянного тока (СОПТ) должна обеспечивать питанием: терминалы релейной защиты и автоматики, цепи АСУТП, цепи управления коммутационными аппаратами и сигнализации. Питание должно обеспечивать максимальные расчетные толчковые токи после гарантированного не менее чем двухчасового разряда током нагрузки.

Система ОПТ в своем составе содержит:

-Аккумуляторная батарея (АБ) герметизированная необслуживаемая свинцово-кислотная с размещением в специализированном шкафу (ШАБ). – 1 шт.;

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							2
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

-Зарядно-подзарядные устройства (ЗПУ), обеспечивающие заряд, подзаряд АБ и питание нагрузки СОПТ в нормальном режиме работы – 2 шт.;

-Щит постоянного тока (ЩПТ) в составе одного шкафа ввода и двух шкафов распределения, комплектно с системой мониторинга, контроля изоляции, блоком аварийного освещения (БАО) и блоком питания оперативной блокировки (БПОБР)– 1 компл.;

-Шкаф распределения оперативного постоянного тока (ШРОТ) с автоматическими выключателями– 1 шт.;

-Переносное устройство поиска замыкания на землю (ППЗ) – 1 шт.

Система ОПТ спроектирована разделенной на две взаиморезервируемые части. Потребители постоянного тока распределены между двумя половинами СОПТ таким образом, что отказ одной из них не может привести к потере основных функций РЗА, ПА, АСУ ТП и управления коммутационными аппаратами. В случае потери источника питания в одной из частей СОПТ, переход на питание от второй половины СОПТ, выполняется вручную рубильниками на ЩПТ.

Нагрузка (устройства РЗА, управления, сигнализации и др.), подключенная к ЩПТ, питается от двух ЗПУ, работающих в режиме взаимного резервирования.

Предусмотрена трехуровневая защита система ОПТ:

Нижний уровень – защита потребителей постоянного тока (устройства РЗА, ПА, управления высоковольтных выключателей) и кабелей, идущих до них - выполнен на модульных автоматических выключателях, устанавливаемых в ШРОТ;

Средний уровень – защита шинок питающих потребителей постоянного тока и кабелей, идущих к ним от ЩПТ – выполнен на предохранителях установленных в мультиблоки в шкафах распределения ЩПТ;

Верхний уровень – защита шинок ЩПТ– выполнен на предохранителях, установленных в шкафу ввода ЩПТ.

Трехуровневая защита должна предусматривать:

- селективность отключения поврежденного участка;
- чувствительность работы защиты на каждом уровне;
- надежное отключение повреждения за счет достаточной чувствительности в зоне резервирования.

Необходимо предусмотреть меры, позволяющие снизить вероятность ложного срабатывания микропроцессорных устройств релейной защиты (МП РЗ) из-за наведения высокочастотных помех. К таким мерам относятся:

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							3
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

-разделение СОПТ на зоны: «чистую», питающую только микропроцессорные терминалы и цепи не выходящие за пределы помещения и «грязную», питающую привода разъединителей, выключателей и оперативную блокировку разъединителей;

-электрическое объединение двух зон только на выводах АБ с использованием её шунтирующего эффекта. Головные предохранители вынесены с ЩПТ в отдельный блок, устанавливаемый на стене, общей с помещением аккумуляторной батареи;

-применение для системы ОПТ экранированных контрольных кабелей, а при необходимости – бронированных силовых кабелей;

-выполнение всех, предусмотренных соответствующими документами мер, направленных на исключение (или снижение) электромагнитных (грозовых и коммутационных) полей.

-выбор защитных аппаратов всех уровней СОПТ, обеспечивающих необходимое быстродействие отключения КЗ в цепях СОПТ для работы без перезагрузок микропроцессорных устройств, питающихся от смежной секции.

Для защиты от перенапряжений на ЩПТ предусматривается установка УЗИП, представляющих собой кремниевые диоды включенные в каждый полюс СОПТ через предохранители к секциям шин ЩПТ. Предусматривается контроль исправности УЗИП.

В состав СОПТ должны входить следующие устройства контроля изоляции:

-Блок формирования нейтрали (БФН), предназначенный для выравнивания напряжения полюсов АБ относительно «земли» в нормальном режиме и согласования уставки аварийной сигнализации УКИ с допустимым снижением изоляции;

-Устройство контроля изоляции (УКИ) с функцией контроля изоляции и сигнализации снижения ее сопротивления до заданных уставок;

-Устройство автоматического поиска фидера с замыканием на землю (АПЗЗ);

-Переносное устройство поиска места замыкания на землю (ППЗЗ);

Все шкафы СОПТ должны иметь местную визуальную сигнализацию неисправности оборудования. Распределительные устройства постоянного тока (РУПТ) должны иметь устройства сигнализации положения/состояния коммутационных аппаратов и устройства измерения основных параметров СОПТ.

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							4
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

4. Аккумуляторная батарея

4.1 Условия выбора аккумуляторной батареи

Поскольку ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер» является подстанцией с высшим напряжением 110 кВ и имеет 3 выключателя в распределительном устройстве высшего напряжения, то в соответствии с п.9.6.2.5 документом «Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 кВ. Требования к технологическому проектированию. СТО 34.01-21.1-001-2017. Стандарт организации ПАО «РОССЕТИ». 02.08.2017» для питания потребителей постоянного оперативного тока предусматривается установка одной аккумуляторной батареи и двух зарядных устройств.

Учитывая компактные размеры здания ОПУ подстанции, предусматривается к установке герметичная необслуживаемая свинцово-кислотная аккумуляторная батарея (АБ) типа AGM в шкафу с размещением элементов АБ на полках. Аккумуляторная батарея должна иметь срок службы не менее 12 лет. Такое решение допускается в соответствии с п.9.6.4.2.7, 9.6.4.3.3 и 9.6.4.3.4 документа СТО 34.01-21.1-001-2017.

Ёмкость аккумуляторной батареи выбирается, исходя из условия обеспечения батареями полной нагрузки системы оперативного постоянного тока.

Выбранная АБ должна обеспечивать все заданные параметры по качеству питания всех потребителей постоянного оперативного тока во всех расчетных режимах и надежное срабатывание защитных устройств. Предельно допустимый разброс напряжений на клеммах потребителей постоянного тока минус 15% - плюс 5% от номинального значения, в том числе при аварийных разрядах АБ и ускоренных и уравнивающих зарядах АБ

Должна быть обеспечена работы СОПТ в режиме аварийного разряда АБ не менее 2 часов.

В нормальном режиме АБ должна обеспечивать только пиковые нагрузки и величины токов КЗ, необходимые для селективной и быстродействующей работы защитных аппаратов. Постоянная нагрузка в этом режиме питается от зарядно-подзарядных устройств (ЗПУ). При потере собственных нужд переменного тока, АБ берет на себя так же и постоянную нагрузку СОПТ.

4.2 Расчет и описание потребителей СОПТ

Потребителей СОПТ условно можно разделить на три категории, исходя из режимов функционирования:

— постоянная нагрузка: аппараты устройств управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, постоянно обтекаемые током;

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							5
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

- аварийная нагрузка: временная нагрузка, появляющаяся при исчезновении переменного тока во время аварийного режима, длительность которого определяется длительностью аварии;
- кратковременная (толчковая) нагрузка: включение и отключение приводов высоковольтных выключателей длительностью не более 1 секунды

Таблица 4.1. Расчет нагрузки СОПТ

ППТ	Нагрузка, Вт		
	Постоянная	Аварийная	Кратковременная
МП терминалы РЗА	350		
КРУ 6 кВ. 2 секции. Питание МП терминалов	1200		
Освещение панелей на РЩ	200		
АСУ ТП.	1700	7200	
Потребление цепей сигнализации	250		
Потребление цепей ОБР	300		
Аварийное освещение		900	
ЭМО1/ЭМО2 выключателя 110 кВ			440
ЭМО выключателя 6 кВ			440
Суммарная нагрузка	4000	8100	-

Постоянная нагрузка

Основными постоянными потребителями являются микропроцессорные терминалы релейной защиты, управления выключателями, ПА.

$$I_{\text{пост}} = 4000/220 = 18,2\text{А.}$$

Аварийная нагрузка

К аварийной нагрузке относятся устройства, питающиеся в нормальном режиме от переменного тока, но имеющие резервное питание от постоянного тока, а также потребители, которые включаются при потере собственных нужд. Так как расчетным режимом выбора аккумуляторной батареи является режим потери собственных нужд, то аварийная нагрузка для данного режима должна учитываться как постоянная составляющая.

$$I_{\text{ав}} = 8100/220 = 36,8\text{А.}$$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							6

Общая аварийная нагрузка состоит из суммы токов всех постоянных и аварийных потребителей:

$$I_{авар} = I_{пост} + I_{ав} = 18,2 + 36,8 = 55 \text{ А.}$$

Толчковая нагрузка

При расчете толчковой нагрузки можно рассматривать несколько режимов: отключение трансформатора; отключение трех отходящих фидеров от АЧР.

При отключении трансформатора происходит отключение одного выключателя 110 кВ и одного выключателя 6 кВ, а также включение секционного выключателя 6 кВ через выдержку времени АВР.

Толчковый ток при этом составляет: $I_{откл} = \sum I_{\text{ЭО}} \cdot n = 440/220 \cdot 2 + 440/220 + 440/220 = 8 \text{ А}$, где n – количество ЭО.

При отключении 3х выключателей 10 кВ толчковый ток составляет:

$I_{откл} = I_{\text{ЭО}} \cdot N = 3 \cdot 440/220 = 6 \text{ А}$, N – количество выключателей, отключаемых в рассматриваемом режиме.

Максимальный ток потребления, используемый для расчета АБ в наиболее тяжелом режиме: $I_{толч} = I_{авар} + I_{откл} = 55 + 8 = 63 \text{ А}$

4.3 Расчет емкости аккумуляторной батареи.

При выборе емкости и количества элементов аккумуляторной батареи исходим из следующего:

- Минимальное и максимальное напряжение на потребителях

$$U_{\text{МАХ}} = 220 \cdot 1.05 = 231 \text{ В.}$$

$$U_{\text{МИН}} = 220 \cdot 0.85 = 187 \text{ В.}$$

- Емкость аккумуляторных батарей в конце срока эксплуатации составляет не менее 80% начальной емкости;

- Расчетная температура электролита в аккумуляторах - $+25^{\circ}\text{C}$;

Определение требуемого количества элементов АБ производится исходя из значения напряжения подзаряда (поддерживающий заряд). Для АБ типа AGM напряжение поддерживающего заряда равно 2,27 В/эл. Аккумуляторы выпускаются в виде моноблоков на номинальное напряжение 6 и 12 Вольт в ударопрочных корпусах.

$$N = U_{\text{МАХ}} / U_{\text{ПОДЗ}} = 231 / 2,27 \cdot 6 = 17, \text{ принимаем ближайшее большее целое число}$$

$N = 17$ моноблоков по 6 элементов в блоке. Номинальное напряжение моноблока 12 В.

Определение сопротивлений.

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							7
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Для определения сопротивлений принимаем предварительные сечения кабелей, которые будут уточнены в последующих разделах.

Сопротивление от АБ до шкафа ввода:

$$L=14 \text{ м, } S=70 \text{ мм}^2 R_{\text{ош}} = \frac{\rho \cdot 10^3 \cdot L \cdot 2}{S} = \frac{0,0172 \cdot 10^3 \cdot 14 \cdot 2}{70} = 6,88 \text{ мОм}$$

Сопротивление контактов от АБ до ЩПТ ($R_{\text{пер}}=0,8 \text{ мОм}$).

$$R_{\text{ош}} = 6,88 + 0,8 = 7,68 \text{ мОм}$$

Сопротивление от вводных предохранителей до распределительных секций ЩПТ:

$$L=8 \text{ м, } S=70 \text{ мм}^2 R_{\text{кб1}} = \frac{0,0172 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 2}{70} = 3,93 \text{ мОм.}$$

Сопротивление кабеля от ЩПТ до ШРОТ (КВВГЭнг(А)-LS 4x6 мм²):

$$L=15 \text{ м, } S=6 \text{ мм}^2 R_{\text{кб2}} = \frac{0,0172 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 2}{6} = 86 \text{ мОм.}$$

Сопротивление кабеля от ШРОТ до ЭО 110 кВ (КВВГЭнг(А)-LS 4x2,5 мм²):

$$L=70 \text{ м, } S=2,5 \text{ мм}^2 R_{\text{кб3}} = \frac{0,0172 \cdot 10^3 \cdot 70 \cdot 2}{2,5} = 963,2 \text{ мОм.}$$

Определение падения напряжения и выбор аккумуляторной батареи.

Падение напряжения от максимального толчкового тока на участке от АБ до ЭО 110 кВ составит:

$$\Delta U_{110} = R_{\text{ош}} \cdot I_{\text{толч}} + R_{\text{кб1}} \cdot I_{\text{сек}} + R_{\text{кб2}} \cdot I_{\text{шрот}} + R_{\text{кб3}} \cdot I_{\text{эо}}, \text{ где}$$

$I_{\text{сек}}$ ток по кабелю, питающему секцию ЩПТ $EY I_{\text{сек}} = I_{\text{толч}} / 2 \approx 30 \text{ А}$;

$I_{\text{шрот}}$ ток по кабелю, питающему секцию ШРОТ ЕС, от одной секции питается до двух ЭМО, $I_{\text{шрот}} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ А}$

$$\Delta U_{110} = (7,68 \cdot 63 + 3,93 \cdot 31,5 + 86 \cdot 4 + 963,2 \cdot 2) \cdot 10^{-3} \approx 3 \text{ В}$$

Минимально допустимое напряжение с учетом падения напряжения от максимального толчкового тока

$$U_{\text{АБ}} = U_{\text{MIN}} + \Delta U_{\text{ЩПТ}} = 187 + 3 = 190 \text{ В.}$$

Определяем минимально допустимое напряжение для элемента батареи

$$U_{\text{эл min}} = U_{\text{АБ}} / N \cdot 3 = 190 / 17 \cdot 6 = 1,86 \text{ В}$$

Расчет емкости аккумуляторной батареи

Расчет емкости АБ производится с учетом коэффициентов интенсивности разряда АБ.

Коэффициент интенсивности разряда позволяет учесть влияние тока разряда на номинальную емкость аккумулятора, необходимую для обеспечения требуемого напряжения на клеммах электроприемников в процессе разряда.

Коэффициент интенсивности разряда kt , Ач/А - представляет собой отношение номинальной емкости аккумулятора, выраженной в А·ч, при температуре 20°C и напряжении на

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		8

аккумуляторе в конце разряда, к силе тока в А, которую может обеспечить этот аккумулятор при разряде продолжительностью t.

Зависимость коэффициента интенсивности разряда АБ от продолжительности разряда представляется производителем АБ.

Характеристики аккумуляторов заданы в виде зависимости максимального тока разряда от продолжительности разряда. Необходимо пересчитать в зависимость коэффициента интенсивности разряда kt , Ач/А от продолжительности разряда.

Коэффициенты интенсивности разряда АБ рассчитываются с использованием разрядной характеристики, соответствующей рассчитанному конечному напряжению, для АБ рассматриваемого типа с номинальной емкостью наиболее близкой оценочному значению, рассчитанному по формуле: $C' = K_{ср} \cdot t \cdot I_{авар} = 1,5 \cdot 2 \cdot 55 = 165 \text{ Ач}$ ($K_{ср}$ - среднее значение коэффициента интенсивности разряда АБ, принимаем равным 1,5, t - продолжительность разряда АБ = 2ч)

Наиболее близкой к оценочному значению являются батареи номинальной емкостью 190 Ач

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
9

Таблица 4.2 Разрядные характеристики аккумуляторной батареи

для режима с конечным напряжением разряда 1,87 В/эл.:

Время(мин)	3	5	10	15	30	60	90	120	180
Ток (А)	270	260	237	216	165	118	89	68	47,9
Kti	0,7	0,73	0,8	0,88	1,15	1,6	2,13	2,8	3,97

Коэффициенты интенсивности определяются по формуле:

$K_{ti} = C / I_{ti}$, где t_i - продолжительность разряда аккумулятора, мин.

$I(t_i)$ - максимальный ток разряда при продолжительности разряда t_i .

Предварительный расчет емкости рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = k_1 \cdot I_{авар} + k_2 \cdot I_{откл},$$

где k_1 и k_2 – коэффициенты интенсивности разряда, определенные для продолжительности разряда, равной расчетной продолжительности разряда АБ (длительности аварийного режима) и максимальной продолжительности кратковременной нагрузки соответственно.

Определяем $k_1 = 2,8$ для 2-часового разряда; $k_2 = 0,7$ для минимального известного времени.

$$C_{пр} = k_1 \cdot I_{авар} + k_2 \cdot I_{откл} = 2,8 \cdot 55 + 0,7 \cdot 8 = 159,6 \text{ Ач}$$

Для компенсации снижения емкости под влиянием старения аккумуляторов в процессе эксплуатации, предварительную емкость АБ необходимо увеличить, согласно выражению:

$$C = k_э \cdot C_{пр} = 1,25 \cdot 159,6 = 200 \text{ Ач}$$

Номинальная емкость аккумуляторной батареи принимается из ряда номинальных емкостей аккумуляторов выбранного типа.

Выбираем аккумуляторную батарею емкостью 200 Ач.

Таблица 4.3 Требования к аккумуляторной батарее.

№ п / п	Технические требования (наименование параметра)	Требуемое значение
Основные технические характеристики		
1	Номинальное напряжение, В	230 В
2	Номинальная емкость АБ, Ач не менее	200Ач
3	Количество элементов с $U_{ном} = 12В$, шт	17
4	Внутреннее сопротивление 1 элемента АБ, мОм не более	3,4 мОм

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							10

№ п / п	Технические требования (наименование параметра)	Требуемое значение
5	Номинальный ток 2-часового разряда до напряжения 1,85 В/э, не менее	70 А
Режим работы		
6	Установившийся ток, потребляемый постоянной нагрузкой, А не менее	55А
7	Нормируемая продолжительность аварийного режима, ч не менее	2
8	Максимальный ток кратковременной толчковой нагрузки, А не менее	66 А
9	Максимальная продолжительность кратковременной толчковой нагрузки, сек не менее	5 сек
10	Момент появления толчковой нагрузки в аварийном режиме.	В конце разряда
11	Минимальное напряжение на элементе АБ при толчковом токе в конце разряда, В не менее	1,87
Требования к конструкции		
12	Габаритные размеры 1 элемента АБ, Д/Ш/В, мм	522/238/227
13	Поставка в состоянии, (залитая/сухозаряженная)	залитая
14	Поставка электролита, (да/нет)	нет
15	Материал бака - ударопрочная пластмасса SAN	Да
16	Полный срок службы до снижения емкости до 80% при работе в режиме постоянного подзаряда	15 лет
17	Периодичность обслуживания. не чаще 1 раза в, мес	6
18	Отпайки от элементов, (№ элементов)	нет
19	Количество циклов заряд/разряд для достижения 95% от номинальной емкости АБ при вводе в эксплуатацию для залитой, заряженной АБ, не более	1

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
11

№ п / п	Технические требования (наименование параметра)	Требуемое значение
	Комплектность	
20	Инструкция (руководство) по эксплуатации АБ на русском языке	Да
21	Наклейки с номерами элементов	Да
22	Заводской комплект для обслуживания АБ (Цифровой тестер, термометр, ареометр) 1 комплект	Да
	Примечания	
23	Оборудование должно быть аттестовано в ПАО «Россети» и соответствовать технической политике ПАО «Россети»	Да
24	Гарантийный срок службы не менее 60 мес. (5 лет) с момента ввода его в эксплуатацию	Да
25	Присутствие шеф инженера при пуско - наладочных работах	Да

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
12

5. Зарядно-подзарядные устройства

Для данного проекта, выбираем два зарядно-подзарядные устройства (ЗПУ). Номинальный ток каждого ЗПУ определен из условия возможности одновременного заряда батареи (восьмичасовым током заряда) и питания полной величины её постоянной нагрузки. («Мощность двух ЗУ, работающих параллельно на одну АБ, должна обеспечивать питание всех подключенных к комплексу СОПТ электроприемников с учетом проведения одновременно ускоренного заряда одной АБ до 90% номинальной ёмкости в течение не более 8 часов»). Приложение к приказу ОАО «ФСК ЕЭС» от 29.02.2010 №191. Пункт 6.2).

Режим работы ЗПУ – при токе меньшем, чем номинальный ток ЗПУ - один в работе, второй в горячем резерве, при токе большем, чем номинальный – параллельная работа на общую нагрузку оперативного тока. При исчезновении питающего напряжения и его последующем восстановлении ЗПУ должно автоматически восстановить режим работы и поддерживать параметры установленные до исчезновения напряжения питающей сети. Сброс аварийной индикации и аварийного сигнала после восстановления нормального режима работы должен выполняться автоматически без перезагрузки.

В зарядно-подзарядном устройстве должны быть реализованы следующие виды защиты от:

- перегрузок по току в выходной цепи с действием на ограничение выходного тока и последующей остановке ЗПУ по истечении установленного времени;
- неисправности системы охлаждения;
- перегрева выпрямительно-инверторного блока;
- повышения напряжения на АБ выше заданного значения в режиме подзаряда, с выдачей сигнала;
- исчезновения или недопустимого отклонения напряжения питающей сети более установленных допустимых значений с действием на приостановку работы ЗПУ;
- глубокого разряда АБ, при понижении напряжения на выходе ЗПУ ниже заданного значения в режиме работы от АБ с выдачей аварийного сигнала;
- недопустимых по величине перегрузок по току в выходной цепи с действием на ограничение выходного тока и последующей остановкой ЗПУ по истечении установленного времени.

Зарядно-подзарядное устройство должно обеспечивать возможность задания следующих параметров:

- количество элементов АБ;
- предельное значение начального тока заряда АБ;

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							13
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

- напряжение поддерживающего заряда АБ;
- коэффициента температурной компенсации напряжения поддерживающего заряда;
- напряжение уравнивающего заряда АБ;
- продолжительность уравнивающего заряда в интервале от 0,5 до 75 часов;
- предельное значение температуры АБ при ускоренном и уравнительном зарядах.

Расчет номинального тока ЗПУ

$I_{\text{НОМ.ЗПУ}} \geq I_{\text{ПОСТ}} + I_{\text{ЗАР. АБ(8)}}$, где

$I_{\text{ЗАР. АБ(8)}} \approx 0,1(C_{10}) = 0,1 \cdot 200 = 20\text{А}$

$I_{\text{ПОСТ}} = 18,2\text{А}$ суммарная нагрузка СОПТ в нормальном режиме работы – при наличии напряжения собственных нужд $\sim 0,4\text{кВ}$.

$I_{\text{НОМ.ЗПУ}} \geq 18,2 + 20 = 38,2\text{А}$

Выбираем ЗПУ с номинальным током 40А.

Таблица 5.1 Требования к зарядно-подзарядным устройствам

Технические параметры	Ед. измерения	Значение
Диапазон регулирования выходного напряжения	В	85 - 300
Номинальный ток	А	40
Шаг задания уставки тока заряда АБ	А	0,1
Точность стабилизации тока заряда АБ	А	$\pm 0,3$
Уровень пульсации в режиме подзаряда стабилизации напряжением	%	$0,2\% U_{\text{НОМ}}$
Номинальное значение выходного напряжения	В	≈ 220
Напряжение питания	В	$\approx 3 \times 380$
Частота переменного напряжения питания	Гц	50
Отклонение частоты питающего напряжения	%	$+5/ - 5$
Отклонение входного напряжения	%	$+10/ - 15$
Стабильность напряжения на АБ в режиме поддерживающего заряда	%	$\pm 0,5\% U_{\text{НОМ}}$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
14

Технические параметры	Ед. измерения	Значение
Эффективное значение переменной составляющей тока заряда АБ на 100 Ач номинальной емкости АБ	А	не более 5
Коэффициент мощности		не менее 0,9
Коэффициент полезного действия	%	не менее 95%
Режим заряда АБ		U, IU, IUI
Наличие датчика температуры		да
Термокомпенсация напряжения поддерживающего заряда аккумуляторов с возможностью её регулировки		да
Наличие блокировки режима уравнивающего и ускоренного заряда при неисправности принудительной приточно-вытяжной вентиляции аккумуляторного помещения		да
Встроенная микропроцессорная система контроля и управления		да
Интеграция в АСУ ТП верхнего уровня		да
Протокол интеграции в АСУ ТП		МЭК 61850
Диапазон рабочих температур	°С	+1...+45
Степень защиты		не ниже IP51
Климатические условия по ГОСТ 15150-69		УХЛ4.2
Срок службы	лет	не менее 20
Гарантийный срок эксплуатации	год	3
Наработка на отказ	час	125000

6. Щит постоянного тока

Щит постоянного тока (ЩПТ) используется для распределения электроэнергии по группам электроприемников, размещения коммутационных и защитных аппаратов, устройств мониторинга, местной сигнализации, устройств регистрации аварийных событий, устройств защиты от перенапряжений, клеммников кабельных линий.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							15
Взам. инв.№	Подп. и дата	Инд. № подл.					

На ЩПТ организованы 2 секции. Каждая секция питается через свой вводной предохранитель. Вводные предохранители расположены в шкафу ввода. Щит постоянного тока состоит из 3 шкафов. (см. 3ЗПИР-ИЛО5.1.2.ГЧ-01)

В ЩПТ для защиты от импульсных перенапряжений, обусловленных работой молниезащиты, коммутационных аппаратов, короткими замыканиями в высоковольтных распределительных устройствах рекомендуется использовать кремниевые диоды, подключаемые через плавкие предохранители между полюсами сборок и землей. Диоды должны иметь номинальный ток не менее 160 А.

На ЩПТ предусматриваются устройства сигнализации и контроля, выполняющие следующие функции:

- устройство контроля изоляции цепей оперативного тока;
- устройство автоматизированного поиска замыканий на землю в сети постоянного тока;
- устройство автоматического определения поврежденного (замыкание на землю) фидера ЩПТ;
- контроль напряжения на шинках постоянного тока и выдача сигнала о его повышении или понижении;
- контроль уровня пульсации напряжения на секции и выдача сигнала при увеличении уровня пульсации выше заданной уставки;
- устройство контроля АБ и зарядно-подзарядных агрегатов;
- устройство контроля целостности всех предохранителей и аварийного отключения всех автоматических выключателей.
- Предусматривается локальная сигнализации всех неисправностей ЩПТ и выдача в схему центральной сигнализации обобщенных сигналов неисправности и срабатывания.

На ЩПТ предусматриваются местные приборы измерения:

- тока зарядно-подзарядного агрегата;
- тока подзаряда АБ;
- напряжение на полюсах АБ относительно «земли»;
- напряжение на секциях ЩПТ.

На внешней стороне ЩПТ должна быть изображена мнемосхема щита, показывающая основные его соединения и положения, с привязкой к измерительным и коммутационным приборам.

Система управления и мониторинга СОПТ (СУМ СОПТ) обеспечивает автоматический контроль и регистрацию параметров режима СОПТ, оповещение дежурного персонала об

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							16
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

отклонениях параметров режима от допустимых значений. Передача информации в систему АСУ ТП осуществляется по протоколам МЭК 61850.

В систему регистрации аварийных событий должны передаваться следующие параметры СОПТ:

- напряжение каждого из полюсов секции относительно «земли»;
- напряжение на шинах секций между полюсами;
- ток АБ.

Измерение напряжений для целей РАС возможно осуществлять непосредственно с шин ЩПТ с использованием защитных аппаратов. Для передачи в РАС токов необходимо установить преобразователи аналоговых сигналов в 4-20 мА.

В одном из шкафов щита постоянного тока размещается блок аварийного освещения (БАО), мощностью 0,9 кВт и блок питания оперативной блокировки (БПОБР), мощностью 0,3 кВт.

Для контроля сопротивления изоляции в сети оперативного постоянного тока применяется система контроля изоляции и автоматизированного поиска «земли».

Устройство контроля изоляции обеспечивает в автоматическом режиме контроль и измерение сопротивления изоляции полюсов сети СОПТ относительно «земли» и формировать сигналы о снижении сопротивления изоляции ниже допустимых пределов:

- предупредительный «напряжение изоляции снижено» - при снижении уровня изоляции одного или одновременно двух полюсов ниже 135 кОм;
- аварийный «земля в сети» - при снижении уровня изоляции ниже 20 кОм.

Устройства контроля изоляции и поиска «земли» не должны производить помехоэмиссию в распределительную сеть СОПТ сигналов, способных вызывать ложные срабатывания РЗА. Инжектируемый в сеть ток не должен превышать 1,8 мА, а входное сопротивление полюса устройства контроля изоляции относительно «земли» не должно превышать 10 кОм.

Контроль сопротивления изоляции, выполненный на основе «Т-образной мостовой схемы с общей точкой» на базе низкоомных резисторов, не должен вызывать ложных сигналов в цепях релейной защиты в режиме контроля изоляции и поиска поврежденных присоединений.

Устройство контроля изоляции осуществляет измерение емкости сети оперативного постоянного тока и должно устойчиво работать при емкости сети до 200 мкФ.

Должно осуществляться обнаружение фидеров при многоточечных утечках тока на «землю». Работа устройства не должна влиять на функционирование потребителей постоянного тока. Датчики контроля изоляции должны быть оснащены функцией самодиагностики и световой сигнализацией состояния. При перенасыщении магнитопровода датчика контроля изоляции самовосстановление должно происходить в течении 5 секунд с сохранением контроля изоляции

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							17
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

фидеров в случае кратковременных бросков токов или наведении импульсных помех. Должна быть выполнена помехозащищенность элементов системы от помех промышленной частоты и частот гармоник ЗПУ до 300 Гц

Система поиска места повреждения изоляции, состоит из двух основных частей:

- стационарной для автоматического выявления секций шин или сборок ЩПТ, на присоединениях которых произошло снижение сопротивления изоляции относительно земли;
- переносной, в виде специализированного прибора для ручного поиска местоположения дефекта изоляции.

Устройство контроля изоляции передает в СУМ СОПТ по протоколам МЭК 61850 следующую информацию:

- сигнал «Напряжение изоляции снижено»;
- сигнал «Земля в сети»;
- измерения сопротивления изоляции полюсов относительно земли.

Таблица 5.1 Требования к щиту постоянного тока

№ п/п	Технические характеристики (наименование параметра)	Требуемое значение
1.	Основные технические характеристики	
1.1.	Изготовитель	*
1.2.	Заводской тип (марка)	*
1.3.	Номинальное напряжение, В	220
1.4.	Нормально допустимое отклонение напряжения на клеммах потребителей в режиме постоянного подзаряда АБ не более 5% от номинального значения	да
1.5.	Предельно допустимое отклонение напряжения на шинах питания устройств РЗА не должно превышать 1,1 Uном и снижаться менее 0,8 Uном (0,85 Uном на клеммах АБ)	да
1.6.	Ток термической стойкости (3 сек.), кА	3
1.7.	Ток динамической стойкости (3 сек), кА	7
1.8.	На ЩПТ должен быть предусмотрен блок аварийного освещения мощностью не менее 0,9 кВт (да/нет)	да
1.9.	На ЩПТ должен быть предусмотрен блок питания оперативной блокировки мощностью не менее 0,3 кВт (да/нет)	да

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							18
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

№ п/п	Технические характеристики (наименование параметра)	Требуемое значение
1.10.	ЩПТ должны иметь защиту от коммутационных перенапряжений в собственных цепях (защита от обратного напряжения)	да
1.11.	Количество секций на ЩПТ	2
1.12.	Количество защитных аппаратов в мультиблоках на одной секции, шт.,	16
1.13.	Тип защитных аппаратов	предохранители
1.14.	Плавкие вставки должны иметь датчики состояния	да
1.15.	Электронный прерыватель питания для организации мигающего «плюса»	да
1.16.	Перекас напряжений между полюсами сети оперативного тока не более, В	30
1.17.	Функция измерения емкости сети оперативного постоянного тока	да
1.18.	Устройство автоматического определения линии с пониженной изоляцией и автоматизированного поиска места замыкания на землю в сети постоянного тока.	да
1.18.1.	Определение сопротивления изоляции каждого полюса с функцией передачи данных в АСУ ТП	да
1.18.2.	Входное сопротивление полюса устройства контроля изоляции относительно «земли», кОм - Не более	10
1.18.3.	Диапазон определяемого сопротивления изоляции полюсов сети, кОм	1 ... 1000
1.18.4.	Количество уставок величин сопротивлений изоляций полюсов сети - 2	2, «Предупреждение» и «Авария»
1.18.5.	Время цикла контроля сопротивлений полюсов СОПТ, с, - не более	8

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

Взам. инв.№

Подп. и дата

Инд. № подл.

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
19

№ п/п	Технические характеристики (наименование параметра)	Требуемое значение
1.18.6.	Время цикла измерения сопротивлений всех присоединений, с, - не более	20
1.18.7.	Наличие функции самодиагностики датчиков	да
1.18.8.	Наличие световой сигнализации состояния датчика, его режима работы и исправности	да
1.18.9.	Наличие переносного устройства поиска фидера с пониженной изоляции.	да
2.	Система мониторинга	
2.1.	Все блоки мониторинга (УСО) ЩПТ объединяются в единую систему для дальнейшего ввода в ССПИ/АСУ ТП по стандартному протоколу интеграции	да
2.2.	Преимущественное значение имеют стандартные протоколы интеграции, содержащие метки единого времени: IEC 61850-8-1, МЭК 60870-5-101/103/104	да
2.3.	Контролируемые параметры:	
2.3.1.	Неисправность устройства контроля изоляции СОПТ	да
2.3.2.	Повышенный уровень пульсации на секции	да
2.3.3.	Напряжение секции выше допустимого	да
2.3.4.	Напряжение секции ниже допустимого	да
2.3.5.	Напряжение АБ	да
2.3.6.	Входной ток на секцию	да
2.3.7.	Переток между секциями	да
2.3.8.	Напряжение групп аккумуляторов	да
2.3.9.	Аварийное отключение вводных и секционных КА	да
2.3.10.	Аварийное отключение КА отходящих линий секции (с дискретностью до 1 шкафа)	да
2.3.11.	Предупредительный сигнал снижения изоляции	да
2.3.12.	Аварийный сигнал снижения изоляции	да
2.3.13.	Неисправность устройства контроля изоляции	да
2.3.14.	Обобщенный сигнал неисправности на ЩПТ	да
2.3.15.	Номер фидера с пониженной изоляцией	да

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		20

№ п/п	Технические характеристики (наименование параметра)	Требуемое значение							
2.4.	На ЩПТ должна быть световая сигнализация:								
2.4.1.	Перегорание плавких вставок предохранителей отходящих фидеров (обобщённый сигнал)	да							
2.4.2.	Отключение коммутационных аппаратов цепи ввода АБ и ЩПТ	да							
2.4.3.	Повышение уровня пульсаций напряжения на секции	да							
2.4.4.	Повышение уровня пульсаций тока заряда АБ	да							
2.4.5.	Повышение/понижение уровня напряжения на секции	да							
2.4.6.	Перегорание предохранителей в блоке защиты АБ	да							
2.4.7.	Обрыв цепи АБ	да							
2.4.8.	Предупредительный сигнал снижения изоляции СОПТ	да							
2.4.9.	Аварийный сигнал снижения изоляции СОПТ	да							
3.	Конструктивное исполнение								
3.1.	Внутри шкафов должно быть обеспечено размещение коммутационных и защитных аппаратов, устройств контроля изоляции, устройств мониторинга, устройств регистрации аварийных событий, блока аварийного освещения местной сигнализации, рядов зажимов для присоединения кабелей и специальные ряды зажимов для заземления экранов кабелей питания потребителей (да/нет)	да							
3.2.	Монтаж кабелей, отходящих от РУ, должен обеспечивать возможность использования токовых клещей устройства ППЗЗ	да							
3.3.	Монтаж оборудования в шкафах должен быть выполнен на DIN-рейках/ монтажных платах	да							
3.4.	Цепи вторичной коммутации должны быть проложены в кабельных каналах (коробах)	да							
3.5.	Шины в ЩПТ должны быть изолированными	да							
3.6.	Тип клеммников цепей вторичной коммутации	*							
3.7.	Тип аппаратуры цепей вторичной коммутации и КИП (промежуточные реле, контакторы, измерительные приборы и т.п.)	*							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т			Лист
									21

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

№ п/п	Технические характеристики (наименование параметра)	Требуемое значение
3.8.	Размещение измерительных приборов и устройства световой сигнализации на дверцах шкафов ЩПТ (да/нет).	да
3.9.	Органы управления и коммутации должны размещаться внутри шкафов.	да
3.10.	В ЩПТ должно быть предусмотрено место для хранения запасных плавких вставок предохранителей.	да
3.11.	Двери шкафов должны запираются на замок	да
3.12.	Наличие маркировки на проводах внутреннего монтажа в соответствии с проектом	да
3.13.	Наличие обозначения монтажных единиц в соответствии с проектом	да
3.14.	Вентиляция	Естественная
3.15.	Подвод внешних кабелей (сверху / снизу)	снизу
3.16.	Габаритные размеры шкафов без цоколя и козырька, ВхШхГ, мм	2000 x 800 x 600
3.17.	Высота цоколя, мм	200
3.18.	Высота козырька, мм	200
3.19.	Условия обслуживания (одностороннее/ двухстороннее)	двухстороннее
3.20.	Лицевая дверь	Одностворчатая, обзорная
3.21.	Задняя дверь	Двухстворчатая металлическая
3.22.	Цвет шкафов	RAL 7035
3.23.	Цвет цоколя	RAL 9005
3.24.	Масса, кг	250

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							22
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

№ п/п	Технические характеристики (наименование параметра)	Требуемое значение
3.25.	Обеспечение конструктивной возможности проведения поверки/калибровки средств измерений (в том числе, в составе технических устройств) в процессе эксплуатации	да
4.	Условия эксплуатации	
4.1.	Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15543.1	УХЛ4.2
4.2.	Верхнее предельное значение рабочей температуры окружающего воздуха, °С	+ 40
4.3.	Нижнее предельное значение рабочей температуры окружающего воздуха, °С	+ 1
4.4.	Относительная влажность воздуха при температуре + 25 °С, %	80
4.5.	Высота установки над уровнем моря, м, не более	500
5.	Требования по надёжности	
5.1.	Срок службы, не менее, лет	25
5.2.	Среднее время восстановления, не более, час	6
5.3.	Периодичность технического обслуживания, не реже, лет	*
5.4.	Гарантийный срок эксплуатации с даты ввода в эксплуатацию, не менее, лет	3
5.5.	Конструкция должна позволять ремонт и замену основных компонентов без отключения всего устройства, с сохранением питания всех основных потребителей	да
5.6.	Конструкция должна позволять замену неисправного оборудования без демонтажа исправного и обеспечивать свободный доступ к клеммам для ревизии контактных соединений	да
5.7.	Поставка запасных частей, ремонт и/или замена любого элемента оборудования в течение 20 лет с даты окончания срока гарантийного обслуживания	да
5.8.	Оборудование должно быть аттестовано в ПАО «Россети» и соответствовать технической политике ПАО «Россети»	да
6.	Комплектность поставки	

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

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

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
23

№ п/п	Технические характеристики (наименование параметра)	Требуемое значение
6.1.	Техническая и эксплуатационная документация на русском, экз./компл.	2
6.2.	Техническая и эксплуатационная документация на русском языке на электронном носителе	да
6.3.	ЗИП (в состав ЗИП должен входить 2-х кратный запас плавких вставок всех номиналов)	да
6.4.	Ключи для дверей	да
7.	Обязательства Поставщика	
7.1.	Приемка ЩПТ на заводе-изготовителе	да
7.2.	Наладка ЩПТ на объекте (да/нет)	да
7.3.	Обучение оперативного и ремонтного персонала правилам использования и обслуживания оборудования	да

Примечания:

* - представляет Поставщик.

7. Шкаф распределения оперативного тока

Шкаф распределения оперативного постоянного тока (ШРОТ) используется для распределения электроэнергии по цепям питания конечных электроприемников, размещения коммутационных и защитных отключающих аппаратов.

Шкаф ШРОТ для питания панелей защит должен располагаться в непосредственной близости от питаемых шкафов РЗА.

Секции ШРОТ должны быть запитаны от разных секций ЩПТ. Секции ШРОТ имеют возможность попарного объединения при помощи рубильников.

В качестве защитных аппаратов нижнего уровня используются автоматические выключатели. Все автоматические выключатели дополнительно оборудованы блок-контактами сигнализации положения для передачи сигналов в АСУ ТП и контактами сигнализации аварийного отключения для передачи обобщенного сигнала неисправности в АСУ ТП.

Электроприемники, чувствительные к перенапряжениям и высокочастотным помехам (микропроцессорные устройства, устройства связи, АСУ ТП) и цепи, выходящие за пределы помещения, в котором размещены ШРОТ (цепи управления приводов выключателей) должны иметь питание с разных секций ШРОТ.

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							24
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Таблица 6.1 Требования к шкафам распределения оперативного тока

№ п/п	Функции, их характеристика	Требуемое значение параметра
1	Номинальное напряжение, В	=220
2	Номинальный ток ШРОТ, А	80
3	Количество секций	4
4	Тип выключателя на вводе секции	Выключатель нагрузки
5	Наличие диода на вводе секции	да
6	Тип межсекционного выключателя	Выключатель нагрузки
7	Контроль напряжения на секции	да
8	Количество и параметры отходящих линий	2секции «Чистая зона» 2 секции «Грязная зона»
9	Число фидеров на секции «Чистая зона»	15
10	Число фидеров на секции «Грязная зона»	10
11	Тип фидерного коммутационного аппарата	Автоматический выключатель
12	Наличие независимого расцепителя	Нет
13	Обобщенный сигнал неисправности	Да, 2
14	Габаритные размеры шкафов без цоколя и козырька, ВхШхГ, мм	2000 х 800 х 600
15	Высота цоколя, мм	200
16	Высота козырька, мм	200
15	Условия обслуживания (одностороннее/двухстороннее)	двухстороннее
16	Лицевая дверь	Одностворчатая, обзорная
17	Задняя дверь	Двухстворчатая металлическая

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
25

№ п/п	Функции, их характеристика	Требуемое значение параметра
18	Цвет шкафов	RAL 7035
19	Цвет цоколя	RAL 9005
20	Количество шкафов	1

8. Блоки питания оперативной блокировки разъединителей и аварийного освещения

Для снижения вероятности влияния цепей вторичной коммутации с низким уровнем собственной надежности на цепи РЗА необходима гальваническая развязка этих цепей. К цепям с низким уровнем надежности относятся цепи оперативной блокировки разъединителей и аварийного освещения. С целью гальванической развязки данных цепей от остальной СОПТ их питание осуществляется через DC/DC преобразователи. Блоки аварийного освещения и питания оперативной блокировки размещаются в одном из шкафов ЩПТ. Питание БАО и БПОБР осуществляется от ЩПТ и предусматривать гальваническое отделение цепей блокировки от ЩПТ применением не менее двух параллельно работающих преобразователей DC/DC.

Защита от КЗ в цепях отходящих присоединений за DC/DC преобразователями осуществляется:

– электромагнитными элементами модульных АВ. Для этих целей вторичные цепи преобразователей должны быть оснащены конденсаторами емкостью не менее 400 мкФ (внутренними или внешними);

– тепловыми элементами модульных АВ. Для этих целей должны выполняться следующие условия:

- $I_{номАВ} \leq 1/4 I_{DC/DC}$ суммарный;
- $I_{нагрузки}$ суммарный $\leq 1/2 I_{DC/DC}$ суммарный;
- сечение жил отходящих кабелей $\geq 1,5 \text{ мм}^2$;
- длина отходящих кабелей $\leq 400 \text{ м}$.

Резервирование АВ может осуществляться одним из следующих способов (уточняется на стадии выполнения РД):

– внутренней защитой минимального напряжения с выдержкой времени самого DC/DC преобразователя с действием на его отключение;

– внешней защитой минимального напряжения с выдержкой времени с действием на независимый расцепитель АВ на входе DC/DC преобразователя.

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							26
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

В соответствии с вышеприведенными требованиями предварительно выбираются DC/DC преобразователи с $I_{ном}=5A$, автоматические выключатели с $I_{ном}=2A$, сечение жил отходящих кабелей $2,5 \text{ мм}^2$.

9. Сечения кабелей

Для питания потребителей системы постоянного тока, включая цепи вводов рабочего питания ЩПТ от АБ, следует использовать кабели с медными жилами и изоляцией из не поддерживающего горение поливинилхлоридного пластика.

Сечение жил отходящих кабелей выбирается с запасом, для уменьшения падения напряжения в кабеле при работе в автономном режиме от аккумуляторной батареи, а также для повышения чувствительности защитных элементов автоматических выключателей.

Выбор кабелей производится по допустимому длительному току и допустимому падению напряжения. В соответствии с ПУЭ гл. 3.4.5: «Для цепей оперативного тока потери напряжения от источника питания должны составлять до панели устройства или до электромагнитов управления, не имеющих форсировки - не более 10% при наибольшем токе нагрузки».

Проверка кабелей на допустимое падение напряжения

От АБ до МП терминалов

Производителями терминалов гарантируется нормальная работа при понижении напряжения питания не менее $0,5U_{ном}$. Для промежуточных реле гарантированным напряжением нормальной работы является $U = 0,7U_{ном}$. Напряжение источника питания, при котором все устройства будут гарантированно работать с учетом коэффициента надежности принимаем $0,8U_{ном}$, следовательно, падение напряжения на кабеле от АБ до терминала не должно превышать этого значения.

Сопротивления от АБ до ЩРОТ были рассчитаны в разделе 3.3:

Рошаб=7,68 мОм;

$R_{кб1}=3,93 \text{ мОм}$;

$R_{кб2}=86 \text{ мОм}$.

Сопротивление кабеля от ЩРОТ до шкафов релейной защиты:

$$L=20 \text{ м}, S=1,5 \text{ мм}^2 R_{кб4} = \frac{0,0172 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 2}{1,5} = 459 \text{ мОм}.$$

Потребление одного устройства и включенных на этот же оперативный ток реле составит 0,5А. Определим падение напряжения на участке от АБ до устройства

$$\Delta U_{рз} = \text{Рошаб} \cdot I_{толч} + R_{кб1} \cdot I_{сек} + R_{кб2} \cdot I_{пост} + R_{кб4} \cdot I_{рз}, \text{ где}$$

$$\Delta U_{рз} = (7,68 \cdot 63 + 3,93 \cdot 31,5 + 86 \cdot 10 + 459 \cdot 0,5) \cdot 10^{-3} \approx 1,7 \text{ В}$$

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							27
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

При выборе батареи было определено минимально допустимое напряжение на элементе $U_{эл\ min} = 1,87В$ соответственно $U_{аб\ мин\ расч} = U_{эл\ min} \cdot N = 1,87 \cdot 34 \cdot 3 = 190,7В$

Должно соблюдаться условие:

$$\Delta U_{рз} < U_{аб\ мин\ расч} - 0,8 \cdot U_{аб\ ном}$$

$$1,7 < 190,7 - 176.$$

$$1,7 < 14,7.$$

От АБ до электромагнитов управления

Проверка выполнена при выборе аккумуляторной батареи, см раздел 3.3

Проверка выполнена для самых тяжелых условий (удаленные потребители, питание по кабелям минимального сечения), при этом по падению напряжения кабели проходят с большим запасом.

Использование кабеля с меньшим сечением приведет к уменьшению величины токов короткого замыкания, что может привести к недостаточной чувствительности автоматических выключателей и предохранителей (см. далее расчет токов КЗ).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т						
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата				

10. Расчет токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания в цепях системы оперативного постоянного тока производится с целью выбора электрооборудования по условиям термической и электродинамической стойкости, отключающей способности, а также с целью определения параметров настройки защит и защитных аппаратов, установленных в сети.

Расчет выполняется в соответствии с ГОСТ 29176-91 «Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчета в электроустановках постоянного тока.

Расчет токов КЗ за вводными предохранителями

Определяется сопротивление АБ.

$R_{AB} = R_{\text{Э}} \cdot n$, где

$R_{\text{Э}}$ - сопротивление одного элемента, $R_{\text{Э}} = 1,7 \text{ мОм}$

$n = 34$ – число аккумуляторов в батарее.

$R_{AB} = 1,7 \cdot 34 = 57,8 \text{ мОм};$

Ранее было определено сопротивление от АБ до ЩПТ

$R_{\text{ошаб}} = 7,68 \text{ мОм};$

$I_{\text{КЗМ}} = \frac{E_{AB}}{R_{\text{КЗ}}}$, где E_{AB} – ЭДС батареи, которая рассчитывается как:

$E_{AB} = n \cdot (0,84 + \rho)$

где ρ – плотность электролита, в конце разряда имеет значение - 1,3 кг/л при 20°C.

n – количество элементов АБ

$E_{AB} = 34 \cdot 3 \cdot (0,84 + 1,3) = 218,3 \text{ В}$

Определим ток КЗ за вводными предохранителями.

$I_{\text{КЗМ}}(1)_{\text{max}} = \frac{218,3 \cdot 10^3}{57,8 + 7,68} = 3334 \text{ А}$

Определяется ток КЗ с учетом сопротивления дуги. По характеристике $K_c = f(R_{\text{ВН}})$, см. рисунок 1, определяется для $R_{\text{КЗ}} = 65,5 \text{ мОм}$, $K_c = 0,59$.

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							29
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

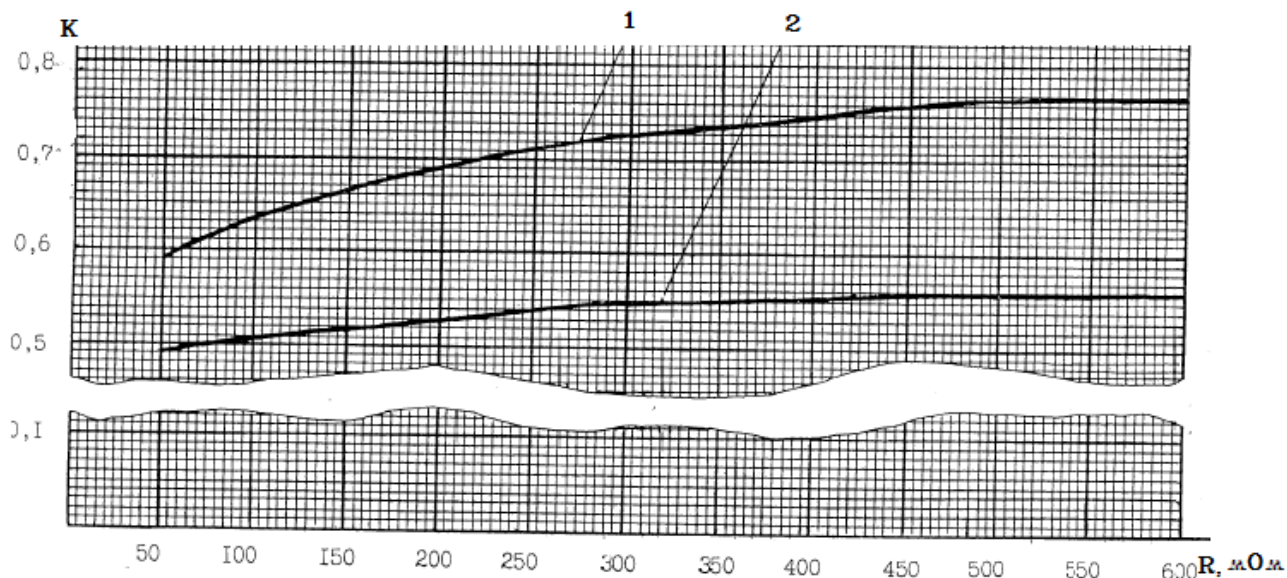


Рисунок 1. Зависимость величины K_c от сопротивления цепи короткого замыкания.

График 1 – для амплитудных значений тока КЗ.

График 2 – установившийся процесс дугового замыкания

Определяется величина тока КЗ с учетом сопротивления дуги

$$I_{KЗ(1)д} = I_{KЗМ} \cdot K_c = 3334 \cdot 0,59 = 1967A.$$

Расчет токов КЗ на шинах ЩПТ

Ранее было определено сопротивление от АВ до ЩПТ (до предохранителя):

$$R_{кб1} = 3,93 \text{ мОм}; R_{кзщпт} = 3,93 + 65,5 = 69,41 \text{ мОм}$$

$$I_{KЗМ(2)max} = \frac{218,3 \cdot 10^3}{69,41} = 3145A; k2 = I_{кзд} = I_{KЗМ} \cdot K_c = 3145 \cdot 0,59 = 1856A.$$

Расчет токов КЗ для всех точек СОПТ производится по вышеуказанным формулам.

Результаты расчетов сведены в таблицу 10.1.

В качестве расчетных точек принимаем режим КЗ у самого ближнего и самого дальнего потребителя, а также КЗ у потребителя за АВ с самым маленьким и самым большим номинальным током. Таким образом охватывается весь диапазон вариантов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т						
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата				

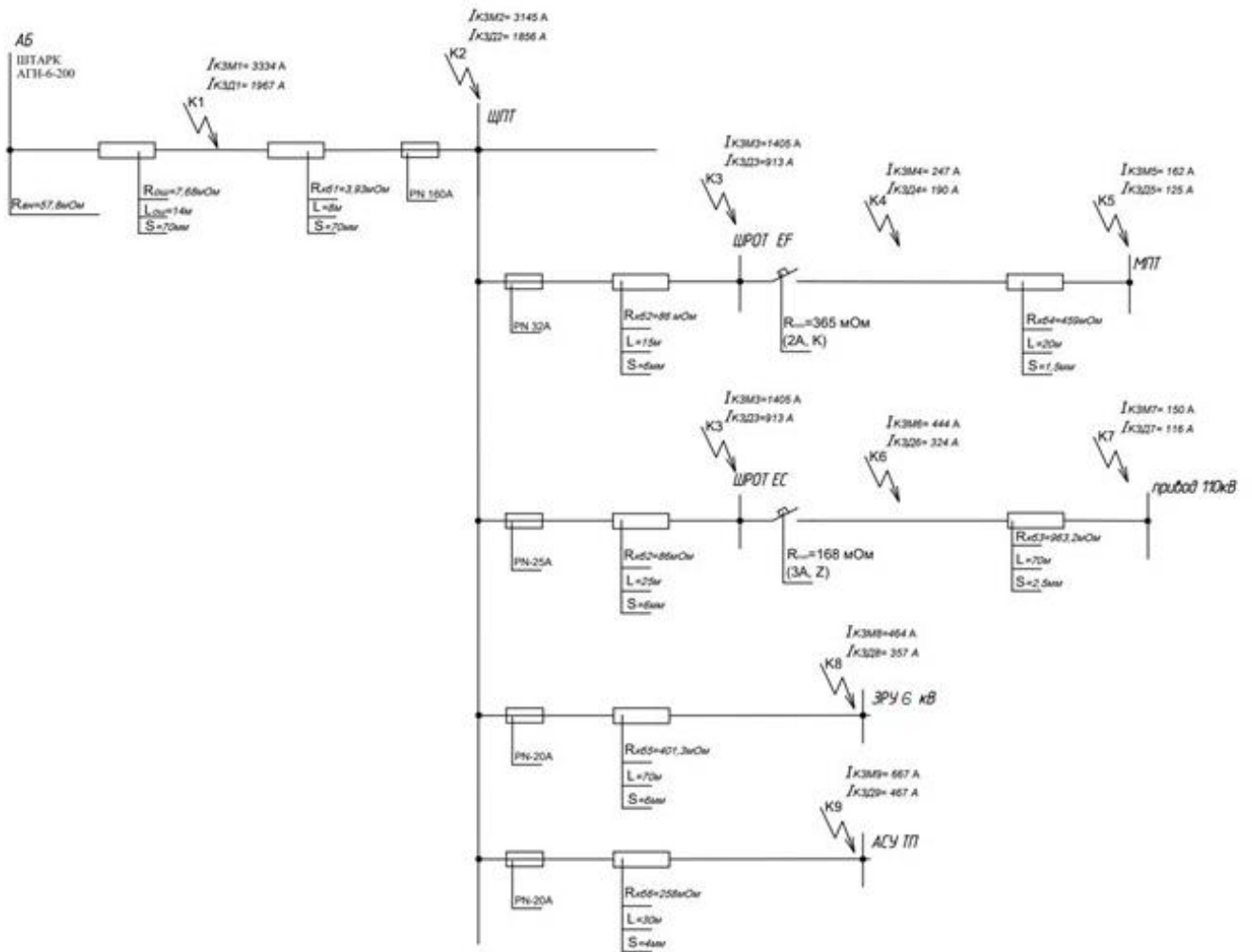


Рисунок 2. Расчетные точки коротких замыканий

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

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

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист

31

Таблица 10.1 Сводная таблица токов КЗ

№ точки КЗ	Направление	Длина кабеля, м./сопротивления АВ мОм	Сечение кабеля, мм ² .	Σ сопротивление до точки КЗ, мОм	Ток КЗ, А	Ток дугового КЗ, А
К1	От АВ до ввода ЩПТ(с учетом сопротивления АВ)	14	70	65,48	3334	1967
К2	На шинах ЩПТ	8	70	69,41	3145	1856
К3	Шинки ШРОТ	15	6	155,41	1045	913
К4	ШРОТ с учетом АВ-К2 - питание терминалов	365 мОм		885,4	247	190
К5	Шкаф РЗ	20	1,5	1344,4	162	125
К6	ШРОТ РЩ с учетом АВ-З3 - питание ЭМО	168		491,4	444	324
К7	ЭМО 110	70	2,5	1454,6	150	116
К8	ЗРУ 6 кВ	70	6	470,71	464	357
К9	АСУ ТП	30	4	258	667	467

Расчет выполнен для всех вариантов потребителей.

11. Выбор аппаратов трехуровневой системы защиты

В СОПТ предусматривается трехуровневая защита:

Нижний уровень – защита потребителей постоянного тока (устройства РЗА, ПА, управления высоковольтных выключателей) и кабелей, идущих до них;

Средний уровень – защита шин питания питающих потребителей постоянного тока и кабелей, идущих к ним от ЩПТ;

Верхний уровень – защита шин ЩПТ.

Требования к защитным аппаратам:

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							32
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

– аппараты должны обладать достаточной отключающей способностью, электродинамической и термической стойкостью к действию токов КЗ;

– аппараты должны обеспечивать надёжное отключение всех видов металлических и дуговых КЗ в защищаемых участках сети за минимально возможное по уровням селективности время;

– аппарат должен быть отстроен от излишних срабатываний при допустимых для сети и электрооборудования перегрузках;

– Защитные аппараты должны обеспечивать отключение коротких замыканий в любой точке СОПТ, сопровождающихся снижением напряжения на сборках ЩПТ и ШРОТ глубиной более 50% со временем, не превышающим 50 мс, так как снижение напряжение на общих шинах может приводит к перезагрузке микропроцессорных терминалов

Должно быть обеспечено дальнейшее резервирование автоматических выключателей действием защиты 2-го уровня.

Использование предохранителей на верхнем и среднем уровне защиты позволяет выстроить чувствительную к удалённым токам КЗ и в тоже время селективную защиту, а время срабатывания предохранителя в основной зоне, не превышающее 10 мс, обеспечивает работу без перезагрузка микропроцессорных терминалов при ликвидации коротких замыканий.

Современные предохранители, удовлетворяющие нижеприведенным требования также удобны и надежны в эксплуатации, как и автоматические выключатели.

Требования к защитным аппаратам с плавкими вставками:

– Конструкция защитных устройств верхних уровней должна обеспечивать их безопасное обслуживание и замену плавких вставок под напряжением.

– Комбинированные коммутационно-защитные аппараты с плавкими вставками должны иметь датчики положения «включено/отключено», а сигналы с датчиков должны передаваться в АСУ ТП.

– Количество запасных плавких вставок должно быть не менее удвоенного количества вставок, установленных в СОПТ, номинальные параметры запасных вставок должны соответствовать установленным в СОПТ.

– При срабатывании плавкого предохранителя, замене подлежат плавкие вставки в обоих полюсах.

12. Аппараты нижнего уровня защиты

Для питания непосредственно потребителей на РЩ установлен шкаф оперативного постоянного тока. В шкафу установлены автоматические выключатели с характеристикой

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							33
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

срабатывания типа Z для питания электромагнитов отключения и автоматические выключатели с характеристикой срабатывания типа K для питания микропроцессорных устройств.

Ток срабатывания ЭМР АВ связан с номинальным током АВ и коэффициентом уставки, т.е. $I_{CP} = I_{НОМ} \cdot K_u$. Для автоматических выключателей с характеристикой типа «К» коэффициент уставки $K_u = \frac{I_{c.p.}}{I_{НОМ}} = 11 \div 18$,

а АВ с характеристикой типа «Z» имеет $K_u = 3 \div 4$.

Автоматические выключатели нижнего уровня, от которых питаются микропроцессорные терминалы, должны быть отстроены от пусковых токов блоков питания этих терминалов. Пусковые токи импульсных блоков питания составляют около 18 А. Все автоматические выключатели, выбранные для этих целей, имеют характеристику «К» и номинальный ток равный 2А, т.е. минимальный ток срабатывания электромагнитного элемента этих автоматов = 22А, что превышает пусковые токи МП терминалов.

Коэффициент чувствительности АВ определяется из величины максимальных погрешностей, суммарная токовая погрешность которых не превышает 20% от тока срабатывания и коэффициента запаса равного $K_3 = 1,1-1,15$. Коэффициент чувствительности в конце основной зоны $K_{ч}$ должен быть не менее 2.

При определении тока K_3 с учетом сопротивления дуги $K_{ч}$ может быть снижен при K_3 в конце зоны до 1,3 и 1,8 соответственно.

$K_{ч} = \frac{I_{кзМ} \cdot K_c}{I_{c.p.}}$, где $I_{кзМ}$ – ток металлического КЗ в конце защищаемой зоны.

K_c – коэффициент снижения тока металлического КЗ (определяется по характеристике зависимости K_c от сопротивления внешней цепи), для учета сопротивления дуги.

Проверка АВ питания терминалов

Ток срабатывания ЭМР при $K_u = 20$, $I_{CP} = K_u \cdot I_{НОМ} = 18 \cdot 2 = 36$ А.

КЗ в конце кабеля питания терминала

$I_{кзМ5} = 162$ А, $I_{кзД5} = 125$ А.

Определяется коэффициент чувствительности

$$K_{чМ} = \frac{I_{кзМ}}{I_{CPK2}} = \frac{162}{36} = 4,5$$

$$K_{чД} = \frac{I_{кзД}}{I_{CPK2}} = \frac{125}{36} = 3,5$$

Чувствительность достаточна.

Проверка АВ питания ЭМО 110 кВ

Автоматические выключатели нижнего уровня, от которых питаются электромагниты отключения, должны быть отстроены от пусковых токов нагрузки.

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							34
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Ток нагрузки $I_{\text{но}} = 2\text{А}$, $K_{\text{отс}} = 1,5$,

$I_{\text{пв}} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нагр}} = 2 \cdot 1,5 = 3\text{А}$.

Выбираем автоматические выключатели с характеристикой «Z» и номинальным током равным 3А

Ток срабатывания ЭМР при $K_{\text{у}} = 4$, $I_{\text{ср}} = K_{\text{у}} \cdot I_{\text{ном}} = 4 \cdot 3 = 12\text{А}$.

КЗ в конце кабеля питания ЭМО 110

$I_{\text{кЗМ}} = 150\text{А}$, $I_{\text{кЗД}} = 116\text{А}$.

Определяется коэффициент чувствительности

$$K_{\text{чМ}} = \frac{I_{\text{кЗМ}}}{I_{\text{срЗ3}}} = \frac{150}{12} = 12,5$$

$$K_{\text{чД}} = \frac{I_{\text{кЗД}}}{I_{\text{срЗ3}}} = \frac{116}{12} = 9,7$$

Чувствительность достаточна.

12.1 Аппараты среднего уровня защиты.

Защита шинок РЗА.

При выборе предохранителя должна быть выполнена отстройка тока срабатывания от тока нагрузки. Ток нагрузки $I_{\text{нагр}} = 20\text{А}$, $K_{\text{отс}} = 1,5$,

$I_{\text{пв}} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нагр}} = 20 \cdot 1,5 = 30\text{А}$.

Выбирается предохранитель $I_{\text{ном}} = 32\text{А}$.

Для защиты устройств РЗА выбраны автоматические выключатели с $I_{\text{ном}} = 2\text{А}$ и током срабатывания $I_{\text{ср}} = 18 \cdot 2 = 36\text{А}$. Характеристика данного АВ наносится на график ампер-секундных характеристик семейства предохранителей типа NH-00/000, см. рисунок 3.

Сравнивая положение характеристики для автоматических выключателей питающих устройства РЗА с характеристиками предохранителей видно, что предохранитель с плавкой вставкой с $I_{\text{ном}} = 32\text{А}$ соответствует условиям селективности.

Таблица 12.1 Времена срабатывания предохранителя ($I_{\text{ном}} = 32\text{А}$)

Место КЗ	Ток КЗ (А)	Время срабатывания (сек)
За предохранителем	1856	<0,001
В конце защищаемой зоны	913	< 0,001
В начале зоны резервирования (АВ 2А, $t=0.004\text{с}$)	247	0,2

Взам. инв.№	Подп. и дата	Инв. № подл.	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т						Лист
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	35

В конце зоны резервирования	162	4
-----------------------------	-----	---

Защита кабелей, идущих к ЭМО 110 кВ

При выборе предохранителя должна быть выполнена отстройка тока срабатывания от тока нагрузки. Ток нагрузки $I_{НАГР} = 11\text{А}$, $K_{отс} = 1,5$,

$$I_{пв} = K_{отс} \cdot I_{НАГР} = 11 \cdot 1,5 = 16,5\text{А}.$$

Выбирается предохранитель $I_{ном} = 20\text{А}$.

Для защиты оборудования выбраны автоматические выключатели с номинальным током: $I_{ном} = 3\text{А}$ и током срабатывания $I_{с.р.} = 4 \cdot 3 = 12\text{А}$. Характеристика данного АВ наносится на график ампер-секундных характеристик семейства предохранителей типа NH-00/000, см. рисунок 3.

Сравнивая положение характеристики для автоматических выключателей питающих устройства РЗА с характеристиками предохранителей видно, что предохранитель с плавкой вставкой с $I_{ном} = 20\text{А}$ не соответствует условиям селективности для полученных токов КЗ.

Таблица 12.2 Времена срабатывания предохранителя ($I_{ном} = 20\text{А}$)

Место КЗ	Ток КЗ (А)	Время срабатывания (сек)
За предохранителем	1856	<0,001
В конце защищаемой зоны	913	< 0,001
В начале зоны резервирования (АВ 3А, $t=0.004\text{с}$)	444	0,005
В конце зоны резервирования	150	0,3

Выбираем предохранитель с плавкой вставкой с $I_{ном} = 25\text{А}$

Таблица 12.3 Времена срабатывания предохранителя ($I_{ном} = 25\text{А}$)

Место КЗ	Ток КЗ (А)	Время срабатывания (сек)
За предохранителем	1856	<0,001
В конце защищаемой зоны	913	< 0,001
В начале зоны резервирования (АВ 3А, $t=0.004\text{с}$)	444	0,01

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
36

Селективность для предохранителя с $I_{ном} = 25A$ соблюдается.

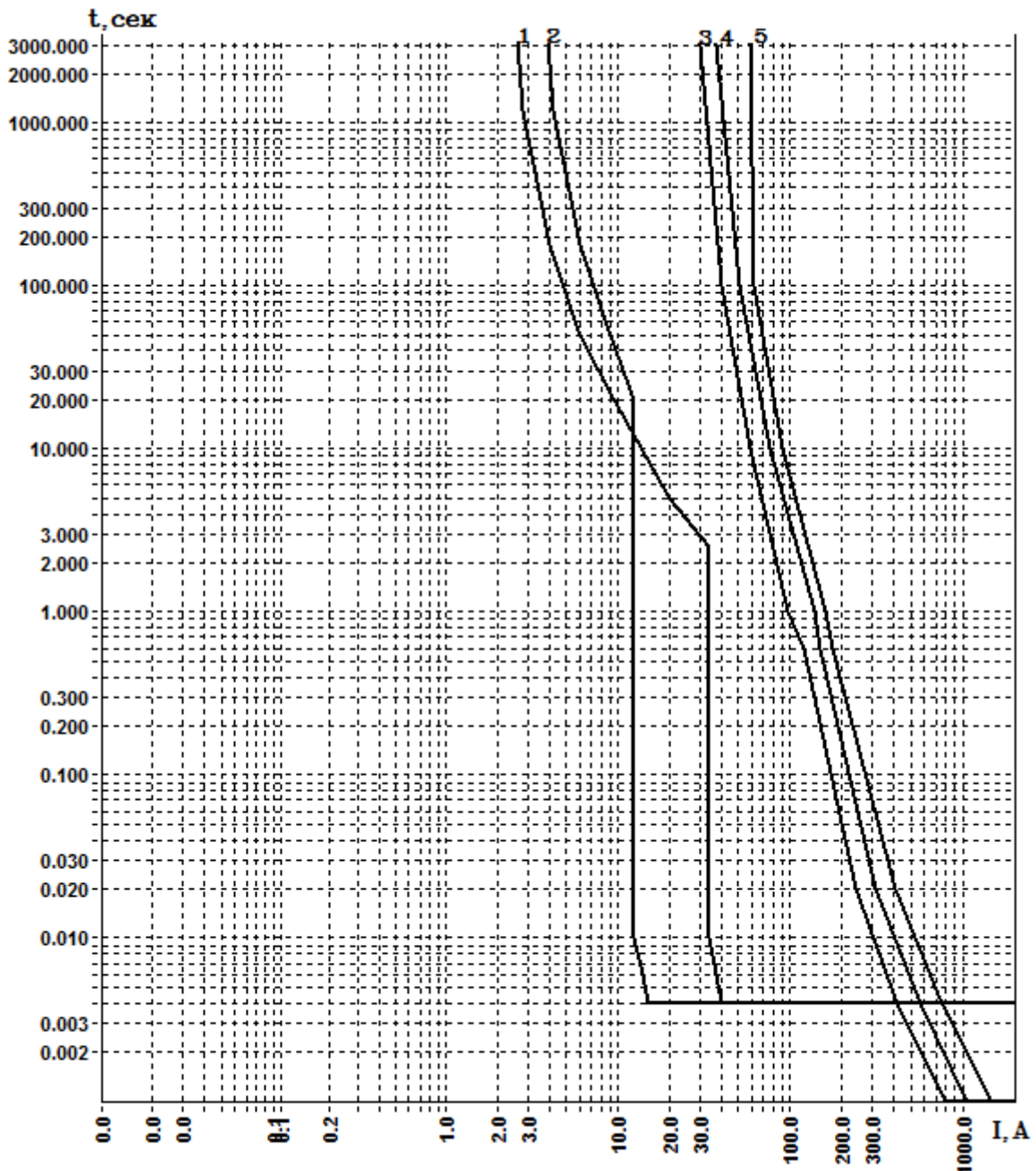


Рисунок 12.1. Карта селективности предохранителей и автоматических выключателей.
 График 1 – Автоматический выключатель с характеристикой срабатывания K, $I_{ном}=2A$
 График 2 – Автоматический выключатель с характеристикой срабатывания Z, $I_{ном}=3A$
 График 3 – Предохранитель с плавкой вставкой $I_{ном}=20A$
 График 4 – Предохранитель с плавкой вставкой $I_{ном}=25A$
 График 5 – Предохранитель с плавкой вставкой $I_{ном}=32A$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №						
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т		
							Лист	
							37	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Защита кабелей питания ЗРУ 6 кВ.

По одному кабелю могут питаться две секции ЗРУ 6 кВ.

Принимаем $I_{\text{НАГР}} = 12\text{А}$, $K_{\text{отс}} = 1,5$,

$I_{\text{пв}} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{НАГР}} = 12 \cdot 1,5 = 18\text{А}$.

Выбирается предохранитель $I_{\text{ном}} = 20\text{А}$.

Таблица 10.4 Времена срабатывания предохранителя ($I_{\text{ном}} = 20\text{А}$)

Место КЗ	Ток КЗ (А)	Время срабатывания (сек)
За предохранителем	1856	<0,001
В конце защищаемой зоны	357	0,006

Защита кабелей питания АСУ ТП.

Система АСУ ТП может потреблять до 2,7 кВт. $I_{\text{асу}}=12,3\text{А}$;

$I_{\text{пв}} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{НАГР}} = 11,5 \cdot 1,5 = 18\text{А}$.

Выбирается предохранитель $I_{\text{ном}} = 20\text{А}$.

Таблица 10.5 Времена срабатывания предохранителя ($I_{\text{ном}} = 20\text{А}$)

Место КЗ	Ток КЗ (А)	Время срабатывания (сек)
За предохранителем	1856	<0,001
В конце защищаемой зоны	467	0,003

12.2 Аппараты верхнего уровня защиты

Аппараты должны защищать главные шинки ЩПТ (основная зона защиты), а также шинки, питающие устройства РЗА и шинки питающие цепи управления высоковольтных выключателей (зона резервирования при отказе предохранителей, защищающих эти шинки).

Выбор характеристик «головного» предохранителя по отстройке от толчкового тока в ремонтном режиме. Кроме того, «головной» предохранитель должен быть выше на две ступени селективности секционного предохранителя.

$I_{\text{пв}} = K_{\text{отс}} \cdot I_{\text{НАГР}} = 63 \cdot 1,5 = 94,5\text{А}$

Выбираем секционный предохранитель с $I_{\text{ном}}=100\text{А}$.

Выбираем вводной предохранитель с $I_{\text{ном}}=160\text{А}$

Таблица 12.6 Времена срабатывания предохранителя ($I_{\text{ном}} = 160\text{А}$)

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
39

Место КЗ	Ток КЗ (А)	Время срабатывания (сек)
В конце защищаемой зоны	1856	0,09
В конце зоны резервирования	913	6

12.3 Отключающая способность защитных аппаратов

Максимальный ток короткого замыкания, который способна выдать АБ 3,5 кА, при этом отключающая способность защитных аппаратов:

- автоматических выключателей – 10 кА;
- предохранителей – 120 кА.

Отключающая способность всех защитных аппаратов СОПТ достаточна.

12.4 Определение остаточного напряжения.

Одной из отличительных особенностей устройств защиты и автоматики, выполненных на микропроцессорных терминалах от устройств, выполненных на электромеханической и микроэлектронной базе, является потерями работоспособности при снижении напряжения питания на величину более $50\%U_{ном}$ на время более 50 мсек. Короткие замыкания в системе постоянного оперативного тока, отключаемые с большей выдержкой времени и с большим снижением напряжения, вызовут перезагрузку защит неповрежденных фидеров. Поэтому первым, дополнительным требованием к защитным аппаратам системы постоянного оперативного тока является требование по быстродействию. При снижении напряжения на питающих шинках более чем на $50\% U_{ном}$ время отключения короткого замыкания должно быть менее 50 мсек.

Все предохранители в своей основной зоне срабатывают за время, не превышающее 10 мс, следовательно, предложенный настоящим проектом выбор номиналов защитных устройств гарантирует работу без перезагрузки микропроцессорных терминалов при ликвидации коротких замыканий без учета резервирования.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата

29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т

Лист
40

13. Проверка кабелей на термическую стойкость и на невозгорание при длительном отключении коротких замыканий

Проверка на термическую стойкость – проверка возможности кабеля выдержать КЗ в кабеле в течении времени работы основной защиты данного кабеля. После отключения КЗ кабель может эксплуатироваться дальше (т.е. термический эффект от КЗ не вызвал никаких оплавлений изоляции и т.п.).

Проверка на невозгораемость – проверка кабеля на возможность выдержать (без воспламенения) ток КЗ в кабеле в течении времени работы резервной защиты (при отказе основной). Температура кабеля не должна превышать 350 °С.

Таблица 13.1. Таблица проверки кабелей

Уровень	Кабель – откуда-куда	Условия проверки	Основная защита	Резервная защита
2 уровень (средний уровень)	Кабели отходящие от ЩПТ до ШРОТ, приводов выключателей, ЗРУ, АСУ ТП, ЦС	по термической стойкости	Предохранитель среднего уровня	-
3 уровень (нижний уровень)	Кабели отходящие от ШРОТ до МП терминалов, ЭМО	по термической стойкости по невозгоранию	Автоматический выключатель	Предохранитель среднего уровня

13.1 Проверка кабелей нижнего уровня

Проверка кабелей нижнего уровня должна осуществляться и на термическую стойкость, и на невозгораемость.

Проверка кабелей на термическую стойкость осуществляется по формуле

$$I_{\text{ПРЕД.ДОП}} = \frac{C \cdot S}{\sqrt{t_{\text{откл}}}}$$

где C – постоянная, для медных кабелей с ПВХ изоляцией = 120 А·с^{0.5}/мм²,

S – сечение жил кабеля, t_{откл} – время отключения тока КЗ.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							41

Проверка кабеля на невозгораемость представляет собой расчету температуры кабеля после КЗ и сравнение ее с 350 °С.

Расчет температуры жилы кабеля по окончанию КЗ:

$$\vartheta_K = (\vartheta_H + \beta) \cdot \exp \left[\frac{I_{КЗ}^2 \cdot t_K}{K^2 \cdot S^2} \right] - \beta;$$

$K = 226 \text{ A} \cdot \sqrt{\text{с}}/\text{мм}$ – постоянная;

β - величина, обратная температурному коэффициенту сопротивления при 0° С,

$\beta = 228 \text{ }^\circ\text{C}$, для меди,

$\beta = 148 \text{ }^\circ\text{C}$, для алюминия,

$I_{КЗ}$ – ток КЗ (А),

t – время отключения КЗ (с),

S – сечение жилы кабеля, мм^2 .

ϑ_H - начальная температура, можно принять близкой к длительно допустимой (70°С).

Таблица 13.2. Таблица проверки кабелей нижнего уровня

Кабель откуда-куда	Условия проверки	Исходные данные	Результаты расчета	Вывод
Кабель от ШРОТ до шкафа РЗ	по термической стойкости	сечение 1,5 мм ² I _{кз.мет} = 247 А totкл = 0,004 сек.	I _{пред.доп} = 2848 А	2848 > 2 47
	по невозгоранию	сечение 1,5 мм ² I _{кз.дуг} = 125 А totкл = 4 сек.	υ _к =285,34° С	285 °С < 350 °С
Кабель от ШРОТ до	по термической стойкости	сечение 2,5 мм ² I _{кз.мет} = 444 А	I _{пред.доп} = 4747 А	4747 > 4 44

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							42
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

ЭМО 110 кВ		totкл = 0,004 сек.		
	по невозгоранию	сечение 2,5 мм ² Iкз.дуг = 116 А totкл = 4 сек.	υк=124,7°С	125 °С< 350 °С

Вывод: Кабели нижнего уровня проходят по всем условиям.

13.2 Проверка кабелей среднего уровня

Для кабелей среднего уровня необходимо проверять только термическую стойкость, т.к. отказ предохранителя невозможен.

Проверка кабелей на термическую стойкость осуществляется по формуле

$$I_{\text{пред.доп}} = \frac{C \cdot s}{\sqrt{t_{\text{откл}}}}$$

где C – постоянная, для медных кабелей с ПВХ изоляцией = 120 А·с^{0.5}/мм²,

S – сечение жил кабеля, t_{откл} – время отключения тока КЗ.

Таблица 13.3. Таблица проверки кабелей среднего уровня

Кабель откуда-куда	Условия проверки	Исходные данные	Результаты расчета	Вывод
Кабель от ЩПТ до ШРОТ	по термической стойкости	сечение 6 мм ² Iкз = 1045 А totкл = 0,001 сек.	Iпред.доп = 22768 А	22768 > 1045
Кабель от ЩПТ до ЗРУ	по термической стойкости	сечение 6 мм ² Iкз. = 464 А	Iпред.доп = 11384	11384 > 464

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							43

		totкл = 0,004 сек.		
Кабель от ЩПТ до АСУ ТП	по термической стойкости	сечение 4 мм ² Iкз = 667 А totкл = 0,003 сек.	Пред.доп = 8761А	8763>6 67

Вывод: Кабели среднего уровня проходят проверку по условиям термической стойкости.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
								44
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док		Подпись

14. Регистрация аварийных событий

В качестве системы РАС принят распределенный комплекс регистрации, имеющий в своем составе блоки миллиамперных входов - могут быть выполнены непосредственно на напряжение до 600 В или ток до 50 мА. Данные блоки устанавливаются в шкафу РАС, для записи переходных электромагнитных процессов в цепях АБ – КЗ, «земля» на плюсе или на минусе АБ. Данные по контролируемым параметрам даны в табл. № 12.1.

Таблица 14.1 Таблица аналоговых сигналов РАС

№ п/п	Элемент	Регистрируемый параметр	Един. измер.	Макс. значение	Коэфф. трансф.	Тип сигнала	Условия пуска	Уставки
ЩПТ								
1	ЩПТ	U сек. 1 «+», «-»	В	300В	Нет	=	Max, Min.	174, 242В
2	ЩПТ	U сек. 2 «+», «-»	В	300В	Нет	=	Max, Min.	174, 242В
3*	ЩПТ	U сек. 1 «+» на зем U сек. 1 «-» на зем..	В	200В	Нет	=	Max, Min.	80, 160В
4*	ЩПТ	U сек. 2 «+» на зем U сек. 2 «-» на зем..	В	200В	Нет	=	Max, Min.	80, 160В

*Внутреннее сопротивление шлейфа не менее 1 МОм

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

15. Метрологическое обеспечение

Средствами измерения (СИ) основных параметров СОПТ являются:

- Для ЗПУ:
 - Цифровые однострочные приборы измерения выходного тока и напряжения;
- Для ЩПТ:
 - Цифровые однострочные приборы измерения тока (подзаряда/разряда) и напряжения АБ;
 - Цифровые однострочные приборы измерения напряжения на секциях ЩПТ (общее и между полюсами и землей);

Для метрологического обеспечения (МО) СИ должно быть предусмотрено выполнение ряда требований:

- СИ должны поставляться с комплектом документов, необходимых для организации МО:
 - заводской паспорт (с отметкой о первичной поверке СИ);
 - свидетельство о поверке СИ (сертификаты о калибровке/протоколы калибровки СИ);
 - руководство по эксплуатации;
 - свидетельство об утверждении типа СИ, описание типа и методики поверки (при отсутствии методики калибровки), в соответствии с порядком проведения поверки, утвержденном Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 №1815, допускается 1 экземпляр/копию на группу однотипных СИ.
- Для СИ, применяемых для наблюдения за технологическими параметрами, точность которых не нормируется, должен быть проведен контроль исправности.
- На этапе ввода в эксплуатацию СИ должны иметь акты ввода в эксплуатацию.
- Все вновь закупаемые и устанавливаемые СИ должны иметь срок до окончания интервала поверки на момент ввода СИ (измерительного комплекса или системы) в постоянную эксплуатацию не менее половины интервала поверки.
- Конструктивное исполнение СИ должно позволять проводить в процессе всего срока их эксплуатации поверку и калибровку.

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

						29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							46
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

- СИ, входящие в состав технических устройств и являющиеся их неотъемлемой частью, должны иметь возможность поверки/калибровки на месте эксплуатации без демонтажа или иметь межповерочный интервал, равный сроку службы оборудования, на котором установлено СИ.
- Для поставляемых СИ предусматривается наличие обменного фонда для СИ.
- СИ должны быть обеспечены поверкой/калибровкой, техническим обслуживанием и ремонтом в регионе эксплуатации.
- При прочих равных предпочтение стоит отдавать СИ с увеличенным интервалом метрологического контроля (поверки/калибровки). Для снижения количества выводов оборудования для технического обслуживания рекомендуется при прочих равных выбирать СИ с интервалом метрологического контроля (поверки/калибровки), совпадающим с периодами ремонта первичного оборудования.

Единицы величин необходимо применять в соответствии с ГОСТ 8.417-2002 и «Положением о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2009 г. №879.

Методы измерения, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны удовлетворять следующим требованиям:

- разработаны в соответствии с ГОСТ Р 8.63-2009;
- аттестованы в порядке, установленном в области обеспечения единства измерений, и зарегистрированы в Федеральном реестре методик измерений (Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений).

В качестве норм точности измерений параметров постоянного тока установлены требования к метрологическим характеристикам (МХ) щитовых приборов СОПТ, представленные в графах 4 и 5 таблицы 14.1. Настоящие нормы установлены для нормальных условий применения щитовых приборов в соответствии с ГОСТ 22261.

Таблица 15.1. Требования к метрологическим характеристикам СИ постоянного тока

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист 47
			29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т						
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	

п.п.	Наименование измеряемого параметра	Рабочий диапазон измерений	Требования к МХ СИ (предел основной допускаемой приведенной погрешности (%)), не хуже		Отне сение к сфере государст венного регулиров ания (ГР) обеспечен ия единства измерений
			Щ итовой прибо р	Ш унт	
	2	3	4	5	6
	Постоянный ток, I, А (ЩПТ, ЗПУ)	$I_{\min}^{1)} \leq I \leq I_{\max}^{1)}$	$\pm 0,5^{3)}$	-	вне ГР
			$\pm 0,5$	$\pm 0,2$	
	Постоянное напряжение, U, В (ЩПТ, ЗПУ)	$0,2U_{\text{ном}}^{2)} \leq U \leq 1,2U_{\text{ном}}$	$\pm 0,5^{4)}$	-	вне ГР
<p>Примечание:</p> <p>1) I_{\min}, I_{\max} – минимальный и максимальный ток для измерений (определяется заводом-изготовителем для конкретной СОПТ);</p> <p>2) $U_{\text{ном}} = 220$ В;</p> <p>3) в качестве нормирующего значения принимается I_{\max}, если $I_{\min}=0$, или $2I_{\max}$ при нулевой отметке внутри шкалы и при симметричной шкале (например, для измерения тока заряда-подзаряда);</p> <p>4) в качестве нормирующего значения принимается $1,2U_{\text{ном}}$</p>					

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							48

16. Перечень принятых сокращений

- АБ - аккумуляторная батарея
 АВ - автоматический выключатель
 АПЗЗ – устройство автоматического поиска фидера с замыканием на землю
 БАО – блок аварийного освещения
 БВП – блок выносных предохранителей
 БФН – блок формирования нейтрали
 ВК - вторичная коммутация
 ЗИП - запасные части и принадлежности
 ЗПУ – зарядно-подзарядное устройство
 КА – коммутационный аппарат
 КЗ - короткое замыкание
 КЛ – кабельная линия
 ОРУ - открытое распределительное устройство
 ППЗЗ – переносное устройство поиска места замыкания на землю
 ППТ – потребитель постоянного тока
 ПС - электрическая подстанция
 РАС - регистратор аварийных событий
 РЗА - релейная защита и автоматика
 РУПТ – распределительное устройство постоянного тока
 СОПТ - система оперативного постоянного тока
 УЗИП – устройство защиты от импульсных перенапряжений
 УКИ – устройство контроля изоляции
 ШВПС – шкаф вспомогательного питания и сигнализации
 ШРОТ – шкаф распределения оперативного тока
 ШРП – шкаф резервного питания
 ЩПТ – щит постоянного тока
 ШПОБР - шкаф организации питания цепей оперативной блокировки разъединителей
 ЩСН - щит собственных нужд
 ЭМО – электромагнит отключения
 ЭМВ – электромагнит включения
 ЭМС – электромагнитная совместимость

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
										49
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Таблица регистрации изменений

Изм.	Номера листов(страниц)				Всего лис-тов (стра- ниц) в док.	Номер док.	Подп.	Дата
	Изменён- ных	Заменён- ных	Новых	Аннулиро- ванных				

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№


Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	29-2022/ПР-8701-СОПТ.Т	Лист
							50

ВЕДОМОСТЬ ДОКУМЕНТОВ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Обозначение	Наименование	Примечание
29-2022/ПР-8701-СОПТ, лист 1	Ведомость документов графической части	
29-2022/ПР-8701--СОПТ, лист 2	Структурная схема СОПТ	
29-2022/ПР-8701—СОПТ-СО, лист 1	Спецификация оборудования, изделий и материалов	

Согласовано	

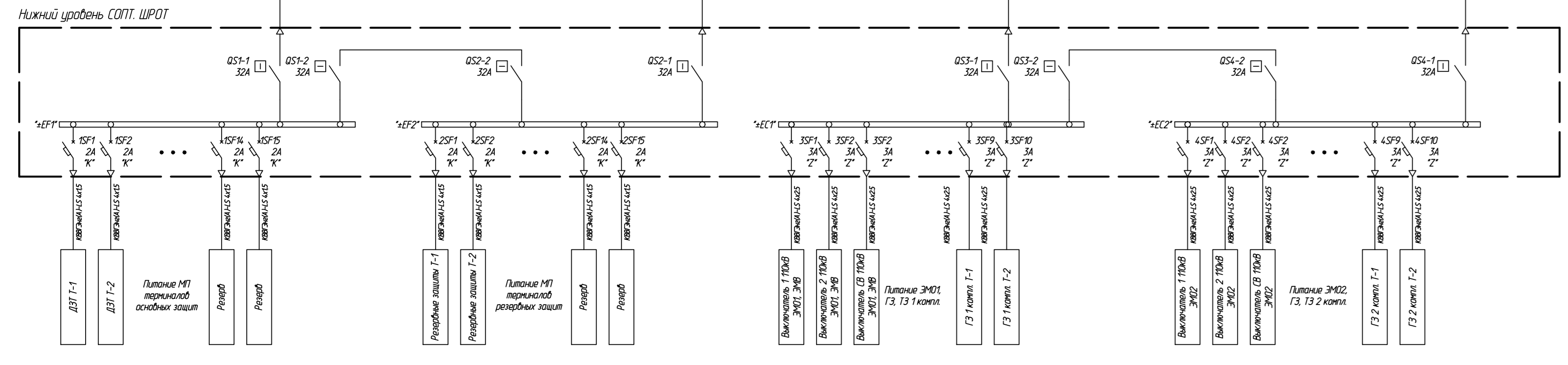
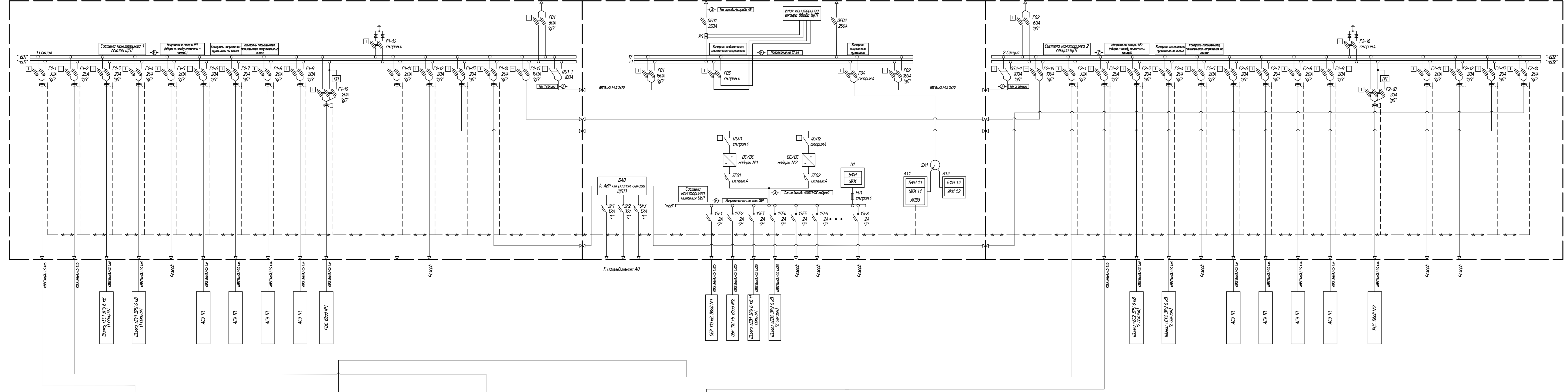
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

29-2022/ПР-8701-СОПТ									
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Ведомость документов графической части	Стадия	Лист	Листов
				<i>Муханов</i>	05.23		П	1	1
				<i>Ушаков</i>	05.23				
				Назаров	05.23				
				Погодина	05.23				
							 ООО «ТСН-Электро»		

Средний уровень СОПТ.
ЩПТ (1 секция)

Верхний уровень СОПТ.
ЩПТ (шкаф ввода)

Средний уровень СОПТ.
ЩПТ (2 секция)



Условные обозначения:
 АПЗ3 – устройство автоматического поиска фидера с замыканием на землю
 БАО – блок аварийного освещения
 БФН – блок формирования нейтрали
 УКИ – устройство контроля изоляции
 ЩПТ – щит постоянного тока
 ПП – преобразователь питания (организация шунта измерения)
 [] – включенное состояние коммутационного аппарата;
 [] – отключенное состояние коммутационного аппарата

Перечень сигналов, передаваемых в АСУ ПП

Номер	Наименование	Тип сигнала
1	Напряжение АБ	ТИ
2	Напряжение каждой секции ЩПТ	ТИ
3	Напряжение полюса секции ЩПТ относительно "земли"	ТИ
4	Напряжение полюсов относительно "земли" на секциях ВПС и секциях РП	ТИ
5	Ток нагрузки АБ	ТИ
6	Ток подзаряда АБ	ТИ
7	Ток ЭТУ	ТИ
8	Соприкосновение изоляции полюсов ЩПТ	ТИ
9	Отсутствие напряжения на секции ЩПТ	ТС
10	Напряжение СОПТ на секции выше (ниже) допустимого уровня	ТС
11	Повышенный уровень пульсации напряжения СОПТ	ТС
12	Обрыв в цепи АБ	ТС
13	Положение "включено" ("отключено") вводных и секционных КА	ТС
14	Аварийное отключение вводных и секционных КА	ТС
15	Аварийное отключение КА отходящих линий секции (с дискретностью до 1 шкафа)	ТС
16	Предупредительный сигнал снижения изоляции	ТС
17	Аварийный сигнал снижения изоляции	ТС
18	Неисправность устройства контроля изоляции	ТС
19	Неисправность питающей сети ЭТУ	ТС
20	Неисправность ЭТУ	ТС
21	Обобщенный сигнал неисправности на ЩПТ	ТС
22	Обобщенный сигнал неисправности на ЩРОТ	ТС
23	Номер фидера с пониженной изоляцией	ТС

29-2022/ПР-8701-СОПТ

Структурная схема СОПТ

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработ.	Орлова	2	05.23		05.23
Проверил.	Шваков				05.23

Страницы: 1 / 2 / 3

И.контр. / П.И.И. / Назаров / Павлова / 05.23 / 05.23

ООО "ТЭН-Электра" г. Нижний Новгород
Формат А3х4

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код продукции	Поставщик	Единица измерения	Количество	Масса единицы, кг	Примечания
Оборудование ПС 110/6 кВ Печегубский карьер								
1	Аккумуляторная батарея герметизированная, комплектно со шкафом для размещения	17 элементов по 12 В, 200 Ач				шт.	1	
2	Шкаф зарядно-подзарядного устройство			Ином. = 40А		шт.	2	
3	Шкаф распределительный ЩПТ	16 отходящих фидеров с защитой предохранителями, установленными в мультиблоки. На всех отходящих фидерах устанавливаются датчики – устройства определения замыкания на землю. УСО и цифровые амперметры, вольтметры.				шт.	2	
4	Шкаф ввода ЩПТ	Организация питания 2 секций. Предохранители Ином 160А, БАО, БПОБР				шт.	1	
5	Шкаф распределения оперативного постоянного тока	4 секции, 50 автоматических выключателей				шт.	1	
6	Переносное устройство определения замыкания на землю					шт.	1	
Кабельная продукция и материалы ПС 110/6 кВ Печегубский карьер								
7	Кабель силовой кислотостойкий	КГН 1x70мм ²			м	34		
8	Кабель силовой кислотостойкий	ВВГнг-LS 2x16 мм ²			м	20		
9	Кабель силовой кислотостойкий	ВВГнг-LS 2x70 мм ²			м	25		
10	Кабель силовой кислотостойкий	ВВГнг-LS 1x10 мм ² (КГН 1x2,5 мм ²)			м	17		
11	Кабель контрольный	КВВГЭнг(А)-LS 4x1,5мм ²			м	194		
12	Кабель контрольный	КВВГЭнг(А)-LS 4x2,5мм ²			м	291		
13	Кабель контрольный	КВВГЭнг(А)-LS 4x4 мм ²			м	448		
14	Кабель контрольный	КВВГЭнг(А)-LS 4x6мм ²			м	160		

Согласовано
Взам. инв. №
Подл. И дата
Инв. №подл.

29-2022/ПР-8701-СОПТ -СО					
4	-	Все	016-23		02.23
Изм.	Колуч	Лист	№док.	Подп.	Дата
	Разработал	Муханов			05.23
	Проверил	Ушаков			05.23
	Н. контр.	Назаров			05.23
	ГИП	Погодина			05.23
Спецификация оборудования, изделий и материалов ООО «ТСН-Электро»					
Стадия	Лист	Листов			
П	1	1			