



**Общество с ограниченной ответственностью
«Томскэлектросетьпроект»**

Заказчик: АО «ИЭСК»

**«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2
мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост
мощности 76 МВА)»**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

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

Подраздел 1. Система электроснабжения

Часть 6. Система оперативного постоянного тока

Ю5-373-ИОС1.6

Том 5.1.6

Изм.	№ док.	Подп.	Дата



Общество с ограниченной ответственностью
«Томскэлектросетьпроект»

Заказчик: АО «ИЭСК»

«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2
мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост
мощности 76 МВА)»

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

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

Подраздел 1. Система электроснабжения

Часть 6. Система оперативного постоянного тока

Ю5-373-ИОС1.6

Том 5.1.6

Директор

О.Г. Агеенко

Главный инженер проекта

Д.В. Ершов

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Согласовано		

Взам. инв. №	

Подп. и дата	

Инв. № подл.	

Обозначение			Наименование						Примечание		
Ю5-373-ИОС1.6-С			Содержание тома 5.1.6						1		
Ю5-373-ИОС1.6.ТЧ			Текстовая часть						38		
Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ			Графическая часть						11		

Содержание

1	Технические решения СОПТ	2
1.1	Режимы работы подстанции. Определение длительной и толчковой нагрузок.....	2
1.1.1	Определение длительной нагрузки	2
1.1.2	Определение толчковой нагрузки.....	4
1.2	Выбор источников постоянного тока 220 В	5
1.2.1	Расчет емкости аккумуляторных батарей.....	5
1.2.2	Расчет выходного тока зарядного устройства.....	7
1.3	Требования к системе оперативного постоянного тока ПС	7
1.4	Выбор коммутационных аппаратов верхнего уровня.....	8
1.5	Выбор коммутационных аппаратов нижнего уровня	10
1.6	Расчет токов короткого замыкания в СОПТ	14
1.7	Проверка кабелей на возгорание.....	19
	Приложение А. Сводные таблицы расчета токов короткого замыкания в оперативных цепях постоянного тока	21
	Лист регистрации изменений.....	38

Согласовано:

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ

Текстовая часть

Стадия	Лист	Листов
П	1	38
 ООО «Томскэлектросетьпроект»		

1 Технические решения 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 шин: $\pm EN1$, $\pm EC1$). Постоянная нагрузка, как правило, невелика и составляет порядка 10-15А;
- временная нагрузка – появляется при исчезновении переменного тока во время аварийного режима: аварийное освещение. Длительность этой нагрузки определяется длительностью аварии (расчетная длительность 8 часов).
- кратковременная (толчковая) нагрузка (длительностью не более 1с) – создается токами включения и отключения приводов выключателей 110 и 10 кВ, пусковыми токами электродвигателей и токами нагрузки аппаратов управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, кратковременно обтекаемых током (питание от шин: $\pm EY$, $\pm EC$).

Для определения наибольшей толчковой нагрузки рассматриваются различные аварийные режимы.

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

1.1 Режимы работы подстанции. Определение длительной и толчковой нагрузок

1.1.1 Определение длительной нагрузки

Таблица 1. Перечень потребителей системы оперативного постоянного тока 220 В (с учетом перспективы)

шк./яч.	Наименование устройства	Количество	Постоянная нагрузка, Вт	Временная нагрузка, Вт	Кратковременная нагрузка, Вт
ОПУ. Резервная защита и АУВ ввода ВН, основная защита 1к Т-1					
8Р	Терминал основной защиты 1к	1	30	-	-
	Терминал резервной защиты и АУВ	1	30	-	-
	Питание газовой защиты	1	20	-	-
	Питание технологической защиты	1	20	-	-

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

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ		Лист
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			2

<i>шк./яч.</i>	<i>Наименование устройства</i>	<i>Количество</i>	<i>Постоянная нагрузка, Вт</i>	<i>Временная нагрузка, Вт</i>	<i>Кратковременная нагрузка, Вт</i>
ОПУ. Шкаф основной защиты 2к и АРКТ трансформатора Т-1					
7Р	Терминал основной защиты	1	30	-	-
	Питание газовой защиты	1	30	-	-
	Питание технологической защиты	1	20	-	-
	Питание терминала АРКТ	1	20	-	-
ОПУ. Шкаф центральной сигнализация					
11Р	Терминал ЦС	2	75	-	50
ОПУ. Шкаф гарантированного питания					
1С	Потребители постоянного тока	1	2155	-	-
ОПУ. Резервная защита и АУВ ввода ВН, основная защита 1к Т-2					
10Р	Терминал основной защиты 1к	1	30	-	-
	Терминал резервной защиты и АУВ	1	30	-	-
	Питание газовой защиты	1	20	-	-
	Питание технологической защиты	1	20	-	-
ОПУ. Шкаф основной защиты 2к и АРКТ трансформатора Т-2					
9Р	Терминал основной защиты	1	30	-	-
	Питание газовой защиты	1	30	-	-
	Питание технологической защиты	1	20	-	-
	Питание терминала АРКТ	1	20	-	-
Панель управления Т-1					
13Р	Питание измерительных приборов	1	25	-	-
Панель управления Т-2					
12Р	Питание измерительных приборов	1	25	-	-
ОПУ. Шкаф ОБР					
4Р	Терминал ОБР	1	30	-	-
	Питание потребителей ОБР	1	500	-	-
ОПУ. Шкаф РАС (учет перспективного развития)					
-	Устройство РАС	1	100	-	-
ОПУ. Шкаф организации цепей напряжения 110 кВ					
3Р	Питание измерительных приборов	2	10	-	-
ЗРУ 10 кВ					
Шкаф АЧР 1СШ-2СШ 10 кВ					
7Рз	Терминал АЧР и ЧАПВ	2	25	-	-
Шкаф АЧР 3СШ-4СШ 10 кВ					
8Рз	Терминал АЧР и ЧАПВ	2	25	-	-
Шкаф управления ДГР 1СШ-2СШ					
1Рз	Терминал управления ДГР	2	15	-	-
Шкаф управления ДГР 3СШ-4СШ					
2Рз	Терминал управления ДГР	2	15	-	-

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

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ		Лист
								3

шк./яч.	Наименование устройства	Количество	Постоянная нагрузка, Вт	Временная нагрузка, Вт	Кратковременная нагрузка, Вт
Шкаф дуговых защит 10 кВ					
ЗРз-6Рз	Дуговая защита	4	20	-	-
Ячейки 10 кВ					
	Терминал защиты	50	20		-
	ЭНИП	33	50		
P_{Σ} , Вт	-	-	6495	0	5380
I_{Σ} , А	-	-	29,52	0	24,45

1.1.2 Определение толчковой нагрузки

Для защиты силового трансформатора 63 МВА устанавливается два комплекта основной защиты.

На ПС 110 кВ Луговая устанавливаются выключатели со следующими характеристиками:

- на стороне 110 кВ: $I_{\Sigma B} = I_{\Sigma 0} = 2,5 \text{ А}$.
- на стороне 10 кВ: $I_{\Sigma B} = I_{\Sigma 0} = 2 \text{ А}$.

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

1. Режим срабатывания дифзащиты трехобмоточного трансформатора. При этом происходит отключение выключателя 110 кВ (действие на отключение выключателя 110 кВ производится на оба электромагнита отключения), и двух вводных 10 кВ;
2. Режим срабатывания дуговой защиты шин 10 кВ. Производится отключение вводного и секционного выключателей 10 кВ (в предположении, что СВ-10 кВ был включен);
3. Срабатывание устройства АЧР. Может одновременно отключиться до 12-х выключателей 10 кВ.
4. С учётом выбранного оборудования значения толчковой нагрузки для различных режимов будут выглядеть следующим образом:

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

Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ

Таблица 2. Возможные режимы срабатывания защит в аварийном режиме

№	Описание режимов	Толчковая нагрузка, А
1	Срабатывание дифзащиты трансформатора	$2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 2,5 + 2 = 12$
2	Срабатывание дуговой защиты 10 кВ	$2 + 2 = 4$
3	Срабатывание устройств АЧР 10 кВ	$2 \cdot 12 = 24$

В итоге максимальная толчковая нагрузка в конце аварийного режима будет равна - $I_{НГ} = 24 \text{ А}$.

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

1.2 Выбор источников постоянного тока 220 В

1.2.1 Расчет емкости аккумуляторных батарей

Расчет емкости аккумуляторов производится по разрядной характеристике, соответствующей напряжению в конце. Для рассматриваемого аккумулятора Stark АГН производитель приводит график для значения 1,85 В/эл.

Расчет емкости для уточнения значения по разрядной характеристике выполняется по следующему выражению:

$$C' = k_{\text{ср}} \cdot t \cdot I_{\text{ср}},$$

где $I_{\text{ср}}$ – усредненное за время разряда суммарное значение тока постоянной и временной нагрузок, А;

t – расчетная продолжительность разряда аккумуляторной батареи, ч;

$k_{\text{ср}}$ – усредненное значение коэффициента интенсивности разряда аккумуляторной батареи; принимается равным 1,5.

$$C' = 1,5 \cdot 8 \cdot 29,52 = 354,27 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Наиболее подходящее из номинального ряда емкостей значение 400 А · ч, но рассмотрим вариант с установкой двух аккумуляторных батарей по 200 А · ч, подключенных параллельно, поскольку такой номинал отличается более удачным габаритным исполнением.

Предварительный расчет емкости аккумуляторной батареи выполняется по выражению:

$$C_{\text{пр}} = k_1 \cdot (I_{\text{пт.нг}} + I_{\text{вр.нг}}) + k_2 \cdot I_{\text{кр.нг}},$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ			5

Разрядная характеристика для двух подключенных параллельно батарей AGM с номинальной емкостью 200 А · ч представлена в таблице 3.

t, мин	15	480
1,85 В/эл	$324 \cdot 2 = 648$	$23,9 \cdot 2 = 47,8$

$$C_{\text{np}} = 8,368 \cdot 30,4 + 0,617 \cdot 9,5 = 260,258 \text{ A} \cdot \text{ч.}$$

Таблица 4 – Результаты расчета $C_{пр}$

t_1 , ч	$I(t_1)$, А	t_2 , с	$I(t_2)$, А	$k_1, \frac{A \cdot ч}{A}$	$k_2, \frac{A \cdot ч}{A}$	$I_{пт.нг}$, А	$I_{вр.нг}$, А	$I_{кр.нг}$, А	$C_{пр}$, А·ч
8	47,8	5	648	8,368	0,617	29,52	0	24,45	262,15

Для компенсации снижения емкости под влиянием рабочей температуры и старения аккумуляторов в процессе всего срока эксплуатации, $C_{\text{пр}}$ необходимо увеличить согласно выражению:

$$C = k_{\text{э}} \cdot C_{\text{пр}},$$

где k_3 – коэффициент, учитывающий работу АБ при температуре 10 °С и снижение рас-
полагаемой емкости до 80 % номинальной емкости к концу срока службы; принимается равным
1,5.

Увеличенное значение емкости:

$$C = 1,5 \cdot 262,15 = 393,22 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Принимаем к установке аккумуляторную батарею емкостью 400 А · ч.

1.2.2 Расчет выходного тока зарядного устройства

Номинальный выходной ток зарядного устройства (ЗУ) выбирается из ряда номинальных токов (ГОСТ 25953-83) по условию:

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{нб.раб}},$$

где $I_{\text{нб.раб}}$ – наибольший рабочий выходной ток ЗУ.

Значение наибольшего рабочего тока рассчитывается по выражению:

$$I_{\text{нб.раб}} = I_{\text{пт.нг}} + k \cdot C_{10},$$

где $I_{\text{пт.нг}}$ – ток постоянной нагрузки СОПТ, А;

k – коэффициент запаса, учитывающий потери энергии при заряде аккумуляторов; принимается равным 0,12 1/ч.

Наибольший рабочий ток ЗУ:

$$I_{\text{нб.раб}} = \frac{29,52 + 0,12 \cdot 400}{2} = 38,76 \text{ А.}$$

Наиболее подходящее из номинального ряда значение тока зарядного устройства $I_{\text{ном}} = 40 \text{ А.}$

1.3 Требования к системе оперативного постоянного тока 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:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист 7
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ			

- 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 трехуровневой обеспечивают селективное отключение КЗ на защищаемом участке, верхнего и среднего уровней, а также в зоне резервирования. Требуемые коэффициенты чувствительности $K_{\text{ч}}$ 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.

1.4 Выбор коммутационных аппаратов верхнего уровня

Рядовой предохранительный выключатель нагрузки - разъединитель FN000 предназначен 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.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ			8

- 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 запираания крышки выключателя нагрузки - разъединителя.
- Крепление:
- Непосредственно на панель при помощи винтов.
- На сборные шины с шагом 60 mm при помощи адаптера.
- 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 предназначены 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 5. 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

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

Изм.	Колуч.	Лист	Нодж.	Подп.	Дата

1.5 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 В DC (1-полюсные), 440 В DC (2-полюсные), 230/400 В AC. При подключении в цепи постоянного тока необходимо строго соблюдать полярность прибора.
- Для защиты кабелей и проводов от перегрузки и короткого замыкания.
- Характеристика отключения С согласно EN 60898-2.
- Отключающая способность 10 кА.

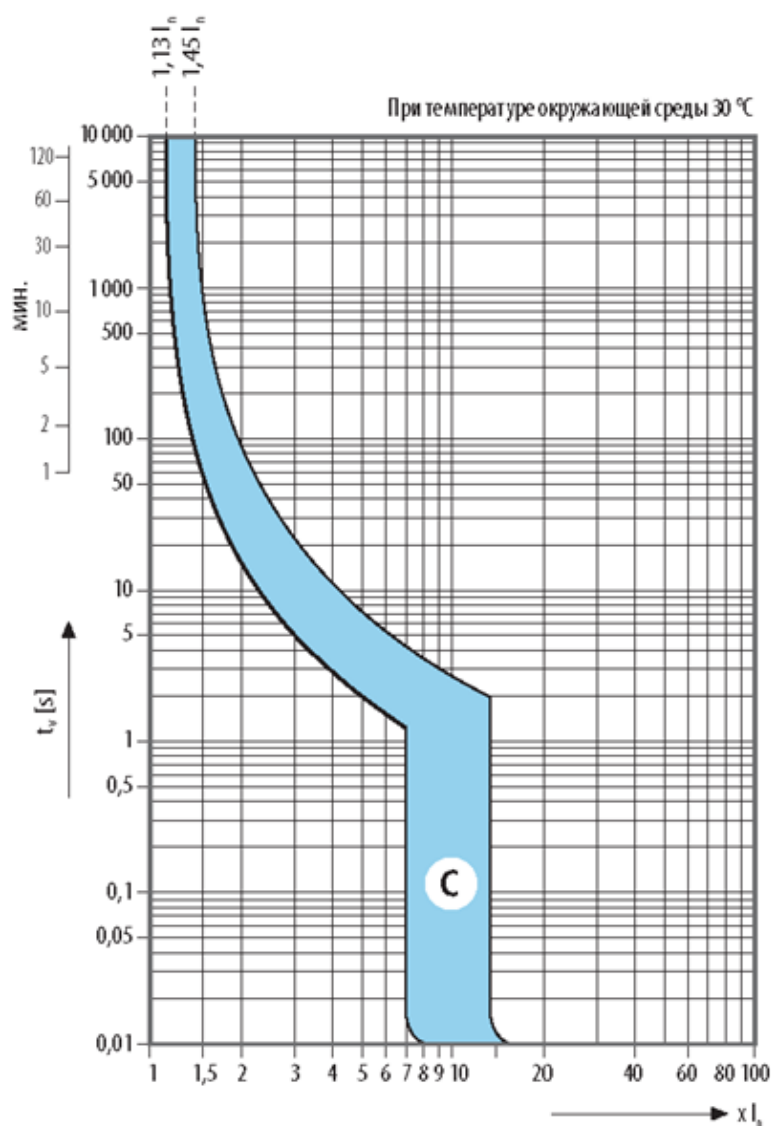


Рис. 3. Характеристики LTN-UC в цепи постоянного тока

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

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

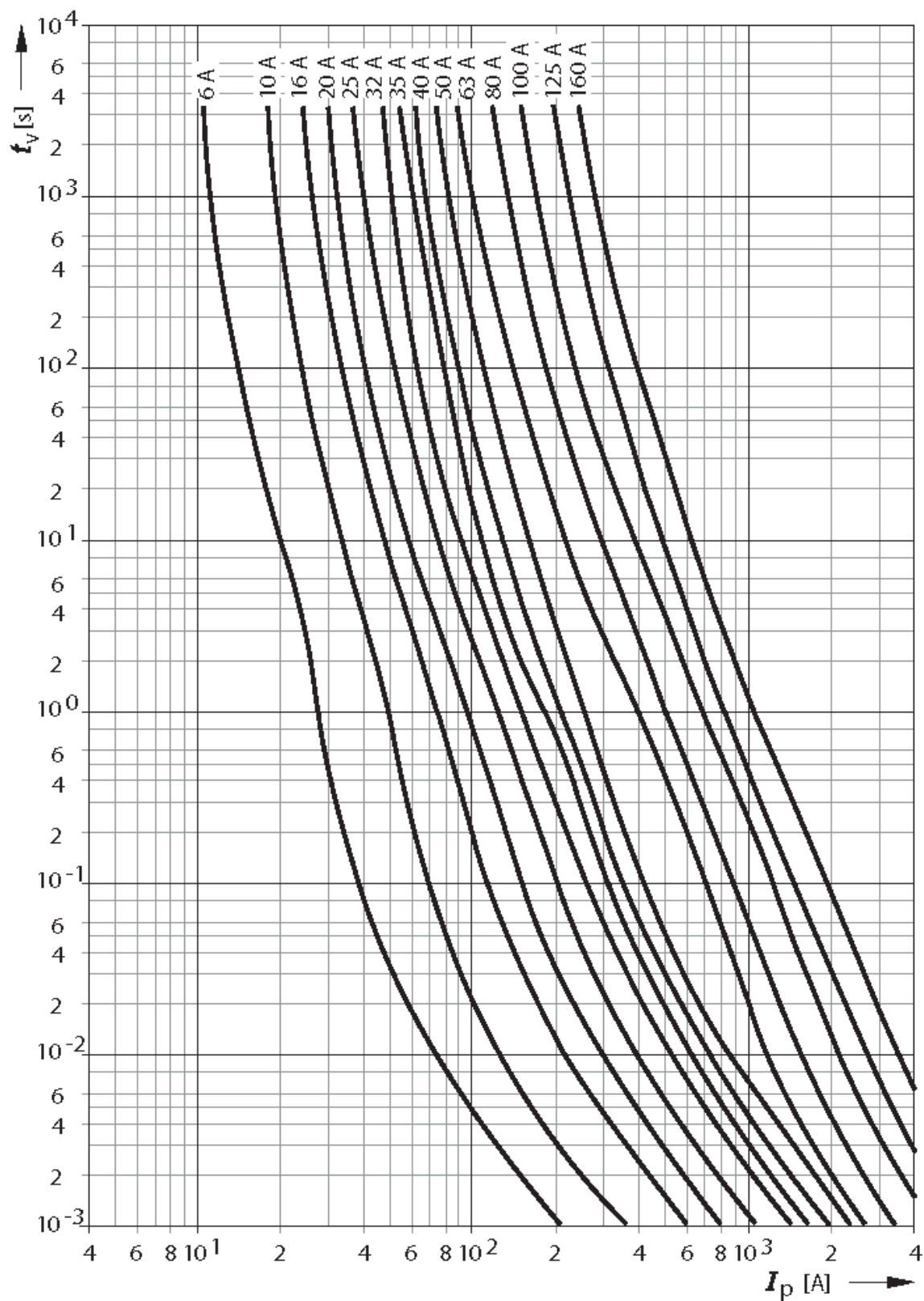


Рис. 4. Времятоковые характеристики ножевых плавких вставок PNA000 gG

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №			

Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ

Лист

11

Таблица 6. Автоматические выключатели для цепей постоянного и переменного тока

I_n [A]	Характеристика С		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 PNA 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 7. Селективность автоматических выключателей LTN-UC характеристики С дополнительными 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

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

Изм.	Колуч.	Лист	Подж.	Подп.	Дата

Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ

Лист

12

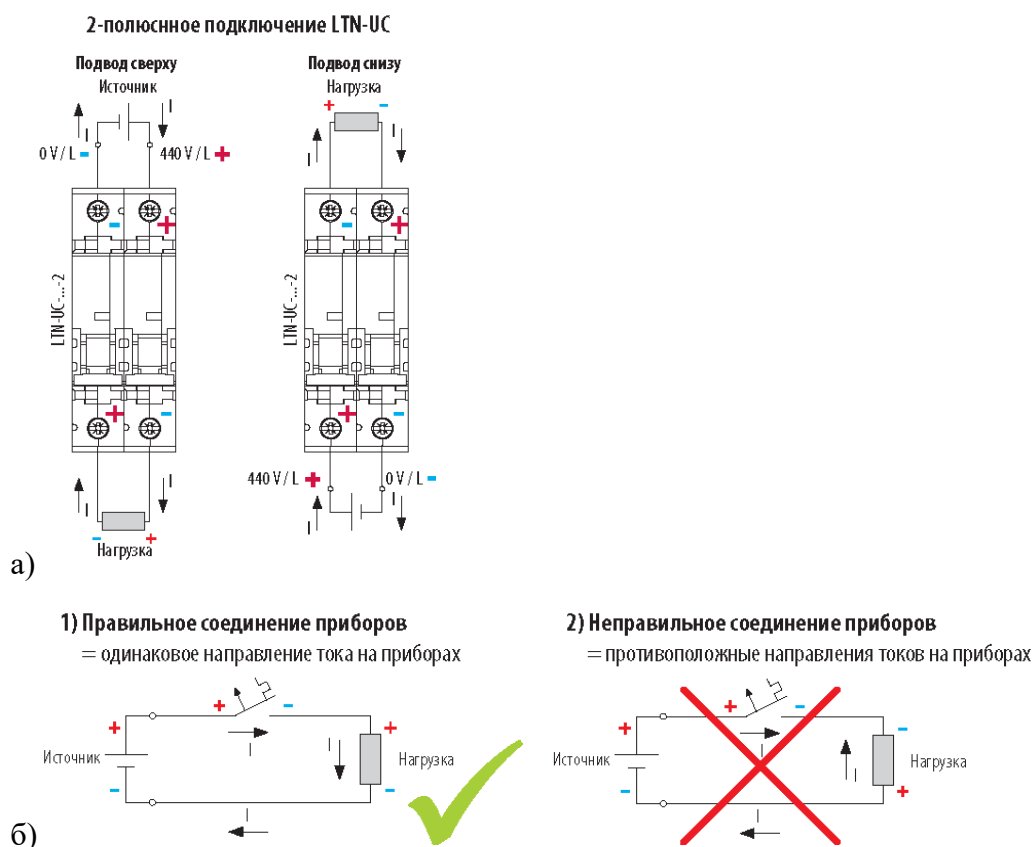


Рис. 5. а, б) Пример соединения автоматических выключателей LTN-UC в цепи постоянного тока

Основными потребителями постоянного оперативного тока в шкафах РЗА являются микропроцессорные терминалы, а также вспомогательные промежуточные реле и светодиодные лампы сигнализации. Потребление микропроцессорных терминалов состоит из основного питания самого терминала, а также потребление его входными дискретными входами и выходными реле. Суммарное потребление шкафа невелико, и составляет порядка 60 Вт в режиме срабатывания при задействовании максимального количества вспомогательного оборудования (промежуточные реле, светодиодные лампы сигнализации).

Однако для определения номинала и характеристики защитного аппарата зачастую ключевым являются пусковые токи включения. У терминалов различных производителей устройств РЗА они составляют порядка 25А. Таким образом, несмотря на малую постоянную нагрузку, выберем номинал и характеристику, позволяющую произвести операцию включения терминала.

$$I_{н.р.} \cdot (7 \div 15) \geq 25A;$$

$$\text{При } I_{н.р.} = 4 \rightarrow 4 \cdot (7 \div 15) \geq 25A;$$

$$(28 \div 60) \geq 25A.$$

Инв. № подл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Изм.	Колуч.
Лист	Подп.
Лист	Дата

Выбираем модульный автоматический выключатель LTN-UC-4C-2 с номинальным током 4А. Данный автоматический выключатель также подлежит дальнейшим проверкам на основе расчетов токов короткого замыкания в СОПТ.

1.6 Расчет токов короткого замыкания в СОПТ

В настоящее время для расчета токов КЗ и выбора аппаратов защиты в системе постоянного тока используется стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 59647007- 29.120.40.216-2016 «Методические указания по выбору оборудования СОПТ» (изм. 14.04.2021), в котором представлены систематизированные методики выбора аппаратов защиты, проверки чувствительности, селективности и резервирования устройств защиты в действующих электроустановках.

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:

где:

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

R_{AB} - 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 данных 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:

$$R = \rho \frac{L}{S},$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ			14

$$R_{\text{ПР16(отход)}} = 2 \cdot 0,034 = 0,068 \text{ (Ом)}.$$

Для автомата питания терминалов (LTN-UC-4C-2):

$$R_{\text{AB 4C(шкафа)}} = 0,162 \text{ (Ом)}.$$

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

$$R_{\text{AB 2C(шкафа)}} = 0,596 \text{ (Ом)}.$$

Подробный расчет токов КЗ предоставляется для одного конкретного присоединения и описывает методику расчета для всех остальных фидеров.

Расчета токов КЗ в ветви питания шкафа №4Р ОБР (питание терминала ОБР, наименьшая длина кабеля до конечного потребителя).

Расчеты токов короткого замыкания для конкретной ветви необходимо производить для разных расчетных условий:

- для проверки проводников на термическую стойкость и невозгораемость

Таблица 8. Расчетные условия короткого замыкания для проверки проводников на термическую стойкость и невозгораемость

Расчетное условие	Набор 1	Набор 2
Расчетная схема	нормальная	
Расчетное место	начало КЛ	конец КЛ
Расчетный вид	дуговое	металлическое
Расчетный момент времени	начальный момент	
Предшествующий режим	зарядные устройства включены, аккумуляторная батарея – полностью заряжена	

Таблица 9. Расчетные условия короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов

Расчетное условие	Минимальный ток КЗ	Максимальный ток КЗ
Расчетная схема	Нормальная	
Расчетное место	Конец общей зоны защиты	Начало общей зоны защиты
Расчетный вид	Дуговое	Металлическое
Расчетный момент времени	Начальный момент	
Предшествующий режим	Зарядные устройства отключены, аккумуляторная батарея – разряжена	Зарядные устройства включены, аккумуляторная батарея – полностью заряжена

Расчет тока дугового кз в начале кабеля для проверки проводников на термическую

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ				16

1) Сопротивление АБ (учитываем, что для набора полной ёмкости 400 Ач используется два комплекта АБ по 200Ач, по желанию заказчика каждый из комплектов подключается к ЩПТ через отдельный предохранитель: далее каждое сопротивление цепочки комплекта АБ для расчета общего параллельного сопротивления будет делиться на 2):

$$R_{\Sigma 6at1} = n \cdot R_{BH} = (17 \cdot 3,6 \cdot 0,001) / 2 = 0,0306 \text{ O}_M.$$
$$R_{\text{OIII_AB}} = 0,0172 \cdot \frac{2,3}{2,50} = 0,00103 \text{ O}_M.$$
$$R_{AB_ЩПТ} = 0,0172 \cdot \frac{2,3}{2,50} = 0,00206 \text{ Ом.}$$
$$R_{100(AB)} = 2 \cdot 0,0014/2 = 0,0014 \text{ ОМ.}$$
$$R_{\text{OIII_AB}} = 0,0172 \cdot \frac{2 \cdot 1}{50} = 0,0069 \text{ OM.}$$
$$R_{63(C1)} = 2 \cdot 0,002923 = 0,00584 \text{ O}_M.$$
$$R_{\text{ПР25(отход.)}} = 2 \cdot 0,015 = 0,03 \text{ Ом.}$$
$$R_{\text{ШПТ_ШРОТ}} = 0,0172 \cdot \frac{2 \cdot 8}{10} = 0,02752 \text{ Ом.}$$
$$R_{\text{ШПОТ}} = 0,0172 \cdot \frac{2,1}{10} = 0,00344 \text{ Ом.}$$
$$R_{AB4} = 2 \cdot 0,081 = 0,162 \text{ OM.}$$

Сопротивление в начале кабеля, соединяющего шкаф ШРОТ и шкаф №4Р ОБР:

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ	Лист
							17

$$R_{\text{ШПОТ}_{\text{N}24\text{P}/1}} = 0,0172 \cdot \frac{2,1}{2,5} = 0,01376 \text{ Ом.}$$

где 1 м. – минимальное расстояние от автоматического выключателя (АВ) до места в кабеле, где может произойти КЗ.

Сопротивление в конце кабеля, соединяющего шкаф ШРОТ и шкаф №4Р ОБР:

$$R_{\text{ШПОТ}_{\text{№4P}/2}} = 0,0172 \cdot \frac{2 \cdot 16}{2,5} = 0,22016 \text{ ОМ.}$$

Внешнее сопротивление цепи КЗ в начале кабеля для металлического КЗ:

$$R_{\text{ВШ}} = R_{\text{ОШ_АБ}} + R_{\text{АБ_ЩПТ}} + R_{\text{ЩПТ}} + R_{100(\text{АБ})} + R_{63(\text{С1(2)})} + R_{\text{ПР25(отход.)}} + R_{\text{ЩПТ_ШРОТ}} + R_{\text{ШРОТ}} + R_{\text{АВ4}} + R_{\text{ШРОТ}_{\text{№4P/1}}} = 0,24774 \text{ Ом.}$$

Для расчета кабелей и шинок из медного проводника для расчета токов дугового замыкания производится перерасчет сопротивлений с учетом увеличения их активного сопротивления.

$$R_{Д \text{ каб/ош}} = C_{\vartheta} \cdot R_{М \text{ каб/ош}},$$

где C_9 - коэффициент, учитывающий увеличение активного сопротивления медного кабеля (значения параметра взяты из ГОСТ 29176-91 «Короткие замыкания в электроустановках»).

Внешнее сопротивление цепи КЗ в начале кабеля для дугового КЗ:

$$R_{\text{ВШ1}} = 1,5 \cdot (R_{\text{ОШ_АБ}} + R_{\text{АБ_ЩПТ}} + R_{\text{ЩПТ}} + R_{100(\text{АБ})} + R_{63(\text{С1(2)})} + R_{\text{ПР25(отход.)}} + R_{\text{ЩПТ_ШРОТ}} + R_{\text{ШРОТ}} + R_{\text{АБ4}}) = 0,272 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление цепи:

$$R_{\text{PE3}} = R_{\text{Г6AT1}} + R_{\text{BIII1}} = 0,0306 + 0,272 = 0,3026 \text{ ОМ.}$$

Ток дугового кз в начале кабеля:

$$I_{K3_{д1}} = K_{д} \cdot \frac{E_{AB(xx)}}{R_{нез}} = 0,542 \cdot \frac{2,14 \cdot 6 \cdot 17}{0,3026} = 391 \text{ A.}$$

где $E_{AB(хх)}$ - ЭДС холостого хода АБ, т.е. напряжение полностью заряженной АБ, соответствует 2,14 В для АБ типа Stark АГН 12-200Ф (в каждой банке 12 В расположено 6 двухвольтовых элемента);

K_d – поправочный коэффициент, зависящий от результирующего сопротивления цепи.

Расчет тока металлического кз в конце кабеля для проверки проводников на возгораемость:

Внешнее сопротивление цепи КЗ в конце кабеля для металлического КЗ:

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

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ
Изм.	Кол.ч	Лист	№ док	Подп.	Дата	

$$R_{\text{ВШ2}} = R_{\text{ОШ_АБ}} + R_{\text{АБ_ЩПТ}} + R_{\text{ЩПТ}} + R_{100(\text{АБ})} + R_{63(\text{С1})} + R_{\text{ПР25(отход.)}} + R_{\text{ЩПТ1_ШРОТ}} + R_{\text{ШРОТ}} + R_{\text{АБ4}} + R_{\text{ШРОТ}_{\text{No.4D}}/2} = 0,45414 \text{ Ом.}$$

При данных температурах изоляция ещё не теряет своих свойств и после устранения причины аварии может производиться дальнейшая эксплуатация кабеля. Если температура превысила +250°C, изоляция теряет свои свойства. Задача как можно быстрее отключить токи КЗ ложится на автоматические выключатели, время мгновенного расцепления должно быть не более 0,02 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.

Температура проводника к моменту отключения короткого замыкания, $\vartheta_{кон}$, рассчитывается по выражению, ГОСТ Р МЭК 60949, °C,

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

где $\vartheta_{нач}$ - температура проводника в предшествующем режиме работы, °C, принимается равной наибольшей длительно допустимой температуре проводника;

β - величина, равная обратному температурному коэффициенту сопротивления при 0 °C, принимаемая равной 234,5 °K;

$I_{КЗ}$ - среднеквадратичное значение тока короткого замыкания, А

$t_{откл}$ - продолжительность протекания тока короткого замыкания в проводнике, с;

k_1 - постоянная, зависящая от материала проводника, принимается равной 226 А·с^{1/2}/мм² для проводника с медными токопроводящими жилами;

$S_{пр}$ - сечение проводника;

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ				20

Приложение А. Сводные таблицы расчета токов короткого замыкания в оперативных цепях постоянного тока

Таблица 1. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников от ШПОТ 1СШ, 2СШ на термическую стойкость и невозгораемость (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, L_K ,	Длина шинок или кабеля, $L_{Ш}$,	Сечение шинок или кабеля, $S_{Ш}$,	Сопrotивление кабеля с учетом двойной длины:	Сопrotивление ка- беля с учетом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 1} = 1.5 \times R_K$	Сопrotивление шинок или кабеля:	Сопrotивление шинки или ка- беля с учетом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 2} = 1.5 \times R_{Ш}$	Суммарное со- противление коммутационных аппаратов: $R_{(TK+KC)} =$ $= R_{AB} + R_{ПРЕД}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Шкаф ШПОТ, FU8(FU9) 25А	ВВГнг(А)-LS, 2x10	8	1	10	0,028	0,041	0,003	0,005	0,0028/2+0,00584+0,03
4	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	16	1	2,5	0,220	0,330	0,014	0,021	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162
5	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	22	1	2,5	0,303	0,454	0,014	0,021	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162

Таблица 1. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников от ШПОТ 1СШ, 2СШ на термическую стойкость и невозгораемость (продолжение)

№	Присоединения	Общее со- противление внешней цеп: $R_{K3} =$ $= R_{AB} + R_{(TK+KC)}$	Суммарное сопротив- ление внешней цепи и кабеля (без учета нагрева каб.): $R_{\Sigma} =$ $= R_{K3} + R_K + R_{Ш}$	Тип КА (ком- мутационн ого аппарата)	Характеристик а КА	Время от- ключения КА основной защиты при кз в начале кабеля	Длина ка- беля (в начале кабеля), м	Сопrotивление кабеля в начале с учетом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 3} =$ $= 1.5 \times R_{K0.1}$	Суммарное со- противление внешней цепи и кабеля для проверки на терм. стойкость (с учетом нагрева кабелей и шинок): $R_{\Sigma д} = R_{K3} + R_{\Theta 3} + R_{\Theta 2}$	Поправочный коэффициент по учету влия- ния на ток КЗ активного со- противления электрической дуги (в начале кабеля), K_a
		Ом	Ом			сек.	м	Ом	Ом	
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	0,064	0,070	Varius FH000	PNA000 100 gG	0,045	0,1	0,0001	0,067	0,502
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	0,038	0,042	Varius FH000	PNA000 63 gG	0,0014	0,1	0,0001	0,043	0,495
3	Шкаф ШПОТ, FU8(FU9) 25А	0,068	0,103	Varius FH000	PNA000 25 gG	0,001	0,1	0,0005	0,074	0,506
4	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля)	0,230	0,499	LTN-UC-4C-2	4C	0,02	0,1	0,0021	0,284	0,542
5	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля)	0,230	0,581	LTN-UC-4C-2	4C	0,02	0,1	0,0021	0,284	0,542

Ивл. № подл.

Подп. и дата

Взам. инв.№

Изм.

Колуч.

Лист

№ док

Подп.

Дата

Таблица 1. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников от ШПОТ 1СШ, 2СШ на термическую стойкость и невосгораемость (окончание)

№	Присоединения	Расчётный ток набора 1	Начальная температура жил кабеля	Температура жил в конце короткого замыкания при КЗ в начале кабеля	Время отключения КА резервной защиты при кз в конце кабеля	Расчётный ток набора 2	Температура жил в конце короткого замыкания (при кз в конце защищаемого кабеля)	Тип КА резервной защиты	Характеристика КА резервной защиты
		Расчёт тока дугового КЗ в начале кабеля исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и полностью заряженной АБ				Расчёт тока металлического КЗ в конце кабеля исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заряженной АБ			
		А				А			
		19		град. Цельсия	град. Цельсия	сек.		град. Цельсия	
		20		21		22		23	
		24		25		26			
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	1630,623	70	70,285	0,001	3109,756	70,023	Varius FH000	PNA000 100 gG
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	2537,114	70	70,021	0,001	5244,090	70,066	Varius FH000	PNA000 63 gG
3	Шкаф ШПОТ, FU8(FU9) 25А	1491,918	70	70,133	0,001	2127,817	70,270	Varius FH000	PNA000 25 gG
4	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля)	416,547	70	73,328	0,0076	437,870	71,393	Varius FH000	PNA000 25 gG
5	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля)	416,547	70	73,328	0,013	375,656	71,755	Varius FH000	PNA000 25 gG

Таблица 2. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в ШРОТ 1СШ, 2СШ (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, L_K ,	Длина шинок или кабеля, $L_{Ш}$,	Сечение шинок или кабеля, $S_{Ш}$,	Сопротивление кабеля с учётом двойной длины:	Сопротивление ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 1} = 1.5 \times R_K$	Сопротивление шинок или кабеля:	Сопротивление шинки или ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 2} = 1.5 \times R_{Ш}$	Суммарное со- противление коммутационных аппаратов: $R_{(TK+KC)} =$ $= R_{AB} + R_{ПРЕД}$
			м	м	мм ²					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Шкаф ШРОТ1, FU8(FU9) 25А	ВВГнг(А)-LS, 2x10	8	1	10	0,028	0,041	0,003	0,005	0,0028/2+0,00584+0,03
4	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	16	0	2,5	0,220	0,330	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162
5	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	1	0	2,5	0,014	0,021	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162
6	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	22	0	2,5	0,303	0,454	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162
7	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	1	0	2,5	0,014	0,021	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162

Таблица 2. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в ШРОТ 1СШ, 2СШ (продолжение)

№	Присоединения	Общее со- противление внешней цеп: $R_{KЗ} =$ $= R_{AB} + R_{(TK+KC)}$	Суммарное сопротивле- ние внешней цепи и ка- беля (без учёта нагрева каб.): $R_{\Sigma} =$ $= R_{KЗ} + R_K + R_{III}$	Суммарное сопротивление внешней цепи и кабеля (с учётом нагрева кабелей и шинок, а также разряженной АБ): $R_{\Sigma d} =$ $= R_{KЗ} + R_{\Theta 1} + R_{\Theta 2}$	Поправочный коэффици- ент по учёту влияния на ток КЗ активного сопро- тивления электрической дуги (в конце кабеля), K_o	Расчёт тока металлического КЗ исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заряженной АБ
		Ом	Ом	Ом		А
		10	11	12		14
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	0,064	0,067	0,104	0,512	3253,249
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	0,038	0,042	0,059	0,497	5244,090
3	Шкаф ШРОТ1, FU8(FU9) 25А	0,068	0,103	0,135	0,520	2127,817
4	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	0,230	0,485	0,627	0,567	450,300
5	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	0,230	0,278	0,318	0,542	784,209
6	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	0,230	0,567	0,751	0,567	384,767
7	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	0,230	0,278	0,318	0,542	784,209

Таблица 2. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в ШРОТ 1СШ, 2СШ (окончание)

№	Присоединения	Расчёт тока дугового КЗ исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и разряженной АБ	Тип КА (коммутационного аппарата)	Характеристика КА	Максимальный ток срабатываая КА <i>I_{ср. макс.}</i>	Коэффициент чувствительности: (не менее 1,1 в конце зоны защиты)
		А			А	
		15	16	17	18	19
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	929,986	Varius FH000	PNA000 100 gG	-	-
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	1594,530	Varius FH000	PNA000 63 gG	-	-
3	Шкаф ШРОТ1, FU8(FU9) 25А	725,469	Varius FH000	PNA000 25 gG	-	-
4	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	170,508	LTN-UC-4C-2	4C, I _{ср} =28÷60	60	2,842
5	Питание терминала ОБР в шкафу №4Р, SF 4А (минимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	321,726	LTN-UC-4C-2	4C, I _{ср} =28÷60	60	5,362
6	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	142,404	LTN-UC-4C-2	4C, I _{ср} =28÷60	60	2,373
7	Питание измерительных приборов в шкафу №13Р ПУ Т1, SF 4А (максимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	321,726	LTN-UC-4C-2	4C, I _{ср} =28÷60	60	5,362

Таблица 3. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников от ШПОТ 3СШ, 4СШ на термическую стойкость и невозгораемость (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, L_K ,	Длина шинок или кабеля, $L_{Ш}$,	Сечение шинок или кабеля, $S_{Ш}$,	Сопротивление кабеля с учётом двойной длины:	Сопротивление ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 1} = 1.5 \times R_K$	Сопротивление шинок или кабеля:	Сопротивление шинки или ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 2} = 1.5 \times R_{Ш}$	Суммарное сопротивление коммутационных аппаратов: $R_{(TK+KC)} =$ $= R_{AB} + R_{ПРЕД}$
			м	м	мм ²					
		1	2	3	4	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Шкаф ШПОТ, FU7(FU10) 25А	ВВГнг(А)-LS, 2x10	8	1	10	0,028	0,041	0,003	0,005	0,0028/2+0,00584+0,03
4	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-1 110 кВ в шкафу №8Р, SF 2А (минимальная длина ка- беля)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x4	18	36	2,5	0,248	0,372	0,495	0,743	0,0028/2+0,00584+0,03+0,59 6
5	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-2 110 кВ в шкафу №10Р, SF 2А (максимальная длина кабеля)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x4	16	63	2,5	0,220	0,330	0,867	1,300	0,0028/2+0,00584+0,03+0,59 6

Таблица 3. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников от ШПОТ 3СШ, 4СШ на термическую стойкость и невозгораемость (окончание)

№	Присоединения	Расчётный ток набора 1	Начальная температура жил кабеля	Температура жил в конце короткого замыкания при КЗ в начале кабеля	Время отключения КА резервной защиты при кз в конце кабеля	Расчётный ток набора 2	Температура жил в конце короткого замыкания (при кз в конце защищаемого кабеля)	Тип КА резервной защиты	Характеристика КА резервной защиты
		Расчёт тока дугового КЗ в начале кабеля исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и полностью заряженной АБ				Расчёт тока металлического КЗ в конце кабеля исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заряженной АБ			
		А				А			
		град. Цельсия				град. Цельсия			
		19	20	21	22	23	24	25	26
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	1630,623	70	70,285	0,001	3109,756	70,023	Varius FH000	PNA000 100 gG
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	2537,114	70	70,021	0,001	5244,090	70,066	Varius FH000	PNA000 63 gG
3	Шкаф ШПОТ, FU7(FU10) 25А	1491,918	70	70,133	0,001	2127,817	70,270	Varius FH000	PNA000 25 gG
4	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-1 110 кВ в шкафу №8Р, SF 2А (минимальная длина кабеля)	172,370	70	70,567	0,5	151,413	81,133	Varius FH000	PNA000 25 gG
5	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-2 110 кВ в шкафу №10Р, SF 2А (максимальная длина кабеля)	172,370	70	70,567	1,02	122,243	84,892	Varius FH000	PNA000 25 gG

Таблица 4. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в ШРОТ 3СШ, 4СШ (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, L_K ,	Длина шинок или кабеля, $L_{Ш}$,	Сечение шинок или кабеля, $S_{Ш}$,	Сопротивление кабеля с учётом двойной длины:	Сопротивление ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 1} = 1.5 \times R_K$	Сопротивление шинок или кабеля:	Сопротивление шинки или ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 2} = 1.5 \times R_{Ш}$	Суммарное со- противление коммутационных аппаратов: $R_{(TK+KC)} =$ $= R_{AB} + R_{ПРЕД}$
			м	м	мм ²		Ом		Ом	Ом
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Шкаф ШРОТ2, FU7(FU10) 25А	ВВГнг(А)-LS, 2x10	9	1	10	0,031	0,046	0,003	0,005	0,0028/2+0,00584+0,03
4	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-1 110 кВ в шкафу №8Р, SF 2А (минимальная длина ка- беля). Конец общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	18	36	2,5	0,248	0,372	0,495	0,743	0,0028/2+0,00584+0,03 +0,596
5	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-1 110 кВ в шкафу №8Р, SF 2А (минимальная длина ка- беля). Начало общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	1	0	2,5	0,014	0,021	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03 +0,596
6	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-2 110 кВ в шкафу №10Р, SF 2А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	16	63	2,5	0,220	0,330	0,867	1,300	0,0028/2+0,00584+0,03 +0,596
7	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-2 110 кВ в шкафу №10Р, SF 2А (максимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	1	0	2,5	0,014	0,021	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03 +0,596

Таблица 4. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в ШРОТ 3СШ, 4СШ (продолжение)

№	Присоединения	Общее со- противление внешней цеп: $R_{KЗ} =$ $= R_{AB} + R_{(TK+KC)}$	Суммарное сопротивле- ние внешней цепи и ка- беля (без учёта нагрева каб.): $R_{\Sigma} =$ $= R_{KЗ} + R_K + R_{III}$	Суммарное сопротивление внешней цепи и кабеля (с учётом нагрева кабелей и шинок, а также разряженной АБ): $R_{\Sigma L} =$ $= R_{KЗ} + R_{\Theta 1} + R_{\Theta 2}$	Поправочный коэффици- ент по учёту влияния на ток КЗ активного сопро- тивления электрической дуги (в конце кабеля), K_o	Расчёт тока металлического КЗ исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заряженной АБ
		Ом	Ом	Ом		А
		10	11	12		14
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	0,064	0,067	0,104	0,512	3253,249
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	0,038	0,042	0,059	0,497	5244,090
3	Шкаф ШРОТ2, FU7(FU10) 25А	0,068	0,106	0,140	0,520	2058,779
4	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-1 110 кВ в шкафу №8Р, SF 2А (минимальная длина ка- беля). Конец общей зоны защиты	0,664	1,445	1,851	0,567	151,052
5	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-1 110 кВ в шкафу №8Р, SF 2А (минимальная длина ка- беля). Начало общей зоны защиты	0,664	0,716	0,757	0,567	304,952
6	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-2 110 кВ в шкафу №10Р, SF 2А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	0,664	1,789	2,367	0,567	122,008
7	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-2 110 кВ в шкафу №10Р, SF 2А (максимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	0,664	0,716	0,757	0,567	304,952

Таблица 4. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в ШПОТ 3СШ, 4СШ (окончание)

№	Присоединения	Расчёт тока дугового КЗ исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и разряженной АБ	Тип КА (коммутационного аппарата)	Характеристика КА	Максимальный ток срабатываая КА <i>I_{сраб.макс.}</i>	Коэффициент чувствительности: (не менее 1,1 в конце зоны защиты)
		А			А	
		15	16	17	18	19
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	929,986	Varius FH000	PNA000 100 gG	-	-
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	1594,530	Varius FH000	PNA000 63 gG	-	-
3	Шкаф ШПОТ2, FU7(FU10) 25А	698,809	Varius FH000	PNA000 25 gG	-	-
4	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-1 110 кВ в шкафу №8Р, SF 2А (минимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	57,804	LTN-UC-2C-2	2C, Icp=14÷30	30	1,927
5	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-1 110 кВ в шкафу №8Р, SF 2А (минимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	141,328	LTN-UC-2C-2	2C, Icp=14÷30	30	4,711
6	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-2 110 кВ в шкафу №10Р, SF 2А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	45,202	LTN-UC-2C-2	2C, Icp=14÷30	30	1,507
7	Питание ЭМВ, ЭМО и ЭМО2 выключателя ввода Т-2 110 кВ в шкафу №10Р, SF 2А (максимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	141,328	LTN-UC-2C-2	2C, Icp=14÷30	30	4,711

Таблица 5. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников от шкафа ЦС на термическую стойкость и невозгораемость (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, <i>L_к</i> ,	Длина шинок или кабеля, <i>L_ш</i> ,	Сечение шинок или кабеля, <i>S_ш</i> ,	Сопротивление кабеля с учётом двойной длины:	Сопротивление кабеля с учётом нагрева токами КЗ: <i>R₀₁</i> = 1.5× <i>R_к</i>	Сопротивление шинок или кабеля:	Сопротивление шинки или кабеля с учётом нагрева токами КЗ: <i>R₀₂</i> = 1.5× <i>R_ш</i>	Суммарное сопротивление коммутационных аппаратов: <i>R_(ТК+КС)</i> = = <i>R_{ав}</i> + <i>R_{пред}</i>
		1	м	м	мм ²	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Шкаф ЩПТ, питание шкафа ЦС, FU2(FU12) 25А	КВВГЭнг(А)-LS, 4x4	18	1	4	0,155	0,232	0,009	0,013	0,0028/2+0,00584+0,03
4	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	18	0	2,5	0,248	0,372	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162

Таблица 5. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников от шкафа ЦС на термическую стойкость и невозгораемость (продолжение)

№	Присоединения	Общее со- противление внешней цеп: $R_{K3} =$ $= R_{AB} + R_{(TK+KC)}$	Суммарное сопротив- ление внешней цепи и кабеля (без учёта нагрева каб.): $R_{\Sigma} =$ $= R_{K3} + R_K + R_{III}$	Тип КА (ком- мутационн ого аппарата)	Характеристик а КА	Время от- ключения КА основной защиты при кз в начале кабеля	Длина ка- беля (в начале кабеля), м	Сопротивление кабеля в начале с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 3} =$ $= 1.5 \times R_{K0.1}$	Суммарное со- противление внешней цепи и кабеля для проверки на терм. стойкость (с учётом нагрева кабелей и шинок): $R_{\Sigma d} = R_{K3} + R_{\Theta 3} + R_{\Theta 2}$	Поправочный коэффициент по учёту влия- ния на ток КЗ активного со- противления электрической дуги (в начале кабеля), K_a
		Ом	Ом			сек.	м	Ом	Ом	
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	0,064	0,070	Varius FH000	PNA000 100 gG	0,045	0,1	0,0001	0,067	0,502
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	0,038	0,042	Varius FH000	PNA000 63 gG	0,0014	0,1	0,0001	0,043	0,495
3	Шкаф ЩПТ, питание шкафа ЦС, FU2(FU12) 25А	0,068	0,235	Varius FH000	PNA000 25 gG	0,001	0,1	0,0013	0,075	0,506
4	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А	0,230	0,645	LTN-UC-4C-2	4C	0,02	0,1	0,0021	0,483	0,557

Таблица 5. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников от шкафа ЦС на термическую стойкость и невозгораемость (окончание)

№	Присоединения	Расчётный ток набора 1	Начальная температура жил кабеля	Температура жил в конце корот-кого замыка-ния при КЗ в начале кабеля	Время отклю-чения КА ре-зервной за-щиты при кз в конце кабеля	Расчётный ток набора 2	Температура жил в конце короткого за-мыкания (при кз в конце за-щищаемого кабеля)	Тип КА резервной защиты	Характеристика КА резервной защиты
		Расчёт тока дугового КЗ в начале кабеля исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и полностью заряженной АБ				Расчёт тока металлического КЗ в конце кабеля исходя из суммарного сопротивле-ния цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заря-женной АБ			
		А				А			
		19	град. Цельсия	град. Цельсия	сек.	23	град. Цельсия	25	26
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	1630,623	70	70,285	0,001	3109,756	70,023	Varius FH000	PNA000 100 gG
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	2537,114	70	70,021	0,001	5244,090	70,066	Varius FH000	PNA000 63 gG
3	Шкаф ЩПТ, питание шкафа ЦС, FU2(FU12) 25А	1476,482	70	70,813	0,0016	928,756	70,515	Varius FH000	PNA000 25 gG
4	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А	251,889	70	71,213	0,016	338,574	71,755	Varius FH000	PNA000 25 gG

Таблица 6. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в шкафу ЦС (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, L_K ,	Длина шинок или кабеля, L_{III} ,	Сечение шинок или кабеля, S_{III} ,	Сопrotивление кабеля с учётом двойной длины:	Сопrotивление ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 1} = 1.5 \times R_K$	Сопrotивление шинок или кабеля:	Сопrotивление шинки или ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 2} = 1.5 \times R_{III}$	Суммарное со- противление коммутационных аппаратов: $R_{(TK+KC)} =$ $= R_{AB} + R_{ПРЕД}$
		1	м 2	м 3	мм ² 4	Ом 5	Ом 6	Ом 7	Ом 8	Ом 9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Шкаф ЩПТ, питание шкафа ЦС, FU2(FU12) 25А	КВВГЭнг(А)-LS, 4x4	18	1	4	0,155	0,232	0,009	0,013	0,0028/2+0,00584+0,03
4	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А (конец общей зоны защиты)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	18	0	2,5	0,248	0,372	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162
5	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А (начало общей зоны защиты)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	1	0	2,5	0,014	0,021	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162

Таблица 6. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в шкафу ЦС (продолжение)

№	Присоединения	Общее со- противление внешней цеп: $R_{K3} =$ $= R_{AB} + R_{(TK+KC)}$	Суммарное сопротивле- ние внешней цепи и ка- беля (без учёта нагрева каб.): $R_{\Sigma} =$ $= R_{K3} + R_K + R_{III}$	Суммарное сопротивление внешней цепи и кабеля (с учётом нагрева кабелей и шинок, а также разряженной АБ): $R_{\Sigma d} =$ $= R_{K3} + R_{\Theta 1} + R_{\Theta 2}$	Поправочный коэффици- ент по учёту влияния на ток КЗ активного сопро- тивления электрической дуги (в конце кабеля), K_o	Расчёт тока металлического КЗ исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заряженной АБ
		Ом	Ом	Ом		А
		10	11	12		14
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	0,064	0,067	0,104	0,514	3253,249
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	0,038	0,042	0,059	0,497	5244,090
3	Шкаф ЩПТ, питание шкафа ЦС, FU2(FU12) 25А	0,068	0,235	0,334	0,550	928,756
4	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А (конец общей зоны защиты)	0,230	0,645	0,867	0,567	338,574
5	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А (начало общей зоны защиты)	0,230	0,411	0,517	0,560	531,374

Таблица 6. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов в шкафу ЦС (окончание)

№	Присоединения	Расчёт тока дугового КЗ исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и разряженной АБ	Тип КА (коммутационного аппарата)	Характеристика КА	Максимальный ток срабатываая КА <i>I_{сраб.макс.}</i>	Коэффициент чувствительности: (не менее 1,1 в конце зоны защиты)
		А			А	
		15	16	17	18	19
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	933,619	Varius FH000	PNA000 100 gG	-	-
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	1594,530	Varius FH000	PNA000 63 gG	-	-
3	Шкаф ЩПТ, питание шкафа ЦС, FU2(FU12) 25А	310,812	Varius FH000	PNA000 25 gG	-	-
4	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А (конец общей зоны защиты)	123,344	LTN-UC-4C-2	4С, I _{ср} =28÷60	60	2,056
5	Питание участков сигнализации, SF1(2,3,4) 4А (начало общей зоны защиты)	204,570	LTN-UC-4C-2	4С, I _{ср} =28÷60	60	3,410

Таблица 7. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников до ЗРУ 10 кВ 1СШ на термическую стойкость и невозгораемость (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, <i>L_к</i> ,	Длина шинок или кабеля, <i>L_ш</i> ,	Сечение шинок или кабеля, <i>S_ш</i> ,	Сопротивление кабеля с учётом двойной длины:	Сопротивление кабеля с учётом нагрева токами КЗ: <i>R_{θ1}</i> = 1.5× <i>R_к</i>	Сопротивление шинок или кабеля:	Сопротивление шинки или кабеля с учётом нагрева токами КЗ: <i>R_{θ2}</i> = 1.5× <i>R_ш</i>	Суммарное сопротивление коммутационных аппаратов: <i>R_(ТК+КС)</i> = = <i>R_{аб}</i> + <i>R_{пред}</i>
			м	м	мм ²	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Питание ЗРУ 10 кВ 1СШ (минимальная длина кабеля), FU1 20А	ВВГнг(А)-LS, 2x6	105	1	6	0,602	0,903	0,006	0,009	0,0028/2+0,00584+0,048
4	Питание оперативных шинок в ячейке 313, SF 4А (минимальная длина кабеля)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	1	1	2,5	0,014	0,021	0,014	0,021	0,0028/2+0,00584+0,048+0,162
5	Питание оперативных шинок в ячейке 101, SF 4А (максимальная длина кабеля)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	14	1	2,5	0,193	0,289	0,014	0,021	0,0028/2+0,00584+0,048+0,162

Таблица 7. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников до ЗРУ 10 кВ 1СШ на термическую стойкость и невозгораемость (продолжение)

№	Присоединения	Общее со- противление внешней цеп: $R_{K3} =$ $= R_{AB} + R_{(TK+KC)}$	Суммарное сопротив- ление внешней цепи и кабеля (без учёта нагрева каб.): $R_{\Sigma} =$ $= R_{K3} + R_K + R_{III}$	Тип КА (ком- мутационн ого аппарата)	Характеристик а КА	Время от- ключения КА основной защиты при кз в начале кабеля	Длина ка- беля (в начале кабеля), м	Сопротивление кабеля в начале с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 3} =$ $= 1.5 \times R_{K0.1}$	Суммарное со- противление внешней цепи и кабеля для проверки на терм. стойкость (с учётом нагрева кабелей и шинок): $R_{\Sigma d} = R_{K3} + R_{\Theta 3} + R_{\Theta 2}$	Поправочный коэффициент по учёту влия- ния на ток КЗ активного со- противления электрической дуги (в начале кабеля), K_o
		Ом	Ом			сек.	м	Ом	Ом	
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	0,064	0,070	Varius FH000	PNA000 100 gG	0,045	0,1	0,0001	0,067	0,502
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	0,038	0,042	Varius FH000	PNA000 63 gG	0,0014	0,1	0,0001	0,043	0,495
3	Питание ЗРУ 10 кВ 1СШ (минимальная длина кабеля), FU1 20А	0,086	0,697	Varius FH000	PNA000 20 gG	0,001	0,1	0,0009	0,092	0,506
4	Питание оперативных шинок в ячейке 313, SF 4А (минимальная длина кабеля)	0,248	0,887	LTN-UC-4C-2	4C	0,02	0,1	0,0021	1,167	0,567
5	Питание оперативных шинок в ячейке 101, SF 4А (максимальная длина кабеля)	0,248	1,066	LTN-UC-4C-2	4C	0,02	0,1	0,0021	1,167	0,567

Таблица 7. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников до ЗРУ 10 кВ 1СШ на термическую стойкость и невозгораемость (окончание)

№	Присоединения	Расчётный ток набора 1	Начальная температура жил кабеля	Температура жил в конце корот-кого замыка-ния при КЗ в начале кабеля	Время отклю-чения КА ре-зервной за-щиты при кз в конце кабеля	Расчётный ток набора 2	Температура жил в конце короткого за-мыкания (при кз в конце за-щищаемого кабеля)	Тип КА резервной защиты	Характеристика КА резервной защиты
		Расчёт тока дугового КЗ в начале кабеля исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и полностью заряженной АБ				Расчёт тока металлического КЗ в конце кабеля исходя из суммарного сопротивле-ния цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заря-женной АБ			
		А				А			
		19	град. Цельсия	град. Цельсия	сек.	23	град. Цельсия	25	26
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	1630,623	70	70,285	0,001	3109,756	70,023	Varius FH000	PNA000 100 gG
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	2537,114	70	70,021	0,001	5244,090	70,066	Varius FH000	PNA000 63 gG
3	Питание ЗРУ 10 кВ 1СШ (минимальная длина кабеля), FU1 20А	1195,653	70	70,237	0,0038	313,010	70,062	Varius FH000	PNA000 20 gG
4	Питание оперативных шинок в ячейке 313, SF 4А (минимальная длина кабеля)	106,037	70	70,215	0,017	246,122	70,984	Varius FH000	PNA000 20 gG
5	Питание оперативных шинок в ячейке 101, SF 4А (максимальная длина кабеля)	106,037	70	70,215	0,03	204,812	71,203	Varius FH000	PNA000 20 gG

Таблица 8. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов до ЗРУ 10 кВ 1СШ (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, L_K ,	Длина шинок или кабеля, L_{III} ,	Сечение шинок или кабеля, S_{III} ,	Сопrotивление кабеля с учётom двойной длины:	Сопrotивление ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 1} = 1.5 \times R_K$	Сопrotивление шинок или кабеля:	Сопrotивление шинки или ка- беля с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 2} = 1.5 \times R_{III}$	Суммарное со- пrotивление коммутационных аппаратов: $R_{(TK+KC)} =$ $= R_{AB} + R_{ПРЕД}$
		1	м 2	м 3	мм ² 4	Ом 5	Ом 6	Ом 7	Ом 8	Ом 9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Питание ЗРУ 10 кВ 1СШ (минимальная длина кабеля), FU1 20А	ВВГнг(А)-LS, 2x6	105	1	6	0,602	0,903	0,006	0,009	0,0028/2+0,00584+0,048
4	Питание оперативных шинок в ячейке 101, SF 4А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	14	1	2,5	0,193	0,289	0,014	0,021	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162
5	Питание оперативных шинок в ячейке 313, SF 4А (минимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	1	0	2,5	0,014	0,021	0,000	0,000	0,0028/2+0,00584+0,03+0,162

Таблица 8. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов до ЗРУ 10 кВ 1СШ (продолжение)

№	Присоединения	Общее со- пrotивление внешней цеп: $R_{K3} =$ $= R_{AB} + R_{(TK+KC)}$	Суммарное сопrotивле- ние внешней цепи и ка- беля (без учёта нагрева каб.): $R_{\Sigma} =$ $= R_{K3} + R_K + R_{III}$	Суммарное сопrotивление внешней цепи и кабеля (с учётом нагрева кабелей и шинок, а также разряженной АБ): $R_{\Sigma d} =$ $= R_{K3} + R_{\Theta 1} + R_{\Theta 2}$	Поправочный коэффици- ент по учёту влияния на ток КЗ активного сопpo- тивления электрической дуги (в конце кабеля), K_o	Расчёт тока металлического КЗ исходя из суммарного сопrotивления цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заряженной АБ
		Ом	Ом	Ом		А
		10	11	12		14
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	0,064	0,067	0,104	0,512	3253,249
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	0,038	0,042	0,059	0,497	5244,090
3	Питание ЗРУ 10 кВ 1СШ (минимальная длина кабеля), FU1 20А	0,086	0,697	1,018	0,567	313,010
4	Питание оперативных шинок в ячейке 101, SF 4А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	0,230	1,048	1,472	0,567	208,331
5	Питание оперативных шинок в ячейке 313, SF 4А (минимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	0,230	0,855	1,183	0,567	255,263

Таблица 8. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов до ЗРУ 10 кВ 1СШ (окончание)

№	Присоединения	Расчёт тока дугового КЗ исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и разряженной АБ	Тип КА (коммутационного аппарата)	Характеристика КА	Максимальный ток срабатываая КА <i>I_{сраб.макс.}</i>	Коэффициент чувствительности: (не менее 1,1 в конце зоны защиты)
		А			А	
		15	16	17	18	19
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	929,986	Varius FH000	PNA000 100 gG	-	-
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	1594,530	Varius FH000	PNA000 63 gG	-	-
3	Питание ЗРУ 10 кВ 1СШ (минимальная длина кабеля), FU1 20А	105,058	Varius FH000	PNA000 20 gG	-	-
4	Питание оперативных шинок в ячейке 101, SF 4А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	72,685	LTN-UC-4C-2	4C, Icp=28÷60	60	1,211
5	Питание оперативных шинок в ячейке 313, SF 4А (минимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	90,438	LTN-UC-4C-2	4C, Icp=28÷60	60	1,507

Таблица 9. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников до ЗРУ 10 кВ 4СШ на термическую стойкость и невозгораемость (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, <i>L_к</i> ,	Длина шинок или кабеля, <i>L_ш</i> ,	Сечение шинок или кабеля, <i>S_ш</i> ,	Сопротивление кабеля с учётом двойной длины:	Сопротивление ка-беля с учётом нагрева токами КЗ: <i>R_{θ1}</i> = 1.5× <i>R_к</i>	Сопротивление шинок или кабеля:	Сопротивление шинки или ка-беля с учётом нагрева токами КЗ: <i>R_{θ2}</i> = 1.5× <i>R_ш</i>	Суммарное со-противление коммутационных аппаратов: <i>R_(ТК+КС)</i> = = <i>R_{АВ}</i> + <i>R_{ПРЕД}</i>
			м	м	мм ²	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	H07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0028
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	H07RN-F 1x50	0,5	0,5	50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,0028/2+0,00584
3	Питание ЗРУ 10 кВ 4СШ (максимальная длина кабеля), FU13 20А	ВВГнг(А)-LS, 2x6	115	1	6	0,659	0,989	0,006	0,009	0,0028/2+0,00584+0,048
4	Питание оперативных шинок в ячейке 413, SF 4А (минимальная длина кабеля)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	1	1	2,5	0,014	0,021	0,014	0,021	0,0028/2+0,00584+0,048+0,162
5	Питание оперативных шинок в ячейке 401, SF 4А (максимальная длина кабеля)	КВВГЭнг(А)-LS, 4x2,5	14	1	2,5	0,193	0,289	0,014	0,021	0,0028/2+0,00584+0,048+0,162

Таблица 9. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников до ЗРУ 10 кВ 4СШ на термическую стойкость и невозгораемость (продолжение)

№	Присоединения	Общее со- противление внешней цеп: $R_{KЗ} =$ $= R_{AB} + R_{(TK+KC)}$	Суммарное сопротив- ление внешней цепи и кабеля (без учёта нагрева каб.): $R_{\Sigma} =$ $= R_{KЗ} + R_K + R_{III}$	Тип КА (ком- мутационн ого аппарата)	Характеристик а КА	Время от- ключения КА основной защиты при кз в начале кабеля	Длина ка- беля (в начале кабеля), м	Сопротивление кабеля в начале с учётом нагрева токами КЗ: $R_{\Theta 3} =$ $= 1.5 \times R_{K0.1}$	Суммарное со- противление внешней цепи и кабеля для проверки на терм. стойкость (с учётом нагрева кабелей и шинок): $R_{\Sigma d} = R_{KЗ} + R_{\Theta 3} + R_{\Theta 2}$	Поправочный коэффициент по учёту влия- ния на ток КЗ активного со- противления электрической дуги (в начале кабеля), K_o
		Ом	Ом			сек.	м	Ом	Ом	
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	0,064	0,070	Varius FH000	PNA000 100 gG	0,045	0,1	0,0001	0,067	0,502
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	0,038	0,042	Varius FH000	PNA000 63 gG	0,0014	0,1	0,0001	0,043	0,495
3	Питание ЗРУ 10 кВ 4СШ (максимальная длина кабеля), FU13 20А	0,086	0,755	Varius FH000	PNA000 20 gG	0,001	0,1	0,0009	0,092	0,506
4	Питание оперативных шинок в ячейке 413, SF 4А (минимальная длина кабеля)	0,248	0,944	LTN-UC-4C-2	4C	0,02	0,1	0,0021	1,253	0,567
5	Питание оперативных шинок в ячейке 401, SF 4А (максимальная длина кабеля)	0,248	1,123	LTN-UC-4C-2	4C	0,02	0,1	0,0021	1,253	0,567

Таблица 9. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки проводников до ЗРУ 10 кВ 4СШ на термическую стойкость и невозгораемость (окончание)

№	Присоединения	Расчётный ток набора 1	Начальная температура жил кабеля	Температура жил в конце корот-кого замыка-ния при КЗ в начале кабеля	Время отклю-чения КА ре-зервной за-щиты при кз в конце кабеля	Расчётный ток набора 2	Температура жил в конце короткого за-мыкания (при кз в конце за-щищаемого кабеля)	Тип КА резервной защиты	Характеристика КА резервной защиты
		Расчёт тока дугового КЗ в начале кабеля исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и полностью заряженной АБ				Расчёт тока металлического КЗ в конце кабеля исходя из суммарного сопротивле-ния цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заря-женной АБ			
		А				А			
		19	град. Цельсия	град. Цельсия	сек.	23	град. Цельсия	25	26
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	1630,623	70	70,285	0,001	3109,756	70,023	Varius FH000	PNA000 100 gG
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	2537,114	70	70,021	0,001	5244,090	70,066	Varius FH000	PNA000 63 gG
3	Питание ЗРУ 10 кВ 4СШ (максимальная длина кабеля), FU13 20А	1195,653	70	70,237	0,0038	289,231	70,053	Varius FH000	PNA000 20 gG
4	Питание оперативных шинок в ячейке 413, SF 4А (минимальная длина кабеля)	98,761	70	70,186	0,017	231,177	70,868	Varius FH000	PNA000 20 gG
5	Питание оперативных шинок в ячейке 401, SF 4А (максимальная длина кабеля)	98,761	70	70,186	0,03	194,357	71,083	Varius FH000	PNA000 20 gG

Таблица 10. Результаты расчета токов короткого замыкания для проверки селективности защитных аппаратов до ЗРУ 10 кВ 4СШ (начало)

№	Присоединения	Расчёт тока дугового КЗ исходя из суммарного сопротивления цепи КЗ (с учетом нагрева) и разряженной АБ	Тип КА (коммутационного аппарата)	Характеристика КА	Максимальный ток срабатываая КА <i>I_{ср.макс.}</i>	Коэффициент чувствительности: (не менее 1,1 в конце зоны защиты)
		А			А	
		15	16	17	18	19
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ветвь через 1.1FU(1.2FU) 100А	929,986	Varius FH000	PNA000 100 gG	-	-
2	Питание секции 1(2), FU2(3) 63А	1594,530	Varius FH000	PNA000 63 gG	-	-
3	Питание ЗРУ 10 кВ 4СШ (максимальная длина кабеля), FU13 20А	96,877	Varius FH000	PNA000 20 gG	-	-
4	Питание оперативных шинок в ячейке 401, SF 4А (максимальная длина кабеля). Конец общей зоны защиты	68,673	LTN-UC-4C-2	4C, I _{ср} =28÷60	60	1,145
5	Питание оперативных шинок в ячейке 413, SF 4А (минимальная длина кабеля). Начало общей зоны защиты	84,309	LTN-UC-4C-2	4C, I _{ср} =28÷60	60	1,405

Таблица 11. Результаты расчета максимального тока короткого замыкания на шинах ЩПТ (начало)

№	Присоединения	Марка кабеля	Длина кабеля, <i>L_к</i> ,	Длина шинок или кабеля, <i>L_ш</i> ,	Сечение шинок или кабеля, <i>S_ш</i> ,	Сопротивление кабеля с учётом двойной длины:	Сопротивление ка-беля с учётом нагрева токами КЗ: <i>R_{θ1}</i> = 1.5× <i>R_к</i>	Сопротивление шинок или кабеля:	Сопротивление шинки или ка-беля с учётом нагрева токами КЗ: <i>R_{θ2}</i> = 1.5× <i>R_ш</i>	Суммарное со-противление коммутационных аппаратов: <i>R_(ТК+КС)</i> = <i>= R_{АВ}</i> + <i>R_{ПРЕД}</i>
			м	м	мм ²	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ток через сумму 1.1FU 100А и 1.2FU 100А (все расчетные сопротивления поделены на 2)	2xH07RN-F 1x50	6	3	50	0,004	0,006	0,002	0,003	0,0014

Таблица 11. Результаты расчета максимального тока короткого замыкания на шинах ЩПТ (продолжение)

№	Присоединения	Общее сопротив-ление внешней цеп: <i>R_{кз}</i> = <i>= R_{АВ}</i> + <i>R_(ТК+КС)</i>	Суммарное сопротив-ление внешней цепи и кабеля (без учёта нагрева каб.): <i>R_Σ</i> = <i>= R_{кз}</i> + <i>R_к</i> + <i>R_ш</i>	Тип КА (ком-мутационн ого аппарата)	Характеристика КА	Расчётный ток набора 2
		Ом	Ом			Расчёт тока металличе-ского КЗ в конце ка-беля исходя из суммар-ного сопротивления цепи КЗ (без учета нагрева) и полностью заряженной АБ
		10	11			А
1	Шины постоянного тока в ЩПТ, ток через сумму 1.1FU 100А и 1.2FU 100А (все расчетные сопротивления поделены на 2)	0,032	0,035	Varius FH000	PNA000 100 gG	6219,512

Лист регистрации изменений

[illegible]

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

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	Недоп.	Подп.	Дата		38

План существующего здания ОПУ

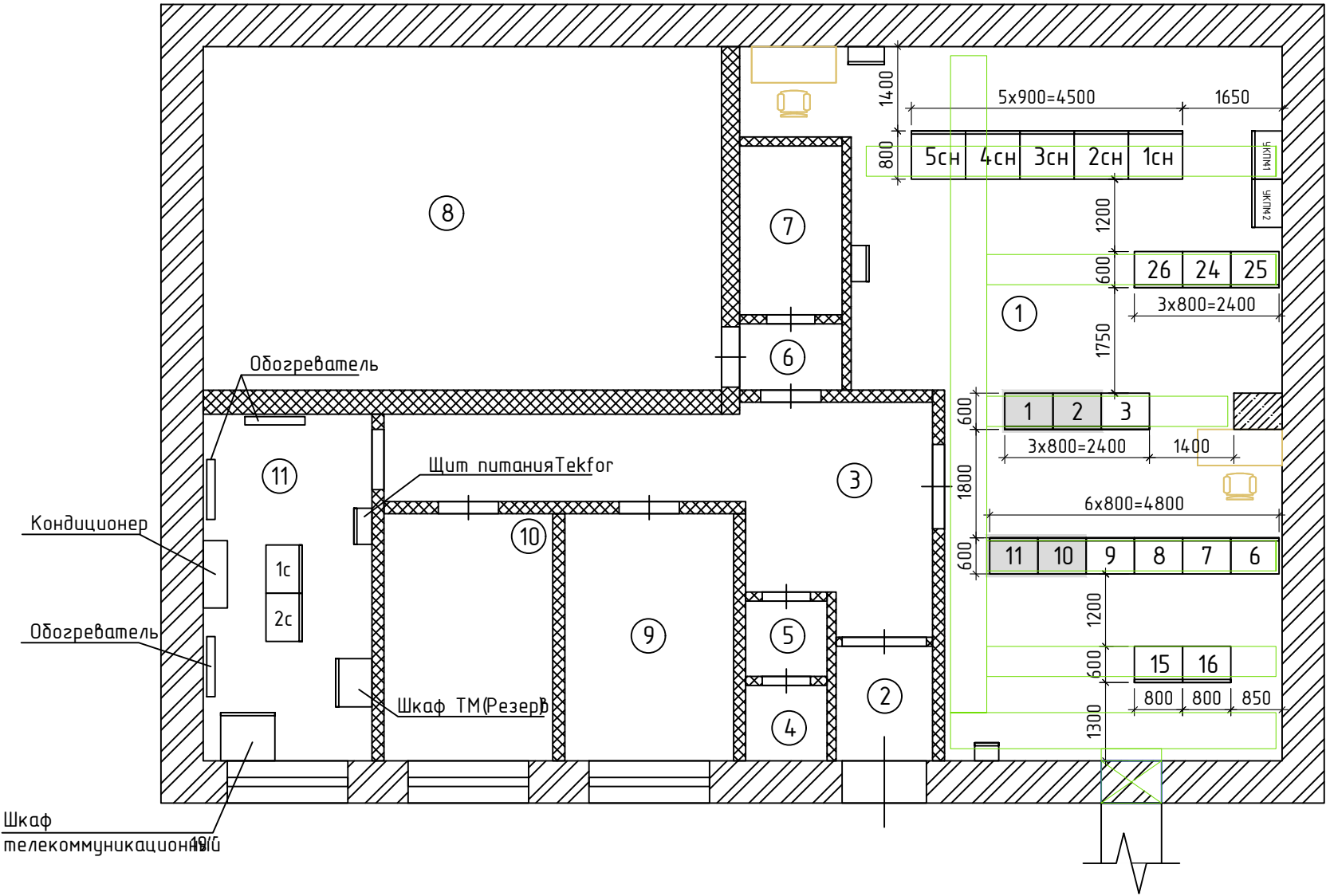


Таблица условных обозначений

Обозначение	Наименование
	Проем в стене для выхода силовых и контрольных кабелей из здания ОПУ на открытую часть ПС
	Кабельные каналы для прокладки силовых и контрольных кабелей в существующем полу

Экспликация помещений

Номер по плану	Наименование	Площадь, м ²	Кат. помещения	Температура, °С
1	Помещение ОПУ	78,7	B2	+18...+25
2	Тамбур	3,0	-	+5...+30
3	Коридор	18,9	-	+5...+30
4	Бытовое помещение	1,2	-	+18...+25
5	Бытовое помещение	1,4	-	+18...+25
6	Службное помещение	2,4	-	+18...+25
7	Службное помещение	4,7	-	+18...+25
8	Слесарная	49,0	-	+5...+30
9	Бытовое помещение	11,2	-	+18...+25
10	Бытовое помещение	11,2	-	+18...+25
11	Комната связи	16,0	B4	+18...+25

Перечень существующих панелей

Номер по плану	Наименование	Примечание
1	Центральная сигнализация	Демонтаж 1 ПК
2	Т-1, Т-2, панель регулирования	Демонтаж 1 ПК
3	ТН-10 кВ, СВ-1-10, СВ-2-10	Демонтаж 2 ПК
4	-	
5	-	
6	Т-1	Демонтаж 2 ПК
7	Т-1	Демонтаж 2 ПК
8	Т-1, Т-2	Демонтаж 2 ПК
9	Т-1, Т-2 (регулирование)	Демонтаж 2 ПК
10	Т-2	Демонтаж 1 ПК
11	Т-2	Демонтаж 1 ПК
15	Контроль изоляции выпрямленного тока	Демонтаж 2 ПК
16	Т-1, Т-2 (центральная сигнализация)	Демонтаж 2 ПК
24	Панель выпрямительных устройств	Демонтаж 2 ПК
25	Панель выпрямительных устройств	Демонтаж 2 ПК
26	Панель выпрямительных устройств	Демонтаж 2 ПК
1сн	Линии	Демонтаж 2 ПК
2сн	Ввод-0,4 кВ, ТСН-1	Демонтаж 2 ПК
3сн	СА-0,4 кВ (АВР)	Демонтаж 2 ПК
4сн	Ввод-0,4 кВ, ТСН-2	Демонтаж 2 ПК
5сн	Линии	Демонтаж 2 ПК
1с	Шкаф ГП	Демонтаж 2 ПК
2с	Шкаф ССПИ	Демонтаж 2 ПК

Примечания:

1. План ОПУ разработан на основании технического паспорта и исходных данных, полученных от Заказчика.
2. Проектируемое оборудование реконструируемой части подстанции выполнено сплошными утолщенными линиями, существующее-сплошными тонкими.
3. Существующие шкафы демонтируемые на 1 пусковом комплексе затонированы серым цветом.
4. Сейсмическая активность района строительства составляет 8 баллов шкалы MSK-64.
5. Высота внутри помещения ОПУ в свету не менее 4000 мм.
6. В помещении ОПУ предусмотрен существующий фальшпол.
7. Размеры, отмеченные *, могут быть уточнены при дальнейшем проектировании.

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ		
						«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Система оперативного постоянного тока	Стадия	Лист
Разраб.	Вагнер				05.26		П	2
Пров.	Химич				05.26	План расстановки существующего оборудования в существующем здании ОПУ		
Н.контр.	Артемова				05.26			
ГИП	Ершов				05.26	ООО «Томскэлектросетьпроект»		Формат А3

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

План существующего здания ОПУ

Экспликация помещений

Номер по плану	Наименование	Площадь, м2	Кат. помещения	Температура, °С
1	Помещение ОПУ	78,7	В2	+18...+25
2	Тамбур	3,0	-	+5...+30
3	Коридор	18,9	-	+5...+30
4	Бытовое помещение	1,2	-	+18...+25
5	Бытовое помещение	1,4	-	+18...+25
6	Служебное помещение	2,4	-	+18...+25
7	Служебное помещение	4,7	-	+18...+25
8	Слесарная	49,0	-	+5...+30
9	Бытовое помещение	11,2	-	+18...+25
10	Бытовое помещение	11,2	-	+18...+25
11	Комната связи	16,0	В4	+18...+25

Таблица условных обозначений

Обозначение	Наименование
	Проем в стене для выхода силовых и контрольных кабелей из здания ОПУ на открытую часть ПС
	Кабельные каналы для прокладки силовых и контрольных кабелей в существующем полу

Перечень существующих панелей

Номер по плану	Наименование	Примечание
3	ТН-10 кВ, СВ-1-10, СВ-2-10	Демонтаж 2 ПК
6	Т-1	Демонтаж 2 ПК
7	Т-1	Демонтаж 2 ПК
8	Т-1, Т-2	Демонтаж 2 ПК
9	Т-1, Т-2 (регулирование)	Демонтаж 2 ПК
15	Контроль изоляции выпрямленного тока	Демонтаж 2 ПК
16	Т-1, Т-2 (центральная сигнализация)	Демонтаж 2 ПК
24	Панель выпрямительных устройств	Демонтаж 2 ПК
25	Панель выпрямительных устройств	Демонтаж 2 ПК
26	Панель выпрямительных устройств	Демонтаж 2 ПК
1сн	Линии	Демонтаж 2 ПК
2сн	Ввод-0,4 кВ, ТСН-1	Демонтаж 2 ПК
3сн	СА-0,4 кВ (АВР)	Демонтаж 2 ПК
4сн	Ввод-0,4 кВ, ТСН-2	Демонтаж 2 ПК
5сн	Линии	Демонтаж 2 ПК
УКПМ	Устройства питания выпрямленным током УКПМ-1, УКПМ-2	Демонтаж 2 ПК
1с	Шкаф ГП	Демонтаж 2 ПК
2с	Шкаф ССПИ	Демонтаж 2 ПК

Перечень проектируемых панелей (1 ПК)

Номер по плану	Наименование	Примечание
9р	Шкаф основной защиты 2й комплект и АРН трансформатора Т-2	Монтаж 1 ПК
10р	Шкаф резервной защиты и АУВ 110 кВ, основной защиты 1й комплект трансформатора Т-2	Монтаж 1 ПК
11р	Центральная сигнализация	Монтаж 1 ПК
12р	Панель управления трансформатором Т-2	Монтаж 1 ПК
13р	Панель управления трансформатором Т-1	Монтаж 1 ПК
АБ1, АБ2	Шкаф аккумуляторных батарей	Монтаж 1 ПК
ЩПТ	Щит постоянного тока	Монтаж 1 ПК
ЗУ1	Шкаф выпрямительно-зарядного устройства №1	Монтаж 1 ПК
ЗУ2	Шкаф выпрямительно-зарядного устройства №2	Монтаж 1 ПК
ШРОТ	Шкаф распределения оперативного тока	Монтаж 1 ПК
М-АБ	Шкаф мониторинга аккумуля. батарей	Монтаж 1 ПК

Примечания:

1. Проектируемое оборудование реконструируемой части на данном пусковом комплексе выполнено сплошными утолщенными линиями, существующее-сплошными тонкими.

2. Существующие шкафы демонтируемые на 2 пусковом комплексе затонированы серым цветом.

3. Высота внутри помещения ОПУ в свету не менее 4000 мм.

4. Впомещении ОПУ предусмотрен существующий фальшпол.

5. Размещение проектируемых шкафов и панелей предусматривается на свободные резервные места и взамен существующих демонтируемых панелей.

Изм.	Колуч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ		
Разраб.	Вазнер	Вазн	05.26			«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»		
Пров.	Химич	Хим	05.26			Система оперативного постоянного тока		
						Стадия	Лист	Листов
						П	3	
Н.контр.	Артемова	Артем	05.26			План расстановки проектируемого оборудования в существующем здании ОПУ.		
ГИП	Ершов	Ерш	05.26			1 пусковой комплекс		

Инв.№

Формат А4х3

ООО "Томскэлектросетьпроект"

План существующего здания ОПУ

Сплит-системы
кондиционирования

Перечень проектируемых панелей (2ПК)

Номер по плану	Наименование	Примечание
3р	Шкаф организации цепей напряжения 110 кВ	Монтаж 2 ПК
4р	Шкаф оперативной блокировки разъединителей	Монтаж 2 ПК
7р	Шкаф основной защиты 2й комплект и АРН трансформатора Т-1	Монтаж 2 ПК
8р	Шкаф резервной защиты и АУВ 110 кВ, основной защиты первый комплект силового трансформатора Т-1	Монтаж 2 ПК
9р	Шкаф основной защиты 2й комплект и АРН трансформатора Т-2	Смонтирован 1 ПК
10р	Шкаф резервной защиты и АУВ 110 кВ, основной защиты 1й комплект трансформатора Т-2	Смонтирован 1 ПК
11р	Центральная сигнализация	Смонтирован 1 ПК
12р	Панель управления трансформатором Т-2	Смонтирован 1 ПК
13р	Панель управления трансформатором Т-1	Смонтирован 1 ПК
УЗ	Шкаф УСПД АИИСКУЗ	Монтаж 2 ПК
1сн	Шкаф отходящих линий СН 0,4 кВ (1с 0,4 кВ)	Монтаж 2 ПК
2сн	Шкаф отходящих линий СН 0,4 кВ (1с 0,4 кВ)	Монтаж 2 ПК
3сн	Шкаф ввода и секционирования 0,4 кВ (ТСН-1, ТСН-2, СВ-0,4 кВ ЩСН (АВР))	Монтаж 2 ПК
4сн	Шкаф отходящих линий СН 0,4 кВ (2с 0,4 кВ)	Монтаж 2 ПК
5сн	Шкаф отходящих линий СН 0,4 кВ (2с 0,4 кВ)	Монтаж 2 ПК
АБ1	Шкаф аккумуляторных батарей №1	Смонтирован 1 ПК
АБ2	Шкаф аккумуляторных батарей №2	Смонтирован 1 ПК
ЩПТ	Щит постоянного тока	Смонтирован 1 ПК
ЗУ1	Шкаф выпрямительно-зарядного устройства №1	Смонтирован 1 ПК
ЗУ2	Шкаф выпрямительно-зарядного устройства №2	Смонтирован 1 ПК.Перенос 2 ПК
ШРОТ	Шкаф распределения оперативного тока	Смонтирован 1 ПК
М-АБ	Шкаф мониторинга аккумуляторов	Смонтирован 1 ПК
1С	Шкаф гарантированного питания	Монтаж 2 ПК
2С	Шкаф ССПИ	Монтаж 2 ПК

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

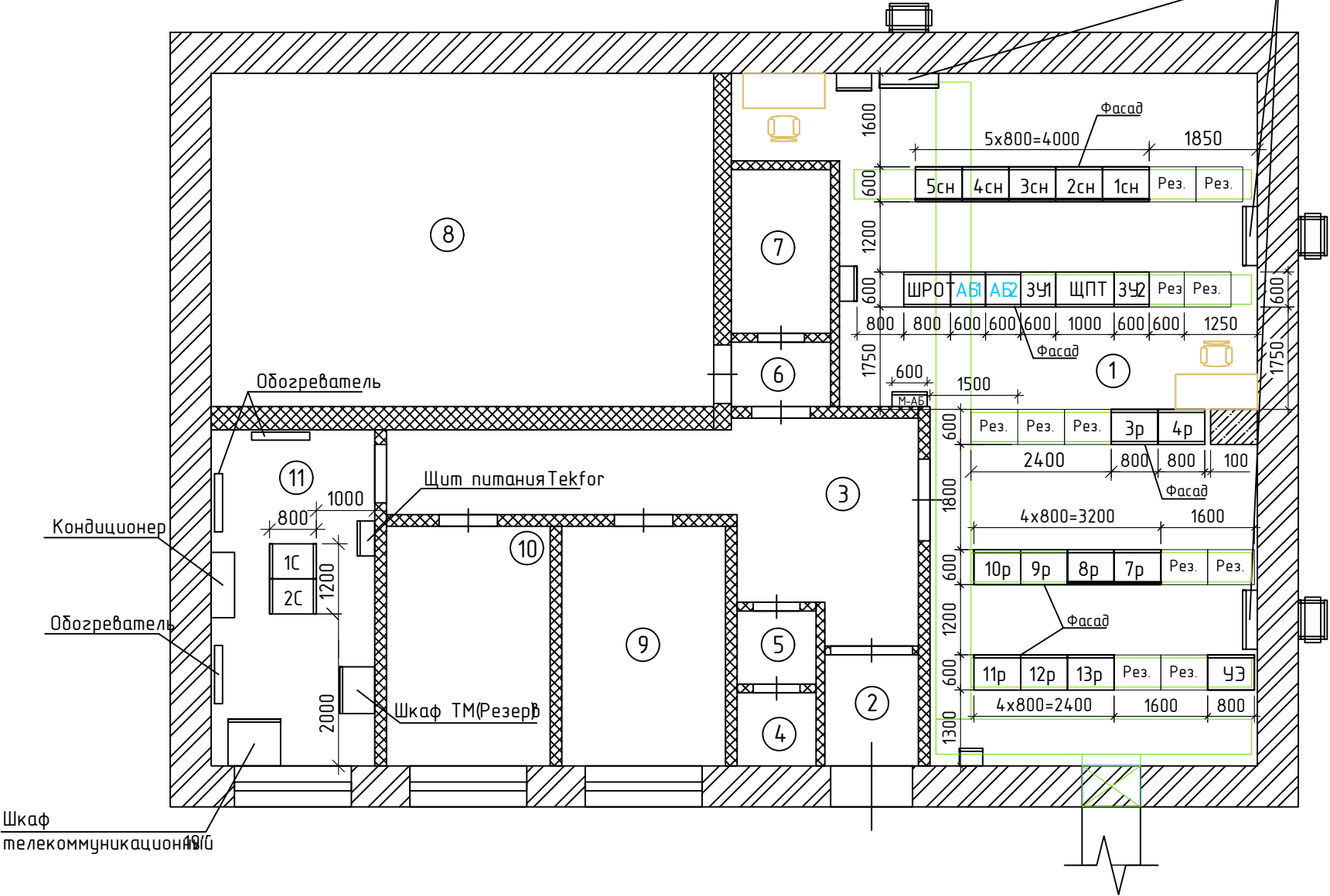


Таблица условных обозначений






Обозначение	Наименование
	Проем в стене для выхода силовых и контрольных кабелей из здания ОПУ на открытую часть ПС
	Кабельные каналы для прокладки силовых и контрольных кабелей в существующем полу

Экспликация помещений

Номер по плану	Наименование	Площадь, м ²	Кат. помещения	Температура, °С
1	Помещение ОПУ	78,7	B2	+18...+25
2	Тамбур	3,0	-	+5...+30
3	Коридор	18,9	-	+5...+30
4	Бытовое помещение	1,2	-	+18...+25
5	Бытовое помещение	1,4	-	+18...+25
6	Службное помещение	2,4	-	+18...+25
7	Службное помещение	4,7	-	+18...+25
8	Слесарная	49,0	-	+5...+30
9	Бытовое помещение	11,2	-	+18...+25
10	Бытовое помещение	11,2	-	+18...+25
11	Комната связи	16,0	B4	+18...+25

Примечания:

- Проектируемое оборудование реконструируемой части на данном пусковом комплексе выполнено сплошными утолщенными линиями, существующее-сплошными тонкими.
- Высота внутри помещения ОПУ в свету не менее 4000 мм.
- В помещении ОПУ предусмотрен существующий фальшпол.
- Размещение проектируемых шкафов и панелей предусматривается на свободные резервные места и взамен существующих демонтируемых панелей.
- В помещении ОПУ, для поддержания заданного температурного режима в летнее время, предусматривается установка сплит-системы кондиционирования. Оборудование системы кондиционирования на плане показано условно и их размещение уточняется при дальнейшем проектировании.

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ			
						«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
Разраб.	Вагнер				05.26	Система оперативного постоянного тока	Стадия	Лист	Листов
Пров.	Химич				05.26		П	4	
Н.контр.	Артемова				05.26	План расстановки проектируемого оборудования в существующем здании ОПУ. 2 пусковой комплекс	 ООО "Томскэлектросетьпроект"		
ГИП	Ершов				05.26				

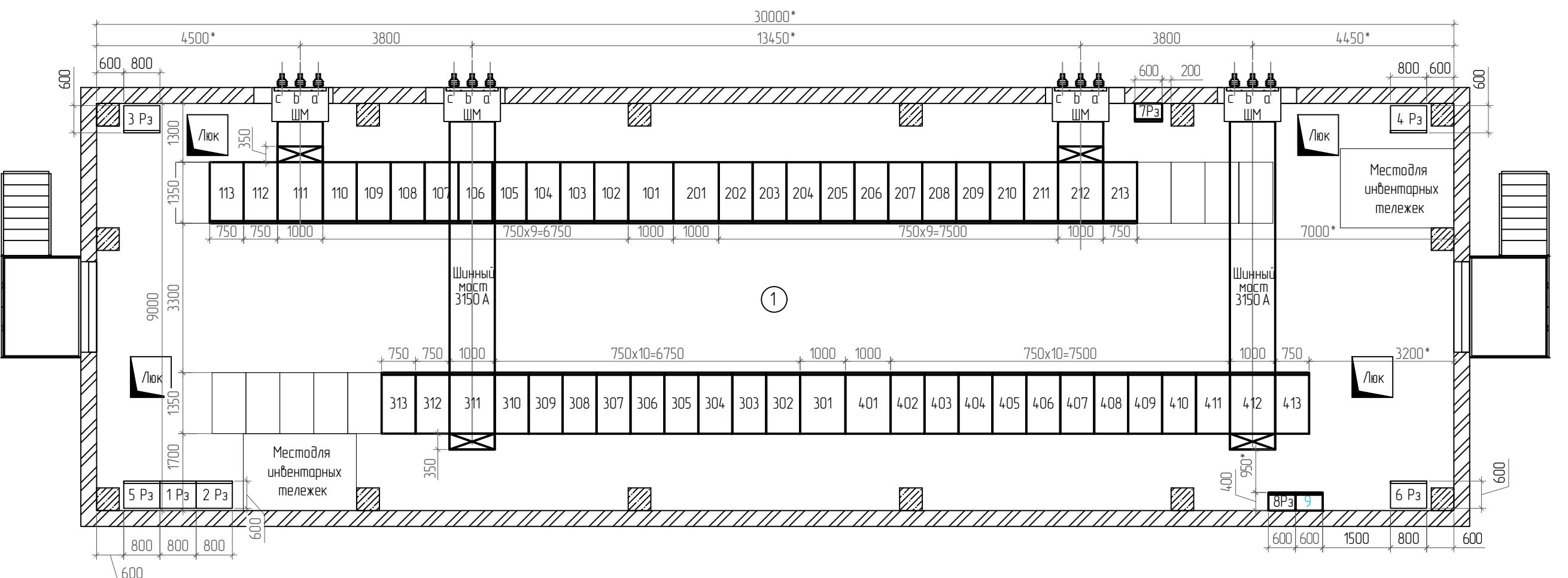
Согласовано

Взам. инв. №

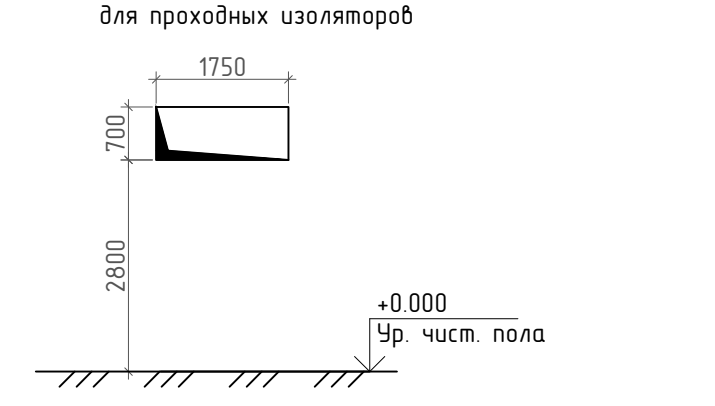
Подп. и дата

Инв. № подл.

План существующего ЗРУ 10 кВ



Существующие проемы в 10 кВ ЗРУ для проходных изоляторов



Ведомость проектируемого оборудования ЗРУ 10 кВ (2ПК)

Номер	Наименование	Количество	Примечание
111, 212, 311, 412	Ячейка КРУ каскетного типа: Ввод 10 кВ с вакуумным выключателем, In=3150 А.	4	
112, 213, 312, 413	Ячейка КРУ каскетного типа: Трансформатор напряжения 10 кВ	4	
101, 301	Ячейка КРУ каскетного типа: Секционный выключатель 10 кВ с вакуумным выключателем, In=3150 А.	2	
201, 401	Ячейка КРУ каскетного типа: Секционный разъединитель 10 кВ, In=3150 А.	2	
-	Ячейка КРУ каскетного типа: Кабельная линия 10 кВ (отходящий фидер) с вакуумным выключателем, In=1000 А.	40	
ШМ	Шинный мост с проходными изоляторами 10 кВ, In=3150 А.	4	комплект

Экспликация помещений

Номер по плану	Наименование	Площадь, м2	Кат. помещения	Температура, °С
1	Помещение КРУ 10 кВ	266	В4	+5...+30

Перечень проектируемых шкафов РЗА

Номер по плану	Наименование	Примечание
1Рз	Шкаф управления ДГР 1СШ-2СШ	Монтаж 2 ПК
2Рз	Шкаф управления ДГР 3СШ-4СШ	Монтаж 2 ПК
3Рз	Шкаф дуговых защит 1СШ 10 кВ (навесной)	Монтаж 2 ПК
4Рз	Шкаф дуговых защит 2СШ 10 кВ (навесной)	Монтаж 2 ПК
5Рз	Шкаф дуговых защит 3СШ 10 кВ (навесной)	Монтаж 2 ПК
6Рз	Шкаф дуговых защит 4СШ 10 кВ (навесной)	Монтаж 2 ПК
7Рз	Шкаф АЧР 1СШ-2СШ 10 кВ	Монтаж 2 ПК
8Рз	Шкаф АЧР 3СШ-4СШ 10 кВ	Монтаж 2 ПК
9	Шкаф УСПД (навесной)	Монтаж 2 ПК

Условные обозначения

- проектируемый шкаф КРУ 10 кВ;
фасад

- проектируемый шкаф РЗА;
фасад

Примечания:

1. План ЗРУ 10 кВ разработан на основании технического паспорта и исходных данных, полученных от Заказчика.

2. Проектируемое оборудование реконструируемой части подстанции на данном пусковом комплексе выполнено сплошными утолщенными линиями, существующее-сплошными тонкими.

3. Оборудование устанавливаемое во 2 ПК затонированно серым цветом.

4. Сейсмическая активность района строительства составляет 8 баллов шкалы MSK-64.

5. Высота внутри помещения ЗРУ 10 кВ в свету не менее 4500 мм.

6. Размеры ШМ уточняются и поставляются заводом-изготовителем КРУ 10 кВ.

7. Вздании предусматриваются места для ввода/вывода кабелей в полу (основании).

8. Размеры, отмеченные *, могут быть уточнены при дальнейшем проектировании.

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Вазнер	Возк			05.26
Пров.	Химич	Бет			05.26
Н.контр.	Артемова	Арм			05.26
ГИП	Ершов	Ерш			05.26

Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ

«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»

Система оперативного постоянного тока

План расстановки оборудования в существующем здании ЗРУ 10 кВ. 2 пусковой комплекс

Стадия

Лист

Листов

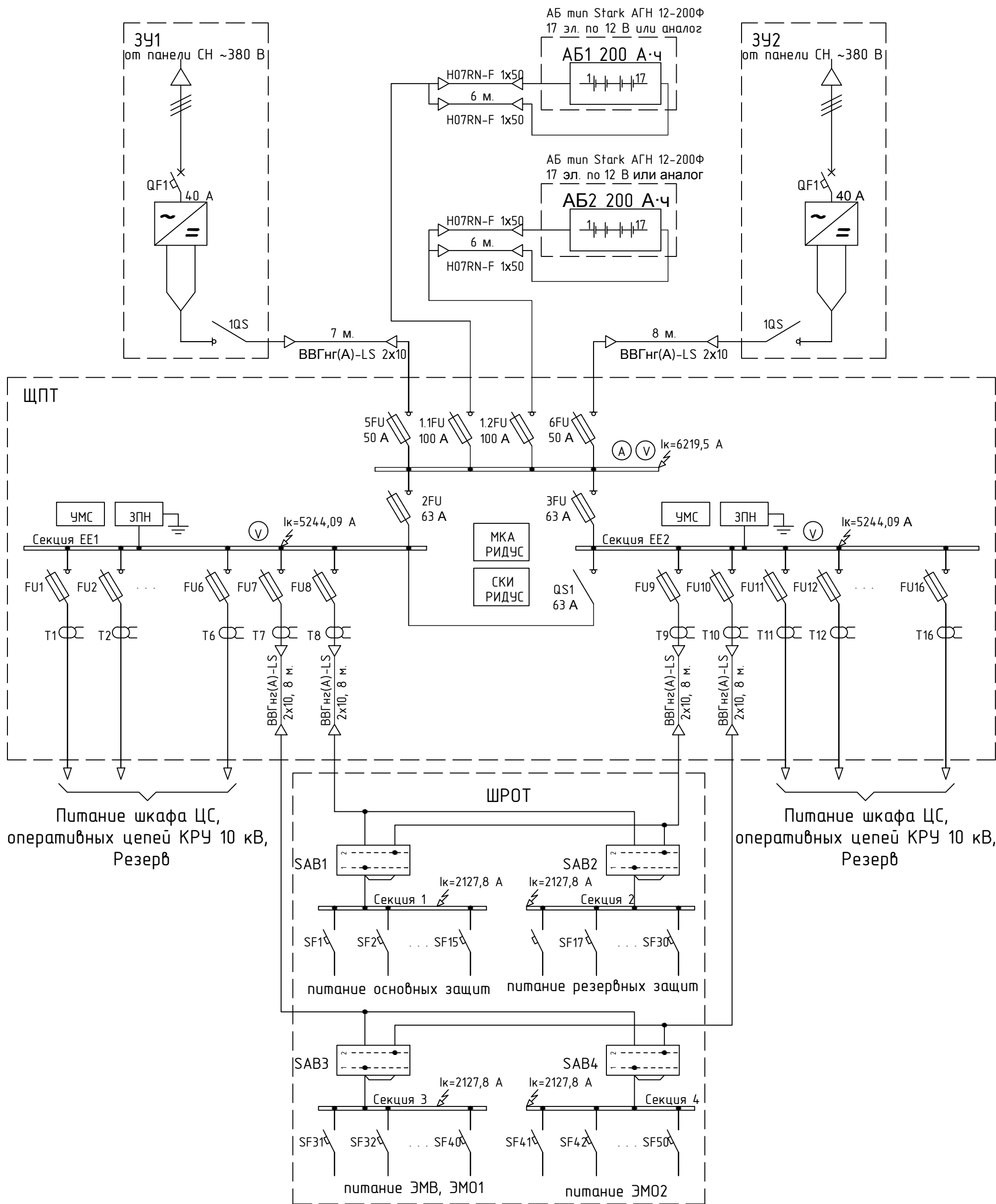
П

5

ООО "Томскэлектросетьпроект"

Инв.№


Формат А4х3



Графические обозначения

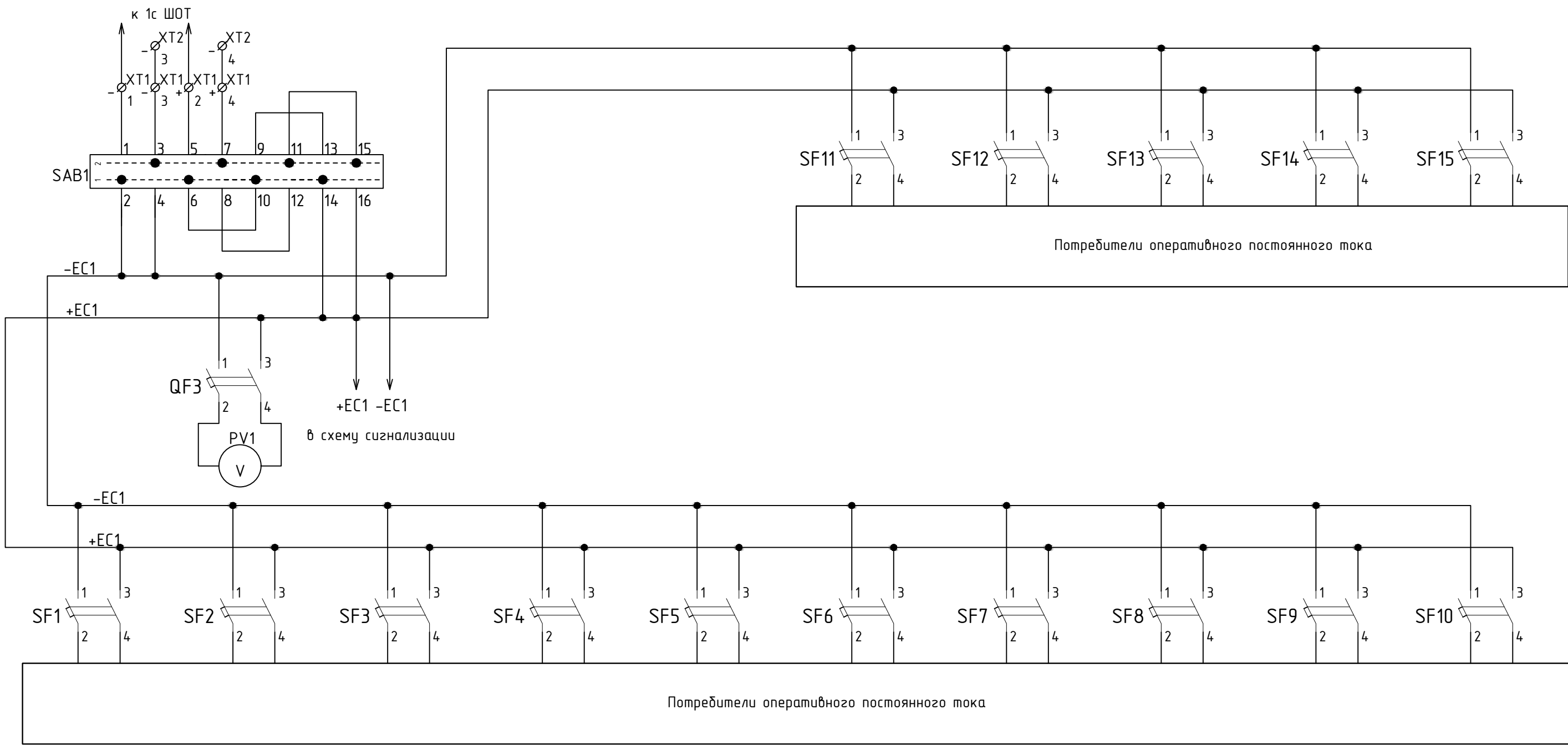
- МКА РИДУС - микропроцессорный комплекс автоматизации
- СКИ РИДУС - устройство контроля изоляции RIDUS ISO
- ЗПН - защита повышенного напряжения
- УМС - устройство мигающего света
- БАО - блок аварийного освещения

Примечание:
Значения токов металлического КЗ представлены без учета нагрева проводников и при полностью заряженной АБ.

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ			
						«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Система оперативного постоянного тока	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Вазнер			Ваз	05.26		П	6	
Пров.	Химич			ХХ	05.26	Однолинейная схема СОПТ	 ООО "Томскэлектросетьпроект"		
Н.контр.	Артемова			Ар	05.26				
ГИП	Ершов			Ерш	05.26				

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

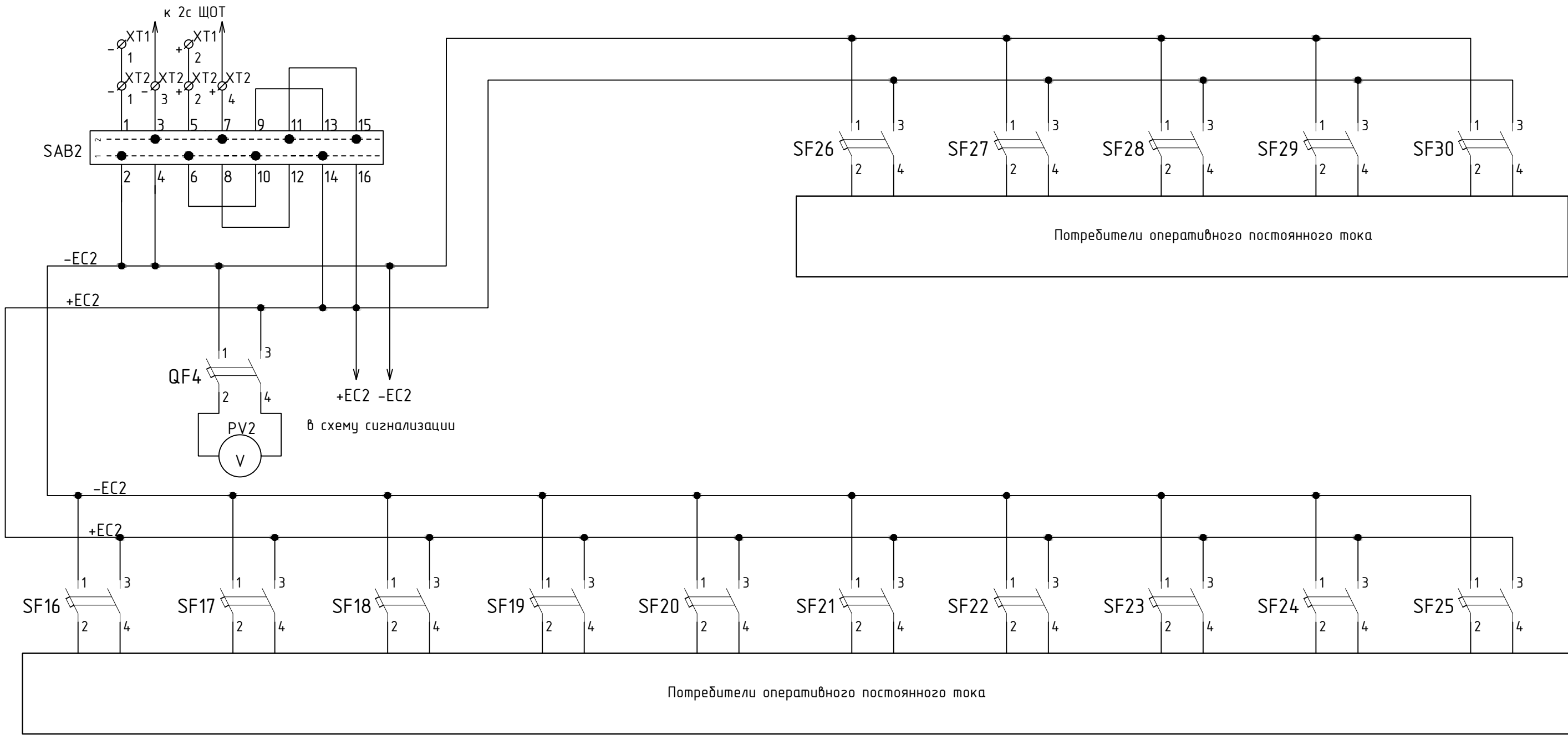
Согласовано			
Взам. инв. №			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			




Примечание:
SF1...SF15 - автоматические выключатели 4 А, характеристика С (LTN-UC-4C-2 или аналог);
QF3 - автоматический выключатель 2 А, характеристика С (LTN-UC-2C-2 или аналог).

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ		
						«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»		
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Система оперативного постоянного тока	Стадия	Лист
Разраб.	Вазнер			Ваз	05.26		П	7
Пров.	Химич			Хи	05.26	Шкаф распределения оперативного тока. Схема принципиальная. Секция 1		
Н.контр.	Артемова			Ар	05.26	ООО "Томскэлектросетьпроект"		
ГИП	Ершов			Ер	05.26			

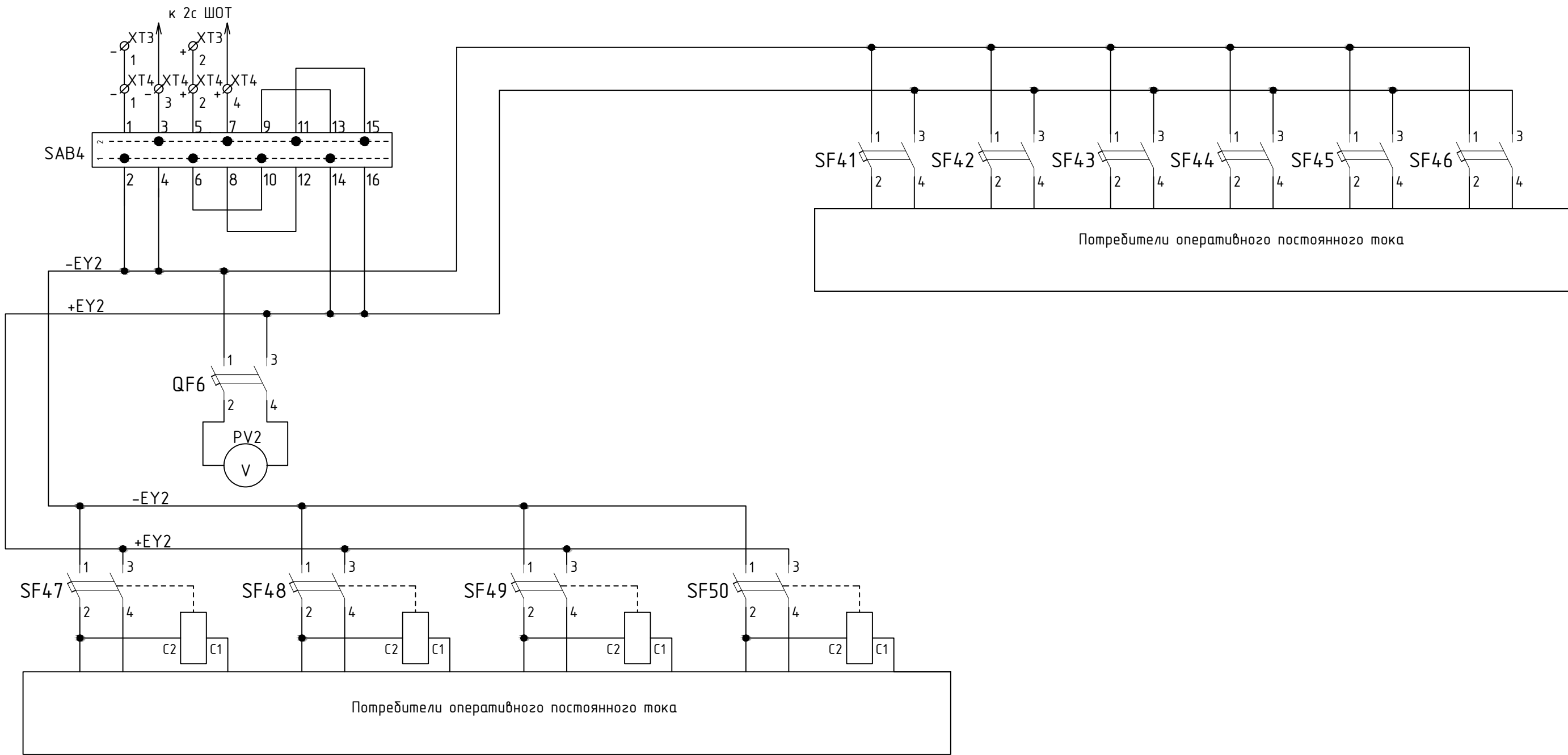
Согласовано			
Взам. инв. №			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			




Примечание:
SF16...SF30 - автоматические выключатели 4 А, характеристика С (LTN-UC-4C-2 или аналог);
QF4 - автоматический выключатель 2 А, характеристика С (LTN-UC-2C-2 или аналог).

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ		
						«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»		
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Система оперативного постоянного тока	Стадия	Лист
Разраб.	Вагнер			<i>В. Вагнер</i>	05.26		П	8
Пров.	Химич			<i>В. Химич</i>	05.26	Шкаф распределения оперативного тока. Схема принципиальная. Секция 2	 ООО "Томскэлектросетьпроект"	
Н.контр.	Артемова			<i>Г. Артемова</i>	05.26			
ГИП	Ершов			<i>В. Ершов</i>	05.26			

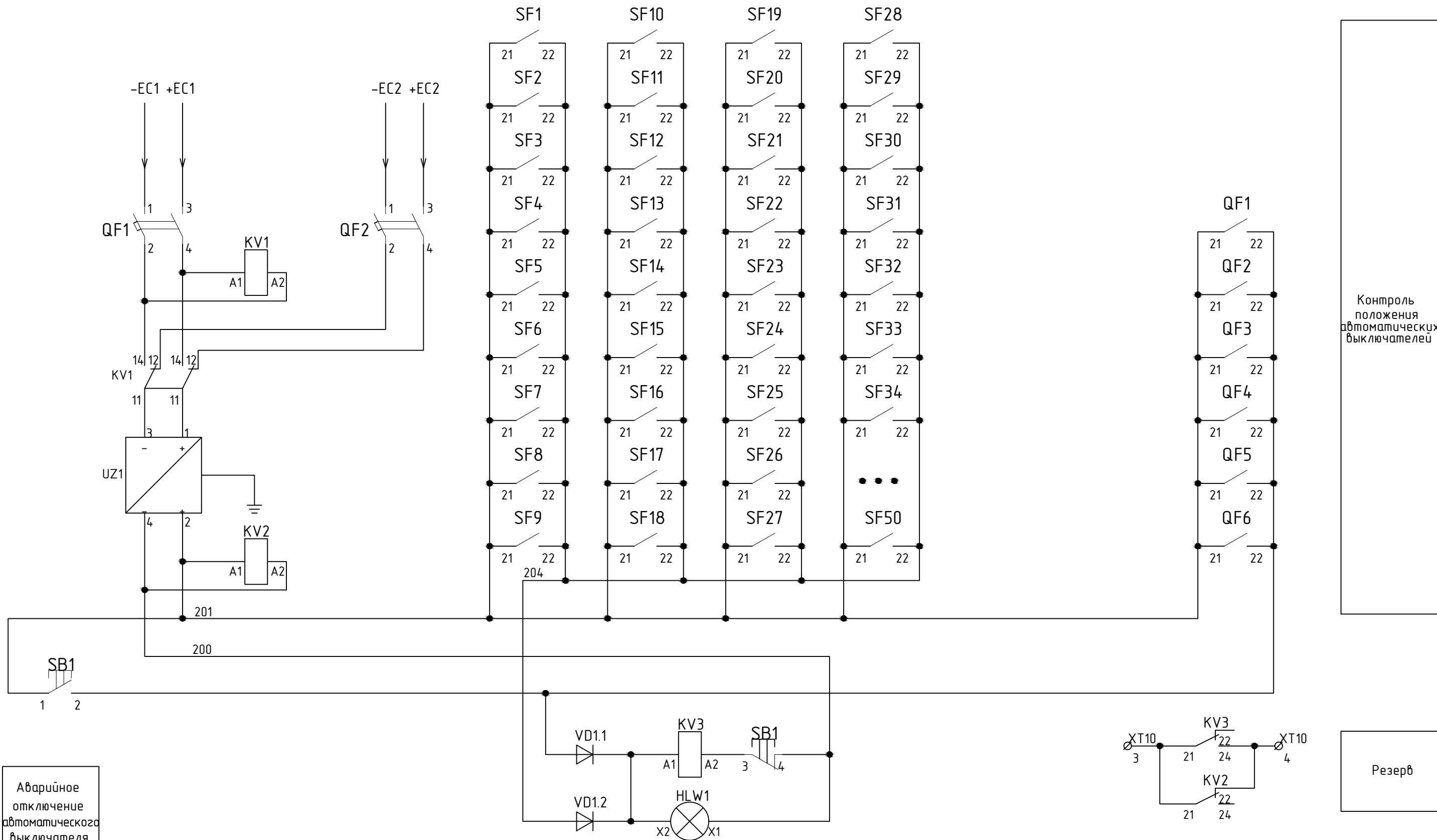
Согласовано			
Взам. инв. №			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			



Примечание:
SF41...SF50, QF6 - автоматические выключатели 2 А, характеристика С (LTN-UC-2C-2 или аналог).

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ		
						«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»		
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Система оперативного постоянного тока	Стадия	Лист
Разраб.	Вагнер			<i>В.В.В.</i>	05.26		П	10
Пров.	Химич			<i>Х.Х.Х.</i>	05.26	Шкаф распределения оперативного тока. Схема принципиальная. Секция 4	 ООО "Томскэлектросетьпроект"	
Н.контр.	Артемова			<i>А.А.А.</i>	05.26			
ГИП	Ершов			<i>Е.Е.Е.</i>	05.26			

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



Аварийное отключение автоматического выключателя

Отключен автомат/отсутствует напряжение в ШРОТ

Примечание:
QF1, QF2 - автоматические выключатели 2 А, характеристика С (LTN-UC-2C-2 или аналог).

						Ю5-373-ИОС1.6.ГЧ			
						«Реконструкция ПС 110 кВ Луговая с заменой трансформаторов Т-1, Т-2 мощностью 25 МВА на трансформаторы мощностью 63 МВА (прирост мощности 76 МВА)»			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Система оперативного постоянного тока	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Вагнер		<i>Вас</i>	05.26		П	11	
Пров.		Химич		<i>ХХ</i>	05.26				
						Шкаф распределения оперативного тока. Схема принципиальная. Цепи сигнализации			
Н.контр.		Артемова		<i>Ар</i>	05.26				
ГИП		Ершов		<i>Ер</i>	05.26				