Проектный центр
ООО «Техно Базис»

Техно Базис
Энергоинжиниринг

ДОПУСК К ПРОЕКТИРОВАНИЮ: НП «СтройПроект» СРО-П-170-16032012 (св-во №3065 от 26.04.2017 г.)
ДОПУСК К ИЗЫСКАНИЯМ: НП «СтройИзыскания» СРО-И-033-16032012 (св-во №1152 от 16.02.2016 г.)

Филиал АО «ДРСК» «Амурские электрические сети»

Разработка ПСД для реконструкции ПС 35 кВ Водозабор

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решения

Подраздел 8. Система оперативного постоянного тока

3041-167-**ИОС.СОПТ**

Том 2.4.8

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Директор **В. А. Бучинский**

Главный инженер проекта **Е. А. Бучинский**

2021

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист согласований 3041-167-ИОС.СОПТ

№ п.п.	Организация	Должность	Ф.И.О.	Согласовано	
				Подпись	Дата
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Проектная документация разработана в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. №87 «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

Главный инженер проекта _____ Е.А. Бучинский

Данная документация не может быть воспроизведена (полностью или частично), копирована, тиражирована и использована без разрешения – ООО «Техно Базис».

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ЛИСТ
3041-167-ИОС.СОПТ.С	Содержание	1
	Текстовая часть	
3041-167-**ИОС.СОПТ.ТЧ**	**Раздел 5. Подраздел 8. Система оперативного постоянного тока**	1 - 5
	5.8.1. Технические решения по СОПТ	1
	5.8.1.1. Режимы работы подстанции. Определение длительной и толчковой нагрузок	1
	5.8.1.1.1. Определение длительной нагрузки	1
	5.8.1.1.2. Определение толчковой нагрузки	3
	5.8.1.2. Выбор источников постоянного тока 220 В	4
	5.8.1.2.1. Расчет емкости аккумуляторных батарей	4
	5.8.1.2.2. Расчет зарядно-выпрямительного устройства	5
	5.8.1.3. Требования к системе оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС	5
	Графическая часть	
3041-167-**ИОС.СОПТ.ГЧ**	**Раздел 5. Подраздел 8. Система оперативного постоянного тока**	-
ЛИСТ 1 - 3	Однолинейная схема СОПТ	-
ЛИСТ 4	Принципиальная схема шкафа распределения оперативного тока ШРОТ1	-
ЛИСТ 5	Принципиальная схема шкафа распределения оперативного тока ШРОТ2	-
	Приложения	
ПРИЛОЖЕНИЕ А	Анализ селективности автоматических выключателей сети оперативного постоянного тока	-

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подпись	Дата	3041-167-ИОС.СОПТ.С		
Разраб.		Корытин			03.21	Содержание	Стадия	Лист	Листов
							-	1	1
Проверил		Бучинский			03.21		Проектный центр ООО «Техно Базис»		
Н.контр.		Тюкавкин			03.21				

5.8.1. Технические решения по СОПТ

Потребители постоянного оперативного тока =220 В разнообразны по мощности и режиму потребления. Всех потребителей постоянного оперативного тока =220 В можно разделить на три группы:

- постоянно включенная нагрузка – аппараты устройств управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, постоянно обтекаемые током (питание от шинок: ±ЕН1, ±ЕС1). Постоянная нагрузка, как правило, невелика и составляет порядка 7-12А;

- временная нагрузка – появляется при исчезновении переменного тока во время аварийного режима: аварийное освещение. Длительность этой нагрузки определяется длительностью аварии (расчетная длительность 2 часа).

- кратковременная (толчковая) нагрузка (длительностью не более 1с) – создается токами включения и отключения приводов выключателей 35 кВ, пусковыми токами электродвигателей и токами нагрузки аппаратов управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, кратковременно обтекаемых током (питание от шинок: ±ЕУ, ±ЕС).

Для определения наибольшей толчковой нагрузки рассматриваются различные аварийные режимы.

Большую часть постоянной нагрузки для данной ПС составляют микропроцессорные устройства РЗА.

5.8.1.1. Режимы работы подстанции. Определение длительной и толчковой нагрузок

5.8.1.1.1. Определение длительной нагрузки

Таблица 1 – Перечень потребителей системы оперативного постоянного тока 220 В

шк./яч.	*Наименование устройства*	*Количество*	*Потребление в дежурном режиме, Вт*	*Потребление при срабатывании защит, Вт*	*Потребление по цепям сигнализации в режиме срабатывания, Вт*
Шкаф «РЗА трансформатора Т-1»					
	Терминал основной защиты	1	20	30	10
	Терминал резервной защиты	1	20	30	10
	Терминал АРПН	1	20	30	10
	Питание измерительных приборов	1	30	30	-
Шкаф «РЗА трансформатора Т-2»					
	Терминал основной защиты	1	20	30	10
	Терминал резервной защиты	1	20	30	10
	Терминал АРПН	1	20	30	10
	Питание измерительных приборов	1	30	30	-

шк./яч.	*Наименование устройства*	*Количество*	*Потребление в дежурном режиме, Вт*	*Потребление при срабатывании защит, Вт*	*Потребление по цепям сигнализации в режиме срабатывания, Вт*
Шкаф «РЗА СВ 35 кВ, ТН-35 кВ»					
	Терминал защиты СВ 35 кВ	1	20	30	10
	Терминал защиты ТН-35 кВ	2	20	30	10
	Питание измерительных приборов	1	30	30	-
Шкаф «РЗА СВ 6 кВ, ТН-6 кВ»					
	Терминал защиты СВ 6 кВ	1	20	30	10
	Терминал защиты ТН-6 кВ	2	20	30	10
	Питание измерительных приборов	1	30	30	-
Шкаф «РЗА ВЛ 35 кВ»					
	Терминал защиты ВЛ	2	20	30	10
	Питание измерительных приборов	1	30	30	-
Шкаф «Центральная сигнализация»					
	Терминал ЦС	1	200	200	30
Шкаф «Оперативная блокировка разъединителей»					
	Терминал ОБР	1	30	30	10
ЗРУ 6 кВ					
Ячейки 6 кВ					
	Терминал защиты	12	20	30	10
	Блок управления	10	5	37	-
	Дуговая защита	2	60	80	-
ЗРУ 10 кВ					
Ячейки 10 **кВ**					
	Терминал защиты	15	20	30	10
	Блок управления	12	5	37	-
	Дуговая защита	2	60	80	-
P_{Σ} , Вт	-	-	1550	2744	450
I_{Σ} , А	-	-	7,05	12,47	2,05

Суммарный ток потребления в дежурном режиме по цепям оперативного тока составляет 7,05А.

Суммарный ток потребления в аварийном режиме (с учётом запаса при условии срабатывания всех защит):

$I_{\Sigma ав.} = 12,47 + 2,05 = 14,52 A$.

Суммарная нагрузка в аварийном режиме составляет 14,52А.

5.8.1.1.2. Определение толчковой нагрузки

На ПС 35 кВ Водозабор устанавливаются выключатели со следующими характеристиками:

- на стороне 35 кВ:

Iэв – питание от цепей переменного напряжения;

Iэо=2,5А.

- на стороне 6 кВ: ВВ/TEL-10-20

Iэв=Iэо=1,2А.

Рассмотрим возможные аварийные режимы на подстанции с учётом (при потере питания СН):

Возможны следующие аварийные режимы работы ПС 35 кВ Водозабор:

1. Режим срабатывания дифзащиты трансформатора. При этом происходит отключение выключателей 35 кВ трансформатора (действие на оба электромагнита отключения), а также вводных выключателей 6 и 10 кВ;
2. Режим срабатывания дуговой защиты шин 6(10) кВ. Производится отключение вводного и секционного выключателей 6(10) кВ (в предположении, что СВ-6(10) кВ был включен);
3. Срабатывание устройств АЧР 6 и 10 кВ. Может одновременно отключиться до 6-ти выключателей 6 кВ и до 10-ти выключателей 10 кВ;
4. Включение по ЧАПВ 6 и 10 кВ до 6-ти выключателей 6 кВ и до 10-ти выключателей 10 кВ;

С учётом выбранного оборудования значения толчковой нагрузки для различных режимов будут выглядеть следующим образом (см. таблицу 2):

Таблица 2 – Возможные режимы срабатывания защит в аварийном режиме

№	Описание режимов	Толчковая нагрузка, А
1	Срабатывание дифзащиты трансформатора Т	$2 \cdot 2,5 + 1,2 + 1,2 = 7,4$
2	Срабатывание дуговой защиты шин 6(10) кВ	$1,2 + 1,2 = 2,4$
3	Срабатывание устройства АЧР 6 и 10 кВ	$1,2 \cdot 16 = 19,2$
4	Включение по ЧАПВ 6 и 10 кВ	$1,2 \cdot 16 = 19,2$

Для уменьшения максимальной величины толчковой нагрузки необходимо, чтобы автоматикой был предусмотрен разброс по времени процесс включения и отключения выключателей, однако расчет далее произведен для наихудшего случая.

Толчковая нагрузка в конце аварийного режима - $I_{НГ_{\Sigma}} = 14,52 + 19,2 = 33,72 A$.

После определения нагрузок можно переходить к выбору источников постоянного оперативного тока =220В.

5.8.1.2. Выбор источников постоянного тока 220 В

5.8.1.2.1. Расчет емкости аккумуляторных батарей

Емкость аккумуляторной батареи определяется исходя из тока, характера нагрузки и времени резервирования. Расчет емкости основан на методе подобия геометрических фигур. При этом площадь фигуры ограниченная шкалой времени и уровнем тока равна необходимой емкости, которой должна обладать аккумуляторная батарея.

Метод состоит в следующем. Имеется график тока нагрузки в аварийном режиме (Рис. 1). Этот график можно привести к одинаковой по площади фигуре (Рис. 2). Т.к. площади фигур равны, то расчет емкости и определение максимального тока за приведенное время можно рассчитывать по максимальному току за более короткое время (приведенное время).

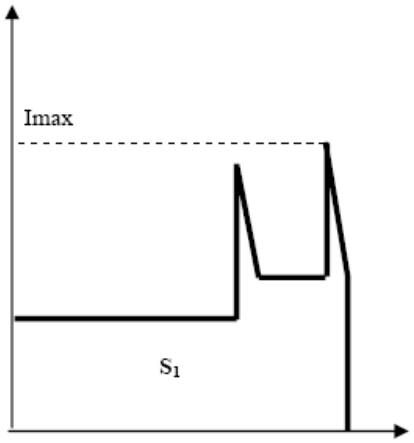


Рис. 1. tавар

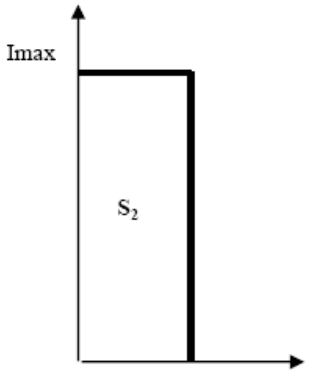


Рис. 2. tрасч

Проверку достаточности выбранной емкости АБ произведём по максимальному толчковому току после двухчасового разряда АБ током аварийного режима.

Эквивалентная емкость рассчитывается по формуле:

$$C_{экв} = (I_{\max} * t_{толч} + I_{уст} * t_{уст}) * K_{емк} \Big/ T_к ,$$

где Imax – максимальная толчковая нагрузка, А;

tтолч – время толчковой нагрузки, час;

Iуст – установившаяся нагрузка аварийного режима, А;

tуст – длительность аварийного режима, час;

Кёмк – коэффициент емкости батареи в конце срока службы (коэффициент старения) равный 1,25 (80% емкости)

Тк – температурный коэффициент емкости равный 0,9.

$$C_{экв} = (33,72 \cdot \frac{0,1сек}{3600 сек/ч} + (19,2 \cdot 2)) \cdot \frac{1,25}{0,9} = 40,35 А \cdot ч .$$

Расчетное эквивалентное время аварийного режима:

$$T_{расч} = \frac{C_{экв}}{I_{\max}} = T_{расч} = \frac{40,35}{33,72} \cdot 60 = 71,79 \text{ мин.}$$

Согласно разрядным характеристикам, в течение 71,79 минут ток в 33,72А при напряжении на элемент Uэ = 1,85 В/эл с учетом запаса обеспечит аккумулятор типа 12V125F.

Таблица 3. Основные характеристики АБ

Тип элемента	Номинальное напряжение, В	Емкость С10 1,8 В/эл при 20ºС	Емкость С8 1,75 В/эл при 25ºС	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Вес, кг	Ток КЗ, А	Внутреннее сопротивление, мОм
12V125F	12	125	126	561	105	316	46,5	2223	5,49

Таблица 4. Разрядные характеристики АБ

Разрядный ток, А. Конечное напряжение 1,85 В/элемент, при 20ºС																		
Тип	минуты					часы												
	5	10	15	30	45	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24
12V125F	248,3	187,7	159,8	110,9	86,1	70,6	53,1	41,9	30,2	24,3	20,1	17,6	15,5	13,9	12,6	11,5	9,84	5,28

Суммарное внутреннее сопротивление всех батарей:

$$R_{\Sigma бат} = n \cdot R_{вн} = 17 \cdot 5,49 \cdot 10^{-3} = 0,09333 \text{ Ом},$$

где n - количество элементов батареи;

$R_{вн}$ - внутреннее сопротивление одного элемента.

5.8.1.2.2. **Расчет зарядно-выпрямительного устройства**

Номинальный ток зарядного устройства рассчитывается как сумма тока 10-и часового разряда батареи (0,1*С10) и тока нагрузки в нормальном режиме:

$I_{зар.АБ} = 0,1 \cdot C_{10} = 0,1 \cdot 125 = 12,5A$;

$I_{ЗВУ} = 0,1 \cdot C_{10} + I_{нагр.норм.реж.} = 12,5 + 7,05 = 19,55A$.

Номинальный ток зарядно-выпрямительного устройства должен быть не менее 20А.

5.8.1.3. **Требования к системе оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС**

Основные требования к СОПТ изложены в Правилах устройства электроустановок, 6 издание (гл. 4), "Рекомендациях по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ" (Москва, 2004г, гл.6), Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, (2003г, гл.5.5):

1). Селективность: защитные аппараты, устанавливаемые последовательно, должны обладать время – токовыми характеристиками, обеспечивающими селективность во всем диапазоне токов КЗ, протекающими через них независимо от режима работы и состояния электроустановки постоянного тока.

2). Чувствительность: в СОПТ должны применяться защитные аппараты, которые обладают характеристиками, обеспечивающими отключение токов КЗ, изменяющихся в широком диапазоне.

В настоящее время в СОПТ предусматривается трехступенчатый уровень защиты:

- верхний уровень – защита селективными предохранителями на вводах от АБ;
- средний уровень - защита селективными предохранителями на отходящих присоединениях ЩПТ;
- нижний уровень – защита автоматами без выдержки времени цепей питания ОПТ.

Защитные элементы трех уровней обеспечивают селективное отключение КЗ на защищаемом участке, верхнего и среднего уровней, а также в зоне резервирования. Требуемые коэффициенты чувствительности kч указаны в «Рекомендациях по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ», гл.6.3.1.9:

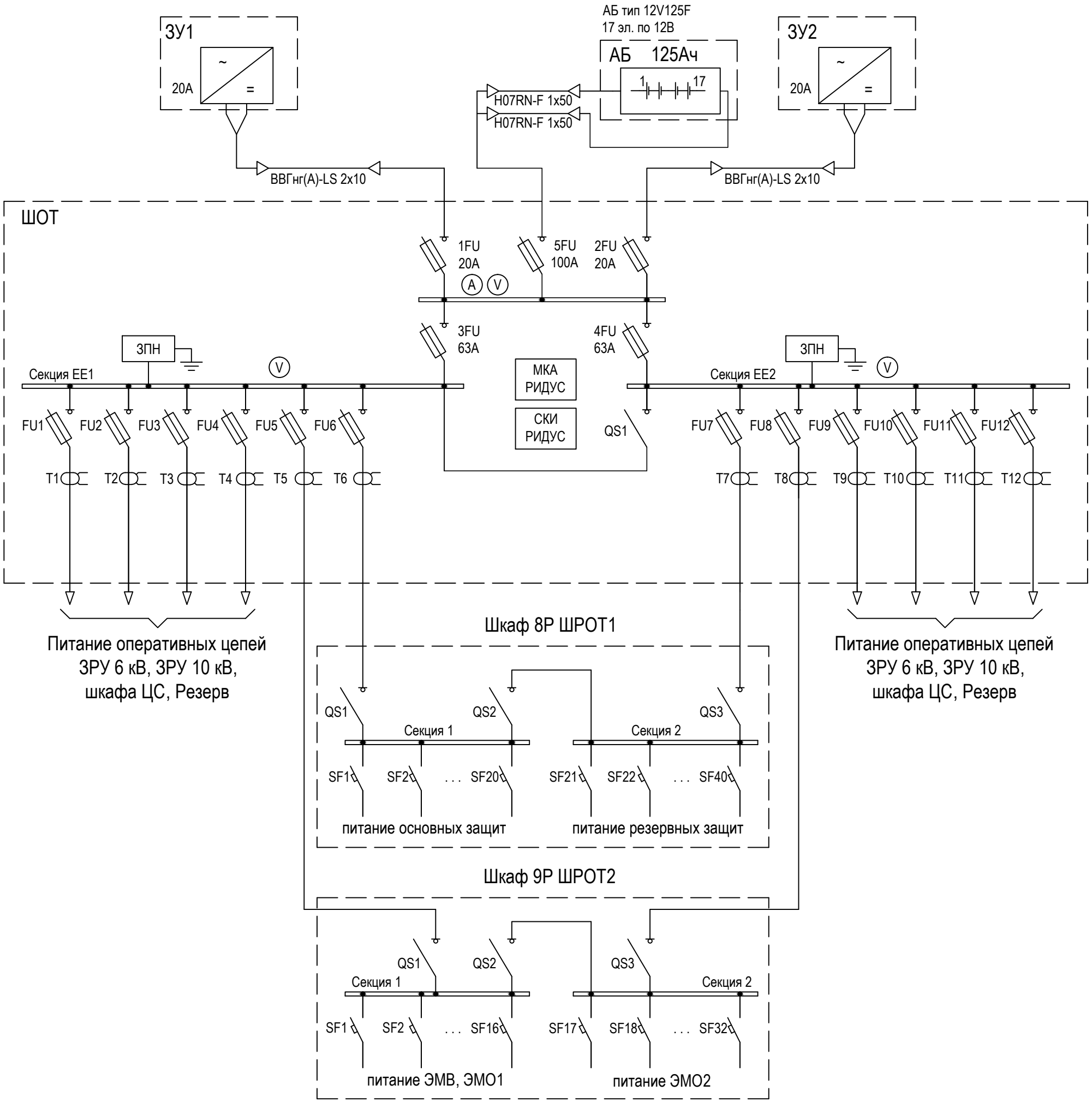
3). Быстродействие: КЗ в любой точке СОПТ должны отключаться с таким временем, чтобы выполнялись следующие требования:

- сохранялась работоспособность устройств управления выключателями и РЗА при повреждениях в СОПТ;
- исключался глубокий разряд аккумуляторной батареи токами КЗ из-за длительного протекания токов КЗ вследствие большого времени срабатывания защитных аппаратов;
- обеспечивалась невозгораемость кабелей.

4). Надежность: Под надежностью применительно к СОПТ нужно понимать сохранение работоспособности устройств управления выключателями и РЗА во всех возможных режимах работы как первичной сети, так и самой СОПТ, включая возможные нарушения в этой сети (металлические или дуговые КЗ, обрывы, повышенные переходные сопротивления на клеммах и т.д.).

Высокая надежность СОПТ достигается применением:

- оптимальной организации питания устройств управления и РЗА;
- защитных аппаратов с соответствующими характеристиками срабатывания и удобством обслуживания.



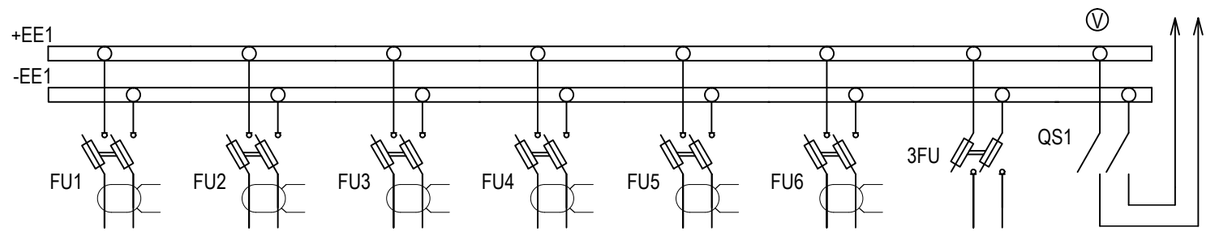
						3041-167-ИОС.СОПТ.ГЧ	
						Разработка ПСД для реконструкции ПС 35 кВ Водозабор	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.		Корытин			03.21	Раздел 5. Подраздел 8. Система оперативного постоянного тока	Стадия: П; Лист: 1; Листов:
Проверил		Бучинский			03.21	Однолинейная схема СОПТ	Проектный центр ООО "Техно Базис"
Н.контр.		Тюкавкин			03.21		

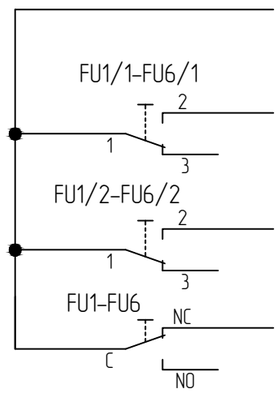
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Формат А3

Шкаф ШОТ	Секция ЕЕ1							
Назначение присоединений	ОПУ. Шкаф 1Р. Центральная сигнализация (осн.)	ЗРУ 10 кВ. Ячейка №7 Ввод-1	Резерв	ЗРУ 6 кВ. Ячейка №4 Ввод-1	ОПУ. Шкаф 8Р ШРОТ1 (1-я секция)	ОПУ. Шкаф 9Р ШРОТ2 (1-я секция)	Ввод питания	К секции ЕЕ2
Схема первичной коммутации (вид спереди)								
Тип коммутационной аппаратуры	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	Рубильник, тип определяется заводом-изготовителем
Номинал и характеристика защитного аппарата	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 63A gG	-
Маркировка кабеля	170-EC1	100-EC1	-	101-EC1	172-EC1	173-EC1	-	+, -
Тип кабеля	КВВГЭнг(А)-LS	КВВГЭнг(А)-LS	-	КВВГЭнг(А)-LS	КВВГЭнг(А)-LS	КВВГЭнг(А)-LS	-	ВВГнг(А)-LS
Сечение кабеля, мм2	4x4	4x4	-	4x4	4x10	4x10	-	1x25 - "+" 1x25 - "-"



Перегорание предохранителя, открыта крышка предохранительного разъединителя (в контроллер ШОТ)

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Корытин			03.21
Проверил		Бучинский			03.21
Н.контр.		Тюкавкин			03.21

3041-167-ИОС.СОПТ.ГЧ

Разработка ПСД для реконструкции ПС 35 кВ Водозабор

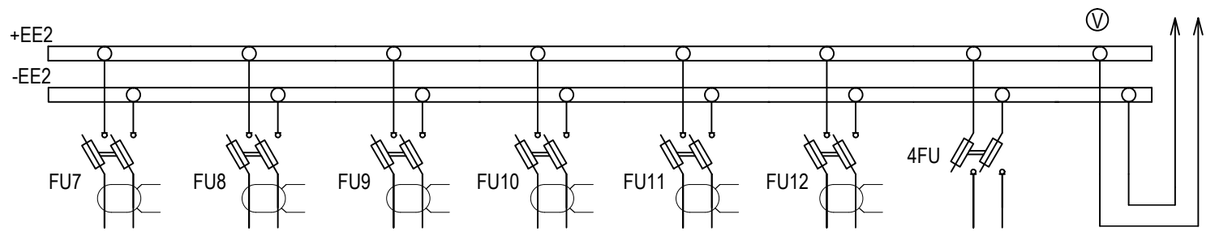
Раздел 5. Подраздел 8.
Система оперативного постоянного тока

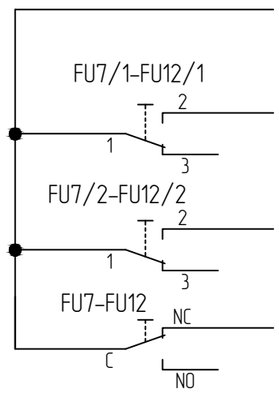
Стадия	Лист	Листов
П	2	

Однолинейная схема СОПТ

Проектный центр
ООО "Техно Базис"

Формат А3

Шкаф ШОТ	Секция EE2							
Назначение присоединений	ОПУ. Шкаф 8Р ШРОТ1 (2-я секция)	ОПУ. Шкаф 9Р ШРОТ2 (2-я секция)	ЗРУ 10 кВ. Ячейка №9 Ввод-2	Резерв	ЗРУ 6 кВ. Ячейка №9 Ввод-2	ОПУ. Шкаф 1Р. Центральная сигнализация (рез.)	Ввод питания	К секции EE1
Схема первичной коммутации (вид спереди)								
Тип коммутационной аппаратуры	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	2xVarius FH000-1S/T + 1xOD-FH000 -SS24	-
Номинал и характеристика защитного аппарата	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 25A gG	PNA000 63A gG	-
Маркировка кабеля	172-EC2	173-EC2	100-EC2	-	101-EC2	170-EC2	-	+, -
Тип кабеля	КВВГЭнг(А)-LS	КВВГЭнг(А)-LS	КВВГЭнг(А)-LS	-	КВВГЭнг(А)-LS	КВВГЭнг(А)-LS	-	ВВГнг(А)-LS
Сечение кабеля, мм2	4х10	4х10	4х4	-	4х4	4х4	-	1х25 - "+" 1х25 - "-"



Перегорание предохранителя, открыта крышка предохранительного разъединителя (в контроллер ШОТ)

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Корытин			03.21
Проверил		Бучинский			03.21
Н.контр.		Тюкавкин			03.21

3041-167-ИОС.СОПТ.ГЧ

Разработка ПСД для реконструкции ПС 35 кВ Водозабор

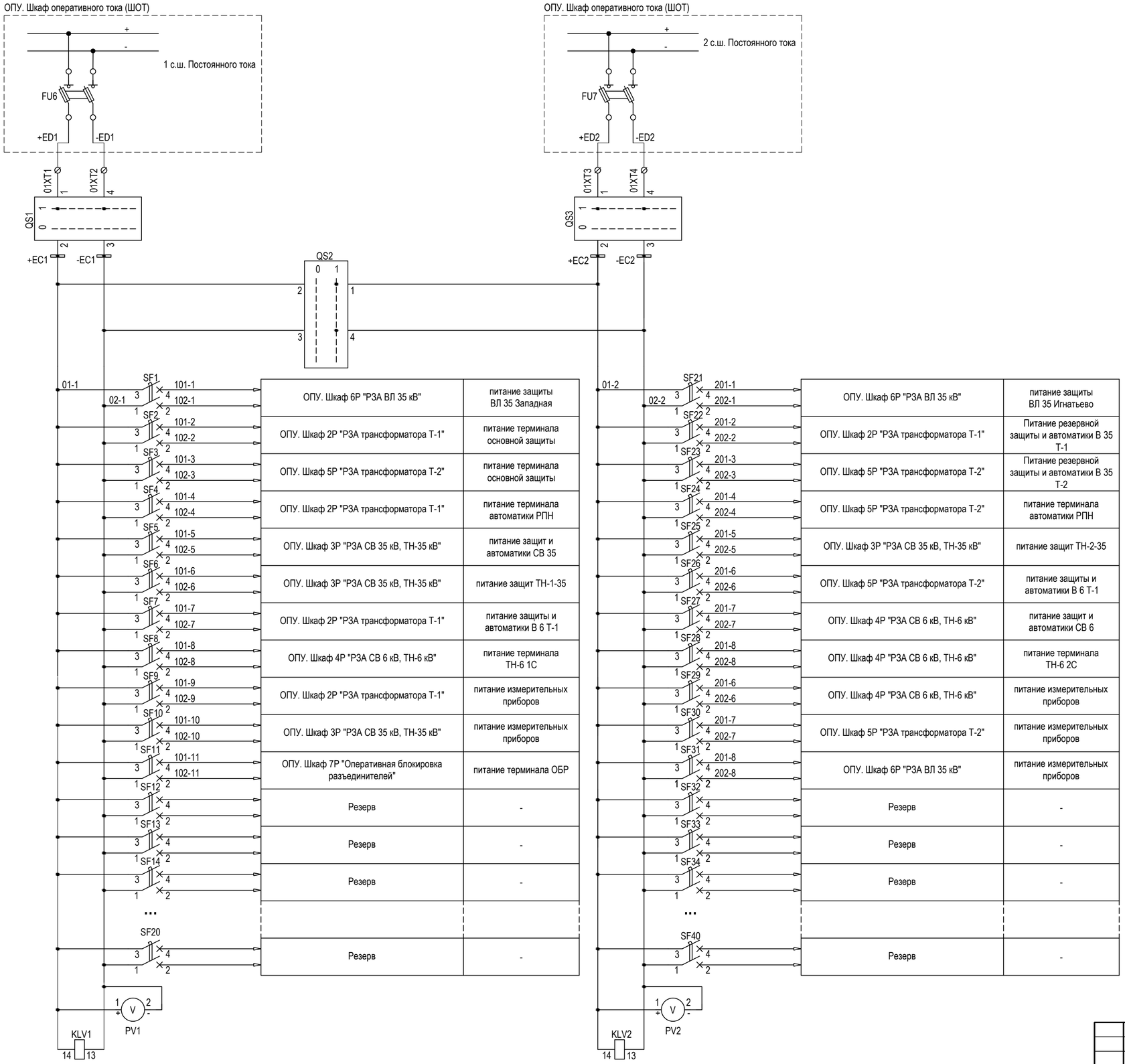
Раздел 5. Подраздел 8.
Система оперативного постоянного тока

Стадия	Лист	Листов
П	3	

Однолинейная схема СОПТ

Проектный центр
ООО "Техно Базис"

Формат А3



ОПУ. Шкаф 6Р "РЗА ВЛ 35 кВ"	питание защиты ВЛ 35 Западная
ОПУ. Шкаф 2Р "РЗА трансформатора Т-1"	питание терминала основной защиты
ОПУ. Шкаф 5Р "РЗА трансформатора Т-2"	питание терминала основной защиты
ОПУ. Шкаф 2Р "РЗА трансформатора Т-1"	питание терминала автоматики РПН
ОПУ. Шкаф 3Р "РЗА СВ 35 кВ, ТН-35 кВ"	питание защит и автоматики СВ 35
ОПУ. Шкаф 3Р "РЗА СВ 35 кВ, ТН-35 кВ"	питание защит ТН-1-35
ОПУ. Шкаф 2Р "РЗА трансформатора Т-1"	питание защиты и автоматики В 6 Т-1
ОПУ. Шкаф 4Р "РЗА СВ 6 кВ, ТН-6 кВ"	питание терминала ТН-6 1С
ОПУ. Шкаф 2Р "РЗА трансформатора Т-1"	питание измерительных приборов
ОПУ. Шкаф 3Р "РЗА СВ 35 кВ, ТН-35 кВ"	питание измерительных приборов
ОПУ. Шкаф 7Р "Оперативная блокировка разъединителей"	питание терминала ОБР
Резерв	-
Резерв	-
Резерв	-
Резерв	-

ОПУ. Шкаф 6Р "РЗА ВЛ 35 кВ"	питание защиты ВЛ 35 Игнатьево
ОПУ. Шкаф 2Р "РЗА трансформатора Т-1"	Питание резервной защиты и автоматики В 35 Т-1
ОПУ. Шкаф 5Р "РЗА трансформатора Т-2"	Питание резервной защиты и автоматики В 35 Т-2
ОПУ. Шкаф 5Р "РЗА трансформатора Т-2"	питание терминала автоматики РПН
ОПУ. Шкаф 3Р "РЗА СВ 35 кВ, ТН-35 кВ"	питание защит ТН-2-35
ОПУ. Шкаф 5Р "РЗА трансформатора Т-2"	питание защиты и автоматики В 6 Т-1
ОПУ. Шкаф 4Р "РЗА СВ 6 кВ, ТН-6 кВ"	питание защит и автоматики СВ 6
ОПУ. Шкаф 4Р "РЗА СВ 6 кВ, ТН-6 кВ"	питание терминала ТН-6 2С
ОПУ. Шкаф 4Р "РЗА СВ 6 кВ, ТН-6 кВ"	питание измерительных приборов
ОПУ. Шкаф 5Р "РЗА трансформатора Т-2"	питание измерительных приборов
ОПУ. Шкаф 6Р "РЗА ВЛ 35 кВ"	питание измерительных приборов
Резерв	-
Резерв	-
Резерв	-
Резерв	-

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Корытин			03.21
Проверил		Бучинский			03.21
Н.контр.		Тюкавкин			03.21

3041-167-ИОС.СОПТ.ГЧ

Разработка ПСД для реконструкции ПС 35 кВ Водозабор

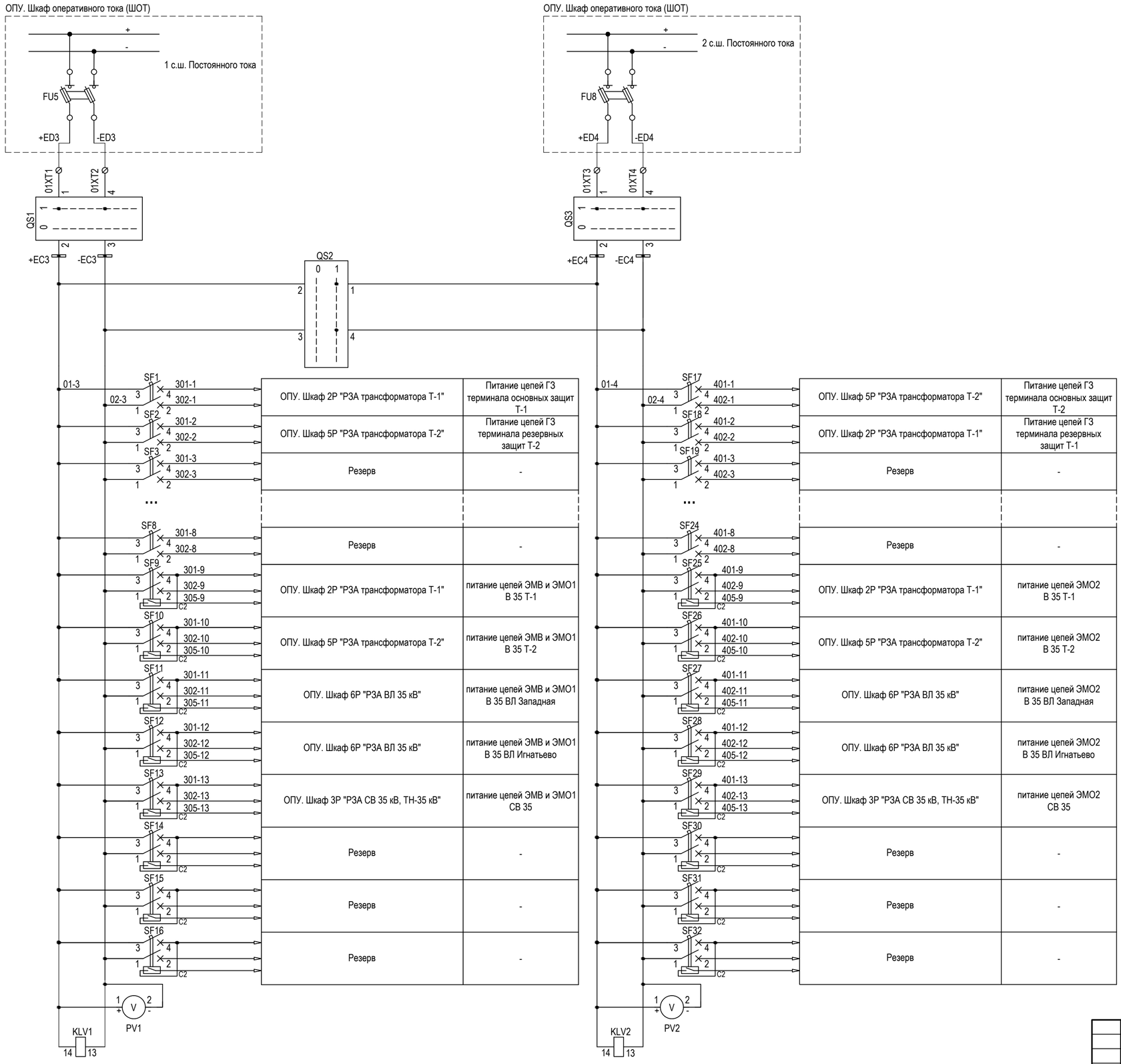
Раздел 5. Подраздел 8.
Система оперативного постоянного тока

Стадия	Лист	Листов
П	4	

Принципиальная схема шкафа распределения оперативного тока ШРОТ1

Проектный центр
ООО "Техно Базис"

Формат А2



Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Корытин			03.21
Проверил		Бучинский			03.21
Н.контр.		Тюкавкин			03.21

3041-167-ИОС.СОПТ.ГЧ

Разработка ПСД для реконструкции ПС 35 кВ Водозабор

Раздел 5. Подраздел 8.
Система оперативного постоянного тока

Стадия	Лист	Листов
П	5	

Принципиальная схема шкафа распределения оперативного тока ШРОТ2

Проектный центр
ООО "Техно Базис"

Формат А2

1. **Организация цепей оперативного постоянного тока 220 В**

1.1. **Выбор коммутационных аппаратов**

Рядовой предохранительный выключатель нагрузки - разъединитель FH000 предназначается для ножевых плавких вставок типоразмера 000. Он обеспечивает безопасное отключение номинального тока и сверхтока до восьмикратного номинального тока. Специальное исполнение данного выключателя нагрузки - разъединителя обеспечивает дистанционную сигнализацию состояния предохранителей, причем в каждом полюсе отдельно. Для сигнализации состояния предохранителей используются стандартные указатели состояния ножевых предохранителей.

- Оснащен щитком для описания защищаемой цепи.
- Измерительные отверстия в крышке.
- Основное исполнение с зажимными имбус винтами M8/10 Nm для кабельных наконечников макс. Ø27 mm и шины шириной макс. 20 mm.
- Присоединительные комплекты с зажимными имбус винтами.
- Вариабельность присоединительных комплектов.
- Возможность запирания крышки выключателя нагрузки - разъединителя.
- Крепление:
  - непосредственно на панель при помощи винтов.
  - на сборные шины с шагом 60 mm при помощи адаптера.
- Более выключателей нагрузки - разъединителей, расположенных “рядом” или “горизонтально”, можно устанавливать без ограничения электрических параметров.
- Подключение подвода снизу можно без сокращения электрических параметров (рекомендуется прибор снабдить информацией „ВНИМАНИЕ, ПОДВОД СНИЗУ“).
- Ножевые плавкие вставки серии PNA с характеристикой gG отличаются высокой отключающей способностью, большой токоограничивающей способностью и низкими величинами перенапряжения, возникшего во время действия плавкой вставки. Эти плавкие вставки предназначаются для использования в предохранительных разъединителях нагрузки, предохранительных рейках и основаниях предохранителей.
- Плавкие вставки не содержат вредные вещества согласно директиве RoHS (кадмий, свинец и др.).
- Характеристика gG для защиты проводок, кабелей и другого оборудования от перегрузки и короткого замыкания.
- Характеристика aM для защиты двигателей, реле максимального тока, контакторов и подобных приборов только от короткого замыкания.

Таблица 1. Ножевые плавкие вставки PNA

Типо-размер	I_n [A]	Характеристика gG				Характеристика aM				Упаковка [шт.]
		Тип	Код изделия	Потери [W]	Вес [kg]	Тип	Код изделия	Потери [W]	Вес [kg]	
000	6	PNA000 6A gG	40477	1,3	0,13	PNA000 6A aM	40491	0,8	0,13	3
	10	PNA000 10A gG	40478	1,0	0,13	PNA000 10A aM	40492	0,5	0,13	3
	16	PNA000 16A gG	40479	1,7	0,13	PNA000 16A aM	40494	0,8	0,13	3
	20	PNA000 20A gG	40480	2,53	0,13	PNA000 20A aM	40495	1	0,13	3
	25	PNA000 25A gG	40481	2,3	0,13	PNA000 25A aM	40496	1,2	0,13	3
	32	PNA000 32A gG	40482	2,6	0,13	PNA000 32A aM	40497	1,5	0,13	3
	35	PNA000 35A gG	40483	3,39	0,13	-	-	-	-	3
	40	PNA000 40A gG	40484	3,1	0,13	PNA000 40A aM	40498	2	0,13	3
	50	PNA000 50A gG	40485	3,8	0,13	PNA000 50A aM	40499	2,4	0,13	3
	63	PNA000 63A gG	40486	4,6	0,13	PNA000 63A aM	40500	3,3	0,13	3
	80	PNA000 80A gG	40487	5,8	0,13	PNA000 80A aM	40501	4,5	0,13	3
	100	PNA000 100A gG	40488	6,95	0,13	-	-	-	-	3
	125	PNA000 125A gG*	40489	7,2	0,16	-	-	-	-	3
	160	PNA000 160A gG*	40490	9	0,16	-	-	-	-	3
00	100	-	-	-	-	PNA00 100A aM	40515	4,9	0,19	3
	125	PNA00 125A gG	40513	8,9	0,21	PNA00 125A aM	40516	6,3	0,19	3
	160	PNA00 160A gG	40514	10,5	0,21	PNA00 160A aM	40517	9,3	0,19	3

*U_n = 400 V a.c.

Выбор коммутационных аппаратов нижнего уровня

Для защиты конечных потребителей оперативного тока используются модульные автоматические выключатели, рассчитанные на работу в цепях постоянного тока.

Автоматические выключатели серии LTN-UC:

- Серия автоматических выключателей, предназначенных для защиты цепей постоянного (DC) и переменного (AC) тока до 63 А, 220 V DC (1-полюсные), 440 V DC (2-полюсные), 230/400 V AC. При подключении в цепи постоянного тока необходимо строго соблюсти полярность прибора.
- Для защиты кабелей и проводов от перегрузки и короткого замыкания.
- Характеристика отключения С согласно EN 60898-2.
- Отключающая способность 10 kA.

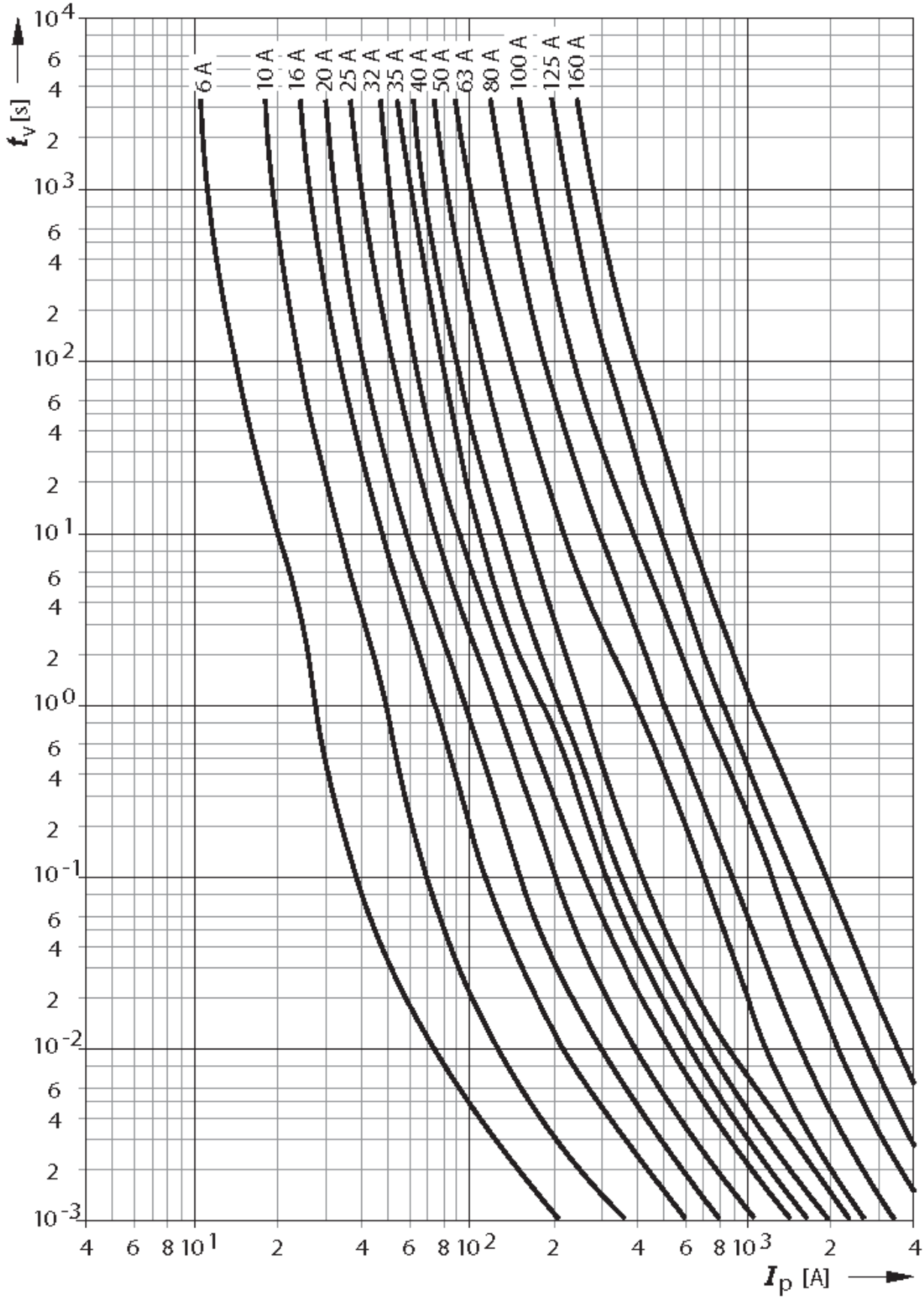


Рис 1. Времятоковые характеристики ножевых плавких вставок PNA000, 00 gG

Таблица 2. Автоматические выключатели для цепей постоянного (DC) и переменного (AC) тока, 2-полюсные

I_n [A]	Характеристика C		Количество модулей	Вес [kg]	Упаковка [шт.]
	Тип	Заказной номер			
1	**LTN-UC-1C-2**	OEZ:41860	2	0,329	6
2	**LTN-UC-2C-2**	OEZ:41861	2	0,319	6
4	**LTN-UC-4C-2**	OEZ:41862	2	0,315	6
6	**LTN-UC-6C-2**	OEZ:41863	2	0,317	6
8	**LTN-UC-8C-2**	OEZ:41864	2	0,333	6
10	**LTN-UC-10C-2**	OEZ:41865	2	0,333	6
13	**LTN-UC-13C-2**	OEZ:41866	2	0,338	6
16	**LTN-UC-16C-2**	OEZ:41867	2	0,341	6
20	**LTN-UC-20C-2**	OEZ:41868	2	0,341	6
25	**LTN-UC-25C-2**	OEZ:41869	2	0,317	6
32	**LTN-UC-32C-2**	OEZ:41870	2	0,340	6
40	**LTN-UC-40C-2**	OEZ:41871	2	0,339	6
50	**LTN-UC-50C-2**	OEZ:41872	2	0,354	6
63	**LTN-UC-63C-2**	OEZ:41873	2	0,365	6

В соответствии с заводской документацией, селективная работа автоматических выключателей LTN-UC **с ножевыми плавкими вставками** PN **с характеристикой gG обеспечивается предоставляемыми таблицами селективности. Таким образом, для обеспечения своевременного отключения автоматического выключателя до перегорания плавкой вставки, необходимо обеспечить заданный уровень тока КЗ в рассматриваемой точке сети постоянного тока.**

Таблица 3. Селективность автоматических выключателей
LTN-UC характеристики C с добавочными предохранителями (кА)

I_n [A]	Предохранитель типа gG								
	16 A	**20 A**	**25 A**	**35 A**	**40 A**	**50 A**	**63 A**	**80 A**	**100 A**
0,5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1	0,8	1,6	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1,6	0,5	0,8	1,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2	0,4	0,6	1,0	2,9	3,9	5,9	10,0	10,0	10,0
4	-	0,5	0,8	1,9	2,3	3,1	6,1	7,9	10,0
6	-	0,5	0,7	1,4	1,7	2,3	4,2	5,3	10,0
8	-	-	0,6	1,1	1,3	1,7	3,0	3,7	8,0
10	-	-	0,6	1,1	1,3	1,7	3,0	3,7	8,0
13	-	-	0,6	1,1	1,2	1,6	2,5	3,1	5,8
16	-	-	0,6	1,1	1,2	1,6	2,5	3,1	5,8
20	-	-	0,5	1,0	1,1	1,4	2,3	2,8	5,1
25	-	-	-	1,0	1,1	1,4	2,3	2,8	5,1
32	-	-	-	-	1,0	1,3	2,1	2,5	4,4
40	-	-	-	-	-	1,3	2,1	2,5	4,4
50	-	-	-	-	-	-	1,8	2,2	3,5
63	-	-	-	-	-	-	-	2,2	3,5

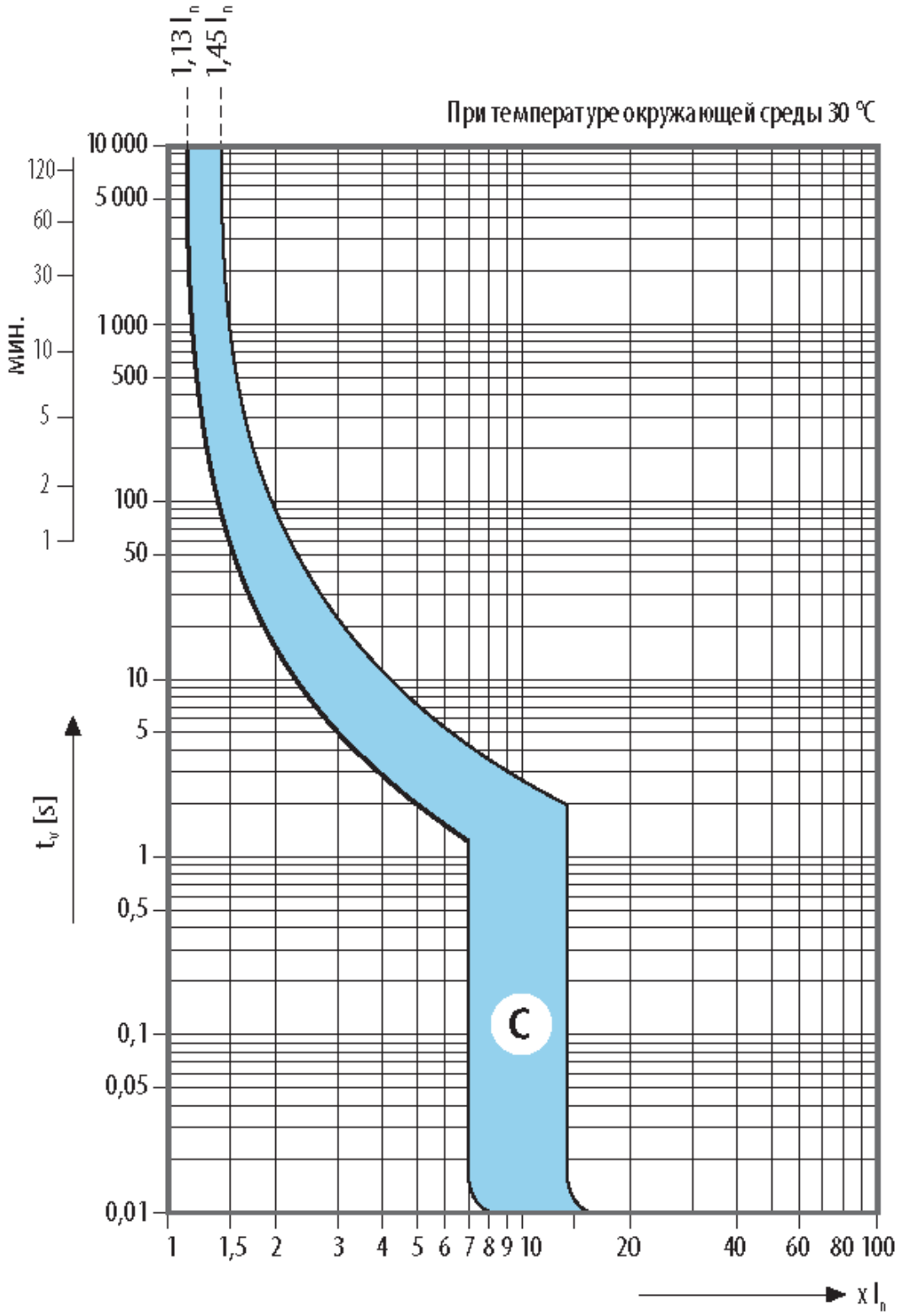
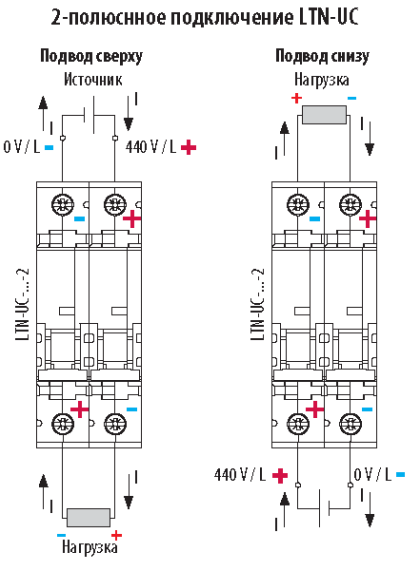


Рис. 2. Характеристики LTN-UC в цепи постоянного тока

а)



б)

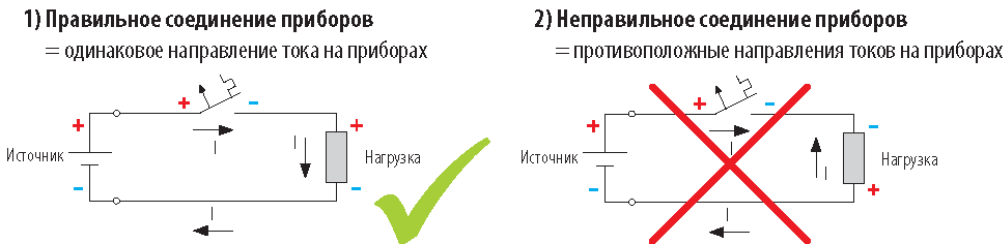


Рис. 3. а, б) Пример соединения автоматических выключателей LTN-UC в цепи постоянного тока

1.2. **Выбор сечения кабелей в СОПТ =220В**

Сечение кабеля в системе оперативного постоянного тока =220В выбирается по токовой нагрузке.

При проектировании считалось, что если сечение кабеля проверено по потерям напряжения при толчковой нагрузке, то проверку на чувствительность аппарата, установленного в этой цепи можно не проводить, т.к. предполагаемый ток КЗ будет превышать ток нагрузки в 5-10 раз в зависимости от внутреннего сопротивления источника тока, если при нормальной нагрузке потери напряжения в кабеле составляют 10%. Следовательно, при таких условиях коэффициент чувствительности будет равен 2,5-5, что больше принятого и равного 1,5-2. Так как условия толчкового или пускового режима и режима короткого замыкания не совпадают по времени, то это положение было пересмотрено. Короткое замыкание всегда дуговое, и приводит почти к двукратному снижению тока и, как следствие, к такому же снижению расчетного коэффициента чувствительности, т.е. значительного запаса по коэффициенту чувствительности у аппаратов защиты практически нет.

Поэтому для проверки кабелей используются два условия:

- коэффициент чувствительности должен быть больше нормируемого;
- потери напряжения должны составлять менее 5-10% номинального.

При использовании методики расчета в соответствие с ГОСТ 29176-91, где учитываются влияние дуги, сопротивления контактов, тепловой спад тока и другие факторы, существенно влияющие на ток КЗ, первое условие для проверки кабеля часто оказывается более существенным, чем второе.

Проверка кабелей по допустимым потерям напряжения производится в соответствии с формулами:

$\Delta U_{ДОП} = \Delta U_{АБ} + \Delta U_{ОШ} + \Delta U_{ПР} + \Delta U_{КАБ} + \Delta U_{Ш} + \Delta U_{ТК\ и\ КС}$;

где: $\Delta U_{АБ}$ - падение напряжения в АБ, В;

$\Delta U_{ОШ}$ - падение напряжения в ошиновке АБ, В;

$\Delta U_{ПР}$ - падение напряжения в проводниках, соединяющих элементы СОПТ, В;

$\Delta U_{КАБ}$ - падение напряжения в кабеле, В;

$\Delta U_{Ш}$ - падение напряжения в шинке (±ЕС, ±ЕН), В;

$\Delta U_{ТК\ и\ КС}$ - падение напряжения в токовых катушках АВ и контактных соединениях.

1.3. **Расчет токов короткого замыкания в СОПТ**

В настоящее время для расчета токов КЗ и выбора аппаратов защиты в системе постоянного тока используются методические указания по расчету токов КЗ в сети оперативного постоянного тока, разработанные ОРГРЭС. Более современным нормативным документом является ГОСТ 29176-91, регламентирующий методику расчета тока КЗ с учетом большего числа факторов существенно влияющих на значение тока КЗ. Однако систематизированной и полной методики выбора аппаратов защиты, проверки чувствительности, селективности и резервирования устройств защиты в действующих электроустановках, основанной на нормативных документах пока не существует.

Для правильного выбора защитных аппаратов надо знать как максимально возможные значения токов короткого замыкания, необходимые для проверки коммутационной способности, так и минимально возможные, необходимые для проверки чувствительности.

Ток металлического КЗ в сети постоянного тока определяется по формуле:

$$I_{КЗ_М} = \frac{E_{АБ}}{R_{АБ} + R_{ВШ}},$$

где:

$E_{АБ}$ - внутренняя ЭДС аккумулятора, находящегося в режиме кратковременного разряда большим током, В;

$R_{АБ}$ - внутреннее сопротивление аккумулятора, мОм;

$R_{ВШ}$ - внешнее сопротивление цепи КЗ, мОм:

$R_{ВШ} = R_{ОШ} + R_{КБ} + R_{ПР} + R_{ТК} + R_{КС}$,

где:

$R_{ОШ}$ - активное сопротивление ошиновки, мОм;

$R_{КБ}$ - активное сопротивление кабелей, мОм;

$R_{ПР}$ - активное сопротивление проводника, мОм;

$R_{ТК} + R_{КС}$ - сопротивление токовых катушек АВ и контактных соединений, мОм, рекомендуется указывать значения из паспортных данный АВ, в противном случае, в соответствии с «Дополнениями к методическим указаниям по расчету защит в системе постоянного тока тепловых электростанций и подстанций» МУ 34-70-035-83, стр. 18.

Сопротивление проводов, кабелей и шин может быть рассчитано, если известны их длина и сечение:

$R = \rho \times \frac{L}{S}$, где:

ρ - удельное сопротивление, $\frac{Ом \times мм^2}{м}$, для меди $\rho = 0,0172 \frac{Ом \times мм^2}{м}$, для алюминия $\rho = 0,0283 \frac{Ом \times мм^2}{м}$;

L – длина, м;

S – сечение, $мм^2$.

Сопротивление АБ из 68-и элементов:

$R_{АБ} = 68 \cdot 0,6 \cdot 0,001 = 0,0408\ (Ом)$

Для вводного предохранительного разъединителя ввода АБ (FH00, с ножевой плавкой вставкой PNA000 100A gG):

Рассеиваемая мощность контактной системы аппарата – 7 Вт/полюс.

Рассеиваемая мощность плавкой вставки 100А – 6,95 Вт/полюс.

$R_{100(АБ)} = 2 \cdot 0,001395 = 0,00279\ (Ом)$ - сопротивление предохранительного разъединителя ввода АБ.

Для вводного предохранительного разъединителя секции ШОТ (FH000, с ножевой плавкой вставкой PN000 63A gG):

Рассеиваемая мощность контактной системы аппарата – 7 Вт/полюс.

Рассеиваемая мощность плавкой вставки 63А – 4,6 Вт/полюс.

$R_{63(секц)} = 2 \cdot 0,002923 = 0,00584\ (Ом)$ - сопротивление предохранительного разъединителя ввода секции ШОТ.

Далее расчет сопротивлений предохранительного разъединителя ведется исходя из сложения рассеиваемой мощности плавкой вставки и рассеиваемой мощности контактной системы аппарата в 7Вт.

Для предохранительного разъединителя отходящего фидера секции (FH00, с ножевой плавкой вставкой PNA000 32A gG):

Рассеиваемая мощность плавкой вставки 32А – 2,6 Вт/полюс.

$R_{ПР32(отход.)} = 2 \cdot 0,009375 = 0,019\ (Ом)$.

Для предохранительного разъединителя отходящего фидера секции (FH00, с ножевой плавкой вставкой PNA000 25A gG):

Рассеиваемая мощность плавкой вставки 25А – 2,3 Вт/полюс.

$R_{ПР25(отход.)} = 2 \cdot 0,015 = 0,03\ (Ом)$.

Для предохранительного разъединителя ввода ЗУ1(2) (FH00, с ножевой плавкой вставкой PNA000 20A gG):

Рассеиваемая мощность плавкой вставки 20А – 2,53 Вт/полюс.

$R_{20(ЗУ)} = 2 \cdot 0,024 = 0,048\ (Ом)$

Для автомата питания цепей центральной сигнализации (S203M-K4UC):

$R_{АВ4(ЦС)} = 2 \cdot 0,112 = 0,224\ (Ом)$

Для автомата питания терминалов, ЭМВ и ЭМО (LTN-UC-4C-2):

$R_{АВ4С(шкафа)} = 0,162\ (Ом)$

1.4. **Проверка кабелей на невозгорание**

Для соединения АБ со шкафом ШОТ используется кабель марки H07RN-F (кабель с гибкими медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке из маслобензостойкой резины, не распространяющей горение). Максимальная температура нагрева жил при коротком замыкании для кабелей H07RN-F равна 250°С (1 сек.)

Для соединения шкафов СОПТ используется кабель марки ВВГнг(А)-LS (кабель силовой с изоляцией и оболочкой из поливинихлоридных композиций пониженной пожароопасности до 1 кВ). Максимальная температура нагрева жил при коротком замыкании для кабелей ВВГнг(А)-LS равна 160°С (1 сек.)

При данных температурах изоляция ещё не теряет своих свойств и после устранения причины аварии может производиться дальнейшая эксплуатация кабеля. Если температура превысила +160°С, изоляция теряет свои свойства. Задача как можно быстрее отключить токи КЗ ложится на автоматические выключатели. Важную роль играет время срабатывания электромагнитных расцепителей автомата при КЗ. ГОСТ Р 5034599, а также аналогичные зарубежные документы, к сожалению, содержат лишь требование о том, что

время действия автоматических выключателей в начальной зоне отсечки («время мгновенного расцепления») должно быть менее 0,1 с.

Для каждой конкретной линии производится расчёт максимального выдерживаемого тока, при котором не произойдёт возгорание. Чем выше ток КЗ и чем дольше время его протекания, тем больше нагревается кабель, тем больше вероятность его возгорания.

Отраслевая научно-техническая документация допускает проведение выбора и проверок силовых кабелей, в электроустановках напряжением до 1 кВ на не возгорание, по условиям КЗ, удаленного от начала кабельной линии на 20 метров. Расчёт кабелей по условию невозгорания производится в соответствии с Циркуляром №Ц-02-98(Э):

1.Определяется начальная температура жил кабеля (до короткого замыкания).

За начальную температуру принимают максимально возможную температуру предшествующего режима

$$\mathbf{T = T_0 + (I^2 / I_{дд}^2) * (T_{доп} - T_{0расч})},$$

где $\mathbf{T_0}$ – фактическая температура окружающей среды во время короткого замыкания,^{0}C (принимается в ряде случаев $\mathbf{\Theta_0} = +30^0$C)

$\mathbf{T_{Доп}}$ – расчетная длительно допустимая температура жилы, ^{0}C (для кабелей КВВГЭнг-LS на напряжение 0,66 кВ - 70 ^{0}C)

$\mathbf{T_{0расч}}$ – расчетная температура окружающей среды, ^{0}C (для земли - 15^{0}C, для воздуха - 25 ^{0}C);

$\mathbf{T_{дд}}$ – значение расчетного длительного допустимого тока, А.

2.Определяется значение коэффициента **К**

$$\mathbf{K} = b * I_{К3}^2 * t_O / F^2 ,$$

где b – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала (для медных жил – 19,58 м^4/кА^2·с);

t_O – время протекания тока короткого замыкания, с.

$t_O = t_B$, где t_B – время отключения автоматического выключателя.

3.Определяется температура жил в конце короткого замыкания

$\mathbf{T_К = T * e^K + \boldsymbol{a} (e^K - 1)}$, где $\boldsymbol{a}$ – величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0 ^{0}C, равная 228 ^{0}C.

Результаты проверки кабелей на невозгорание представлены в сводной таблице расчетов токов кз в цепях оперативного постоянного тока.