

Общество с ограниченной ответственностью



Свидетельство П-019-7728670290 от 29.12.2017 года

Заказчик – ОГУЭП «Облкоммунэнерго»

**«Строительство ПС 35/6 кВ «ГПП-2» с ВЛ-35 кВ в г.
Усолье-Сибирское»**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 5 Сведения об инженерном оборудовании, о се-тях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений

Подраздел 1. Система электроснабжения

Часть 1. Система оперативного постоянного тока

32110640565/620/2021. ИОС 1.2

Общество с ограниченной ответственностью



Свидетельство П-019-7728670290 от 29.12.2017 года

Заказчик – ОГУЭП «Облкоммунэнерго»

«Строительство ПС 35/6 кВ «ГПП-2» с ВЛ-35 кВ в г.
Усолье-Сибирское»

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 5 Сведения об инженерном оборудовании, о се-тях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений

Подраздел 1. Система электроснабжения

Часть 1. Система оперативного постоянного тока

32110640565/620/2021. ИОС 1.2

Генеральный директор

Н.Н.Синюков

ГИП

А.Головачев

2022

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





Обозначение	Наименование	Примечание
32110640565/620/2021 ИОС 1.2-С	Содержание тома	2 стр.
32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ	<u>Текстовая часть</u>	
	Введение	3 стр.
	Расчет нагрузок постоянного тока	5 стр.
	Расчетная нагрузка на аккумуляторную батарею в нормальном и аварийном режимах работы	7 стр.
	Определение количества моноблоков аккумуля- торной батареи	8 стр.
	Выбор аккумуляторных батарей и зарядно выпря- мительных устройств	9 стр.
	Выбор и проверка сечения проводников	12 стр.
	Выбор защитных аппаратов	16 стр.
	<u>Графическая часть</u>	
32110640565/620/2021 ИОС 1.2 ГЧ, л. 1	Схема организации постоянного тока	Лист 1

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

32110640565/620/2021 ИОС 1.2-С													
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата								
Разраб.		Гончаров			04.22	Содержание тома							
Пров.		Гончарук			04.22								
ГИП		Головачев			04.22								
Н. контр.		Синюков			04.22								
							<table border="1"> <thead> <tr> <th>Стадия</th> <th>Лист</th> <th>Листов</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>П</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Стадия	Лист	Листов	П	1	1
Стадия	Лист	Листов											
П	1	1											
							ООО "Союзэнергопроект"						

Введение

Наименование объекта: «Строительство ПС 35/6 кВ «ГПП-2» с ВЛ-35 кВ в г. Усолье-Сибирское»

Основания для проектирования:

1. Техническое задание на разработку проектной и рабочей документации «Строительство ПС 35/6 кВ «ГПП-2» с ВЛ-35 кВ в г. Усолье-Сибирское».

Система оперативного постоянного тока (СОПТ) разработана на основании «Положений ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе». На подстанции предусматривается СОПТ централизованной структуры на напряжение 220 В для питания центральной сигнализации, аппаратов релейной защиты, шинок управления ЩСН, щитовых приборов и оперативной блокировки разъединителей.

В состав СОПТ входят:

- Шкаф управления оперативным током совместно с зарядным устройством производства НТЦ Механотроника г. Санкт-Петербург;
- распределительная система постоянного тока производства НТЦ Механотроника г. Санкт-Петербург;
- аккумуляторная батарея (17 блоков) типа PowerSafe 12V190F емкостью 190 А·ч, поставляемой НТЦ Механотроника г. Санкт-Петербург; совместно с ЩПТ. Выбор емкости аккумуляторной батареи и зарядно-выпрямительных устройств см. п 4.1, 4.2.
- распределительная сеть 220 В.

Шкафы управления оперативным током оснащены приборами контроля изоляции, приборами для измерения напряжений на шинках секции оперативного тока. Для контроля положения и состояния защитных и коммутационных аппаратов в ЩПТ предусмотрена панель визуальной световой индикации.

На вводах и отходящих линиях устанавливаются рядовые предохранительные разъединители нагрузки. Применение данного типа защитных устройств позволяет обеспечить селективность срабатывания устройств защиты на всех уровнях распределительной сети СОПТ.

Проектом предусматривается система пофидерного контроля изоляции сети постоянного тока для автоматизированного поиска замыкания на землю и автоматического определения поврежденного присоединения.

Распределительная сеть выполняется экранированными кабелями с медными жилами, негорючей изоляцией с низким дымовыделением ВВГЭнг(А)-LS.

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Гончаров			04.22
Пров.		Гончарук			04.22
ГИП		Головачев			04.22
Н. контр.		Синюков			04.22

Текстовая часть

Стадия	Лист	Листов
П	1	19

ООО "Союзэнергопроект"

СОПТ удовлетворяет требованиям ПУЭ и СТО 56947007-29.120.40.041-2010 «Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования».

Принципиальную электрическую схему щита постоянного тока см. 32110640565/620/2021.ИОС1.2. ГЧ л.1, схема расположения шкафов в ОПУ см. 32110640565/620/2021.ИОС1.1. ГЧ л.6.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ	Лист
			Изм	Кол.у	Лист	№ док		Подп.

1 Расчет нагрузок постоянного тока

Расчетная нагрузка потребителей постоянного тока в нормальном и аварийном режимах, представлена в таблице 1.1

Таблица 1,1 – Расчет нагрузок постоянного оперативного тока

Наименование	Нормальный режим		Аварийный режим	
	P, Вт	ΣP , Вт	P, Вт	ΣP , Вт
СОПТ. Шкаф защиты и автоматики трансформатора				
ШЭ-МТ-022 (осн.защ)	50	50*2=100	60	60*2=120
ШЭ-МТ-022 (рез.защ. и АЧВ)	50	50*2=100	60	60*2=120
ШЭ-МТ-022 (Электромагниты ЭВ и Э01)	-	-	220	220
ШЭ-МТ-022 (Электромагнит Э02)	-	-	220	220
Итого:		200		560
Шкаф защиты и автоматики СВ-35				
ШЭ-МТ-013 (осн.защ)	50	100	60	60
ШЭ-МТ-013 (Электромагниты ЭВ и Э01)	-	-	220	220
ШЭ-МТ-013 (Электромагнит Э02)	-	-	220	220
Итого:		100		500
Шкаф центральной сигнализации				
ШЭ-МТ-131	100	100	-	-
Шкаф оперативной блокировки разъединителей				
ШЭ-МТ-134	100	100	-	-
Шкаф регистратора аварийных событий				
ШЭ-МТ-135	100	100	120	120
Шкаф управления дугогасящей катушкой				
Шкаф управления дугогасящей катушкой	100	200	-	-
Терминалы ЗРУ-6кВ. Шинки управления				
Шинки управления	20	20*47=940	25	25
Шинки питания приводов выключателей				
Шинки питания приводов выключателей	-	-	220	220*45=9900
Итого по СОПТ		1740		11105

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Лист

3

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм Кол.у Лист №док Подп. Дата

Примечание: Терминалы РЗиА приняты производства НТЦ Механотроника, в случае изменения типов терминалов расчет может быть уточнен на стадии рабочей документации.

В проекте предусмотрено питание от СОПТ электромагнитов выключателей 35 кВ и блоков управления выключателями 6 кВ. Потребляемые токи приведены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Мощность потребления электромагнитов выключателей

п/п	Класс U, кВ	Тип выключателя	Потребляемый ток	
			ЭМВ, А	ЭМО, А
1	35	ВВН-СЭЩ-П-35	1 (0,065с)	1 (0,015с)
2	6	ВВУ-СЭЩ-П-10	1 (0,005с)	1 (0,015с)

Примечания:

1. В скобках указано время толчковой нагрузки

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					Лист
			32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ				
Изм	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата		

2 Расчетная нагрузка на аккумуляторную батарею в нормальном и аварийном режимах работы

Нормальный режим:

Суммарная установившаяся нагрузка: $\Sigma P_{н.р.} = 1740 \text{ А}$ (см. табл. №1.1)

Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой:

$$\Sigma I_{н.р.} = 1740/220 = 7,9 \text{ А}$$

Аварийный режим:

Суммарная установившаяся нагрузка: $\Sigma P_{а.р.} = 11105 \text{ А}$ (см. табл. №1.1)

Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой:

$$\Sigma I_{а.р.} = 11105/220 = 50,5 \text{ А}$$

Выполним выбор емкости аккумуляторной батареи с учетом появления толчкового тока в начале и в конце аварийного режима.

За расчетный режим для определения толчкового тока **в начале аварийного режима** (предшествующий режим нормальный) принимаем отключение трансформатора с двух сторон дифференциальной защитой при КЗ в силовом трансформаторе:

$$\Sigma I = 7,9 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 2 = 11,9 \text{ А}$$

Время аварийного режима принимаем минимальное и равное 2 часа, согласно СТО 5694 7007-29.120.40.093-2011 «Руководство по проектированию систем оперативного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС. Типовые проектные решения»

Типовые проектные решения»

За расчетный режим для определения толчкового тока **в конце аварийного режима** (предшествующий режим аварийный) принимаем включение выключателей 35 и 6 кВ:

$$\Sigma I = 50,5 + 1 + 1 = 52,5 \text{ А}$$

График нагрузки представлен на рисунке 2.1

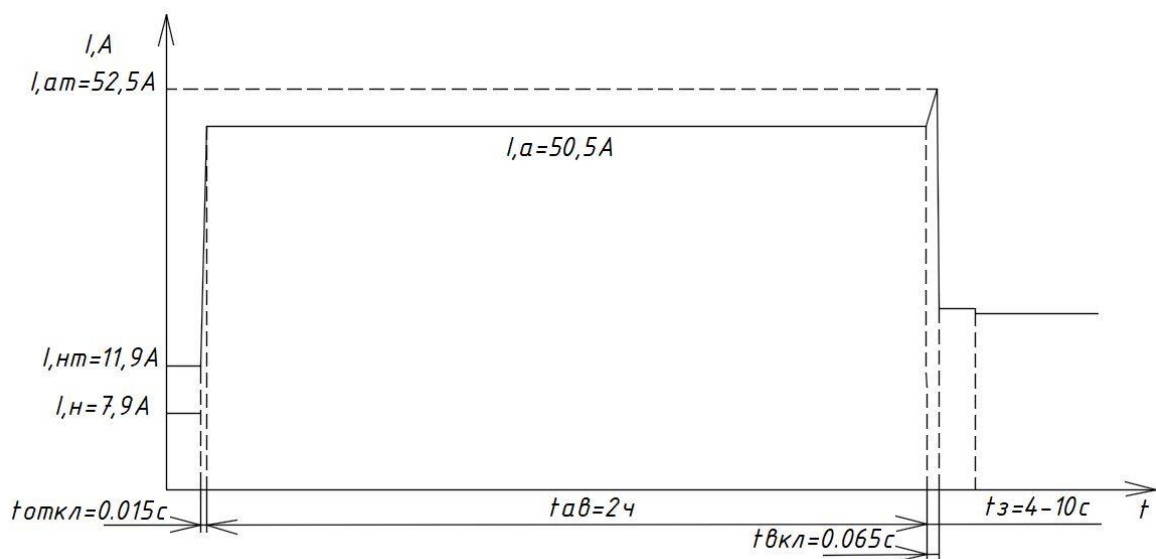


Рисунок 2.1. График нагрузки АБ

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Лист

5

Формат А4

3 Определение количества моноблоков аккумуляторной батареи

Аккумуляторные батареи на ПС в системе оперативного постоянного тока работают в режиме постоянного подзаряда. При этом напряжение постоянного подзаряда одного элемента АБ, предполагаемой к установке (PowerSafe), составляет 2,28 В/эл.

В соответствии с Правилами технической эксплуатации напряжение постоянного тока на шинках, питающих устройства РЗА и ПА, цепи управления высоковольтных выключателей допускается поддерживать в пределах 220±5%, что составляет 231 В. Напряжение на шинках ЩПТ принимаем выше на 0,5 В (п.5N°84тм-т2). При этом число элементов АБ:

$$N_{эл} = 231,5 / 2,28 = 101,5 \sim 102 \text{ эл.}$$

Один моноблок герметизированной батареи состоит из 6 элементов, следовательно, число моноблоков:

$$N_{мб} = 102 / 6 = 17 \text{ шт.}$$

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

Изм	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

4 Выбор аккумуляторных батарей и зарядно выпрямительных устройств

4.1 Выбор аккумуляторной батареи

Исходные данные для выбора АБ сведены в таблицу 4.1.1

Таблица 4.1.1 – Исходные данные для выбора АБ

Параметр	Значение
Номинальное напряжение на шинах СОПТ	220В
Нормируемое максимально допустимое напряжение на цепях управления (на зажимах потребителей)	242В
Нормируемое минимально допустимое напряжение на цепях управления (на зажимах потребителей)	176В ($0,8 \cdot U_{ном}$)
Нормируемое максимально допустимое напряжение на шинах в месте подключения силовых цепей (на зажимах потребителей)	242В
Нормируемое минимально допустимое напряжение на шинах в месте подключения силовых цепей (на зажимах потребителей)	176В ($0,8 \cdot U_{ном}$)
Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой в рабочем режиме	7,9
Максимальный ток кратковременной толчковой нагрузки в рабочем режиме	11,9
Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой от АБ в аварийном режиме	50,5
Максимальный ток кратковременной толчковой нагрузки в аварийном режиме	52,5
Момент появления толчковой нагрузки	В начале и в конце
Продолжительность аварийного режима	120 мин.
Количество элементов АБ (12В)	17
Тип АБ	необслуживаемая
Средняя температура в летний период	+25°
Минимальная температура в зимний период	+10°

Согласно СТО 56947007-29.120.40.041-2010 «Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования» АБ должна выдерживать как минимум два часа разряда током нагрузки в автономном режиме (при потере собственных нужд ПС).

В табл. 4.1.2 приведены значения нагрузок потребителей СОПТ.

Таблица 4.1.2 – Значение нагрузок потребителей СОПТ

Наименование	Постоянный ток, А	Толчковый ток, А
Существующая нагрузка	7,9	52,5
Питание ТМ	8,18	8,18
Суммарная нагрузка	16,08	60,68

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Лист

7

Изм Кол.у Лист №док Подп. Дата

Расчет емкости производится с использованием разрядной характеристики аккумуляторов, соответствующей напряжению в конце разряда, номинальной емкостью, наиболее близкой значению, рассчитываемому по выражению, А·ч:

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

$$C' = 1,5 \cdot 2 \cdot 16,08 = 48,24, \text{ А} \cdot \text{ч}$$

где $I_{ср}$ – усредненное за время разряда суммарное значение тока постоянной и временной нагрузок, А ($I_{ср}=16,08$ А);

t – расчетная продолжительность разряда аккумуляторной батареи, ч;

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

Предварительный расчет емкости по двухступенчатой диаграмме нагрузки рассчитывается по выражению, А·ч:

$$C_{пр} = k_1 \cdot I_{пост} + k_2 \cdot I_{кр}, \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

где k_1, k_2 – коэффициенты интенсивности разряда при продолжительностях разряда равных расчетной продолжительности разряда аккумуляторной батареи и максимальной продолжительности кратковременной нагрузки соответственно, А·ч/А, которые определяются по разрядной характеристике аккумуляторов рассматриваемого типа для выбранного напряжения на аккумуляторе в конце разряда.

Расчетные коэффициенты интенсивности разряда были определены по разрядным характеристикам для напряжения аккумулятора 1,8 В. Коэффициент k_1 равен 3,2 что соответствует продолжительности разряда 120 мин. Коэффициент k_2 равен 0,63, что соответствует минимальной продолжительности разряда на разрядной характеристике 5 мин. Расчет емкости аккумуляторов, требуемой для покрытия заданной нагрузки:

$$C_{пр} = 3,2 \cdot 16,08 + 0,63 \cdot 60,68 = 89,7, \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Для компенсации снижения емкости под влиянием рабочей температуры и старения аккумуляторов в процессе всего срока эксплуатации, расчетную емкость аккумуляторной батареи необходимо увеличить согласно выражению:

$$C = k_э \cdot C_{пр}, \text{ А} \cdot \text{ч};$$

$$C = 1,5 \cdot 89,7 = 134,5 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

где $k_э$ – коэффициент, учитывающий работу АБ при температуре 10 °С и снижение расчетной емкости до 80 % номинальной емкости к концу срока службы; как правило, принимается равным 1,5.

Дополнительно подключается шкаф телекоммуникационный нагрузкой 1,81 А в течении 24-часового разряда. Дополнительная необходимая емкость 43,44 А·ч.

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

Изм	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата	32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ	Лист
							8

Расчетным значениям соответствует аккумуляторная батарея PowerSafe типа 12V190F емкостью 190 А · ч с учетом запаса. Разрядные характеристики АБ представлены в табл. 4.1.3

Таблица 4.1.3 – Разрядные характеристики АБ

Аккумулятор	Конечное напряжение разряда 1,8 В/эл				
	Время разряда, мин				
PowerSafe 12V190F	5	60	120	140	300
	Ток разряда, А				
	195,8	70,4	40,6	36,1	28,9

4.2 Выбор зарядно-выпрямительного устройства

Номинальный ток зарядно-выпрямительного устройства (ЗВУ) рассчитывается как сумма тока 10-и часового разряда батареи ($0,1C_{10}$) и тока нагрузки в нормальном режиме (I_n). Номинальный выходной ток зарядного устройства выбирается из ряда номинальных токов, по условию:

$$I_{НОМ} \geq I_{н\delta, раб},$$

где $I_{н\delta, раб}$ – наибольший рабочий выходной ток зарядного устройства.

Наибольший рабочий ток выбирается по большему значению из тока постоянной нагрузки СОПТ и тока, рассчитываемого по выражению:

$$I_з = (I_{п.нз} + k \cdot C_{10})/2, А$$

$$I_з = (16,08 + 0,12 \cdot 190)/2 = 19,44 А$$

где k – коэффициент запаса, учитывающий потери энергии при заряде аккумуляторов; принимается равным 0,12;

C_{10} – номинальная десятичасовая ёмкость аккумуляторной батареи, А·ч;

$I_{п.нз}$ – ток постоянной нагрузки СОПТ, А.

Наибольший рабочий ток равен наибольшему значению из тока постоянной нагрузки (16,08 А) и расчетного тока (19,44 А), то есть 19,44 А. Выбираем ЗУ с номинальным током 25 А.

Ивн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №
Изм	Кол.у	Лист
№ док	Подп.	Дата

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Лист

9

5 Выбор и проверка сечения проводников

Выбор и сечение проводников в цепях кратковременной нагрузки должны производиться следующим образом:

- предварительно выбирается сечение проводника по потере напряжения;
- выбранное сечение проверяется по термической стойкости к токам короткого замыкания и невозгораемости.

Выбор проводников в остальных цепях должен производиться в следующем порядке:

- предварительно выбирается сечение проводника по длительно допустимому току;
- выбранное сечение проверяется по потере напряжения;
- выбранное сечение проверяется по термической стойкости к токам короткого замыкания и невозгораемости.

5.1 Выбор и проверка сечения проводников

Предварительный выбор сечения проводника в цепях питания кратковременной нагрузки $S_{пр}$, производится из ряда сечений по ГОСТ 22483, по условию:

$$S_{пр} \geq \frac{\rho \cdot I_{пр.ном} \cdot l_{\Sigma} \cdot 10^{-2}}{(N \cdot U_{нк.раб.ак} - U_{нм.доп}) \cdot n_{пров}}$$

где $\rho=1,85 \cdot 10^{-2}$ Ом*мм²/м – удельное сопротивление меди;

$I_{пр.ном}$ – номинальный ток электромагнитного привода выключателя при включении выключателя, А;

l_{Σ} – суммарная длина проводников в цепи от аккумуляторной батареи до клемм привода, м;

N – количество аккумуляторов в батарее, шт., при наличии дополнительной группы аккумуляторов количество аккумуляторов определяется с учетом дополнительной группы;

$U_{нк.раб.ак}$ – напряжение аккумулятора в конце разряда, рассчитываемое при выборе АБ, В (в случае отсутствия данных допускается принимать 1,8 В/эл);

$U_{нм.доп}$ – минимально допустимое напряжение на клеммах электромагнитного привода, В (принимает по технической документации на выключатель или привод);

$n_{пров}$ – количество параллельных проводников в одном полюсе, по умолчанию принимается равным 1.

Если выбранное сечение превышает 185 мм², то требуется увеличить число параллельных проводников, $n_{пров}$ и повторить выбор.

Результаты расчета сечений проводников в цепях питания кратковременной нагрузки приведены в таблице 5.1

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

Изм	Кол.у	Лист	№док	Подп.	Дата	32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ
-----	-------	------	------	-------	------	---------------------------------

Таблица 5.1 – Результаты расчета сечений проводников в цепях питания кратковременной нагрузки

Кабель от:	$I_{пр.ном}, A$	$l_{\Sigma}, м$	N	$U_{нк.раб.ак}, В/эл$	$U_{нк.доп}, В$	$n_{пров}$	$S_{пр}, мм^2$	$S_{пр.прин.}, мм^2$
3FU1	1	64	102	1,75	176	1	0,0047	2,5
3FU2	1	68	102	1,75	176	1	0,005	2,5
3FU7	1	73	102	1,75	176	1	0,0054	2,5
4FU1	1	64	102	1,75	176	1	0,0047	2,5
4FU2	1	68	102	1,75	176	1	0,005	2,5
4FU6	1	68	102	1,75	176	1	0,005	2,5

5.2 Выбор сечения проводников в цепях питания постоянной и временной нагрузки по длительно допустимому току

Предварительный выбор сечения проводников по длительно допустимому току не производится для цепей, питающих только кратковременную нагрузку. Выбирается сечение проводника по длительно допустимому току, удовлетворяющему условию:

$$I_{длит.доп} \geq \frac{I_{пт.нг} + I_{вр.нг}}{n_{пров} \cdot k_t}$$

где $I_{длит.доп}$ – длительно допустимый ток проводника, А
 $I_{пт.нг}, I_{вр.нг}$ – ток постоянной и временной нагрузки, протекающий через проводник, А
 $n_{пров}$ – количество параллельных проводников в одном полюсе, по умолчанию принимается равным 1
 k_t – поправочный коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды

Результаты расчета сечений проводников в цепях питания постоянной и временной нагрузки по длительно допустимому току приведены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Результаты расчета сечений проводников в цепях питания постоянной и временной нагрузки по длительно допустимому току

Кабель от:	$I_{пт.нг}+I_{вр.нг}, A$	$n_{пров}$	k_t	$I_{длит.доп}, A$	$S_{пр.прин.}, мм^2$
1FU1	0,5	1	0,81	0,62	2,5
1FU2	0,5	1	0,81	0,62	2,5
1FU3	0,5	1	0,81	0,62	2,5
1FU4	0,23	1	0,81	0,28	2,5
1FU5	0,45	1	0,81	0,56	2,5
2FU1	0,5	1	0,81	0,62	2,5
2FU2	0,5	1	0,81	0,62	2,5
2FU3	0,5	1	0,81	0,62	2,5
2FU4	0,23	1	0,81	0,28	2,5
2FU5	0,45	1	0,81	0,56	2,5

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

ЗFU3	0,45	1	0,81	0,56	2,5
ЗFU4	1	1	0,81	1,23	2,5
ЗFU6	5,9	1	0,81	7,28	2,5
ЗFU8	1	1	0,81	1,23	2,5
4FU3	1	1	0,81	1,23	2,5
4FU4	5,9	1	0,81	7,28	2,5
4FU7	0,45	1	0,81	0,56	2,5

5.3 Выбор сечения проводников в цепях питания постоянной и временной нагрузки по длительно допустимому току

В цепи зарядного устройства сечение проводника выбирается по длительно допустимому току, удовлетворяющему условию

$$I_{\text{длит. доп}} \geq \frac{k_{\text{пер}} \cdot I_{\text{ном.ЗУ}}}{n_{\text{пров}} \cdot k_t}$$

где $I_{\text{ном.ЗУ}}$ – номинальный ток ЗУ, А

$K_{\text{пер}}$ = коэффициент, учитывающий возможность перегрузки ЗУ, принимается равным 1,15

$$I_{\text{длит. доп}} \geq 1,15 \cdot 25 / (1 \cdot 0,81) = 35,5 \text{ А}$$

Принимаем сечение кабеля в цепи ЗУ равное 16 мм² с учетом запаса

5.4 Выбор сечения проводников в цепи зарядного устройства

Сечение кабеля в цепи ввода аккумуляторной батареи принимается по большему значению из сечений, выбранных по п.6.1 и п.6.2

Принимается сечение кабеля в цепи АБ равное 50 мм² с учетом запаса

5.5 Проверка сечения проводника по потере напряжения в цепях питания постоянной и временной нагрузки

Проверку по потере напряжения проводников линий питания нагрузки ЩПТ и в цепи конечных электроприемников выполнять по условию:

$$I_{\text{АБ-ЩПТ}} \cdot R_{\text{АБ-ЩПТ}} + I_{\text{ЩПТ-Эл}} \cdot R_{\text{ЩПТ-Эл}} \leq N \cdot U_{\text{нк. раб. ак}} - U_{\text{нм. доп}}$$

где $I_{\text{АБ-ЩПТ}}$ – ток постоянной, временной и кратковременной нагрузки СОПТ, А;

$R_{\text{АБ-ЩПТ}}$ – активное сопротивление кабельной линии от АБ до ЩПТ, Ом;

$I_{\text{ЩПТ-Эл}}$ – ток электроприемника;

$R_{\text{ЩПТ-Эл}}$ – активное сопротивление кабельной линии от ЩПТ до электроприемника;

N – количество аккумуляторов в основной группе АБ.

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Лист

12

Изм Кол.у Лист № док Подп. Дата

При проверке по потере напряжения также учитывается кратковременная нагрузка СОРТ.

При проверке по потере напряжения сопротивлением ошиновки АБ, переходных сопротивлений контактов и сопротивлением катушек защитных аппаратов допускается пренебрегать.

Если условие проверки по потере напряжения не выполняется, то необходимо увеличить сечение проводников линии питания нагрузки ЩПТ и/или проводников в цепи конечного электроприемника на одну ступень и повторить данную проверку.

Результаты проверки приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Результаты проверки проводников по потере напряжения

Выбор кабелей							
Трасса		Кабель			$F I_{РАСЧ},$ В А	$I_{Д.Н.},$ А	$\Delta U_{РАСЧ},$ В
		$F_{ПРОВ},$ мм ²	$L_{ПРОВ},$ м	$R_{ПРОВ},$ Ом			
АБ	ЩПТ	50	5	0.002	58.39	179	0.12
ЩПТ	ЗВУ 1	16	5	0.005	25	84	0.13
ЩПТ	ЗВУ 2	16	5	0.005	25	84	0.13
от 1FU1		2.5	14	0.098	0.5	33	0.05
от 1FU2		2.5	13	0.091	0.5	33	0.05
от 1FU3		2.5	14	0.098	0.5	33	0.05
от 1FU4		2.5	14	0.098	0.23	33	0.02
от 1FU5		2.5	17	0.119	0.45	33	0.05
от 1FU7		2.5	18	0.126	8.18	33	1.03
от 2FU1		2.5	14	0.098	0.5	33	0.05
от 2FU2		2.5	15	0.105	0.5	33	0.05
от 2FU3		2.5	14	0.098	0.5	33	0.05
от 2FU4		2.5	15	0.105	0.23	33	0.02
от 2FU5		2.5	17	0.119	0.45	33	0.05
от 2FU8		6	75	0.219	13.64	54	2.99
от 3FU1		2.5	64	0.448	1	33	0.45
от 3FU2		2.5	68	0.476	1	33	0.48
от 3FU3		2.5	15	0.105	0.45	33	0.05
от 3FU4		2.5	67	0.469	1	33	0.47
от 3FU6		2.5	10	0.07	5.9	33	0.41
от 3FU7		2.5	73	0.511	1	33	0.51
от 3FU8		2.5	15	0.105	1	33	0.11
от 4FU1		2.5	64	0.448	1	33	0.45
от 4FU2		2.5	68	0.476	1	33	0.48
от 4FU3		2.5	72	0.504	1	33	0.5
от 4FU4		2.5	11	0.077	5.9	33	0.46
от 4FU6		2.5	68	0.476	1	33	0.48
от 4FU7		2.5	15	0.105	0.45	33	0.05

Падения напряжения не превышают допустимую величину.

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Лист

13

6 Выбор защитных аппаратов

6.1 Расчет токов КЗ

Ток короткого замыкания в сети постоянного тока, питающейся от аккумуляторной батареи, определяется по формуле:

$$I_{КЗ} = \frac{E_{РАСЧ} n_{ЭЛ}}{R_{АБ} + R_{Ц}}$$

где $E_{РАСЧ}$ – расчетная ЭДС одного элемента АБ; $n_{ЭЛ}$ – число элементов АБ;

$R_{АБ}$ – внутреннее сопротивление АБ; $R_{Ц}$ – сопротивление цепи короткого замыкания.

Величины $E_{РАСЧ}$ и $R_{АБ}$ нелинейно зависят от тока, протекающего через АБ. Ток короткого замыкания зависит от сопротивления цепи. Кривая нелинейной зависимости тока в АБ от сопротивления, на которое она замкнута, заменяется двумя прямолинейными участками, пересекающимися в точке, соответствующей граничному сопротивлению. Значение этого сопротивления зависит от АБ и количества включенных в работу элементов в соответствии с выражением:

$$R_{ГР} = 7,5 \frac{n_{ЭЛ}}{N} 10^{-3} = 7,5 \frac{n_{ЭЛ}}{C_{10}} 36 \times 10^{-3} = 2,7 \frac{n_{ЭЛ}}{10C_{10}},$$

где N – номер АБ; C_{10} – емкостью аккумулятора при 10-часовом режиме разряда.

В случае, если $R_{Ц} < R_{ГР}$, принимается:

$$E_{РАСЧ} = 1,73 В;$$

$$R_{АБ} = 4 \frac{n_{ЭЛ}}{N} 10^{-3} = 4 \frac{n_{ЭЛ}}{C_{10}} 36 \times 10^{-3} = 1,44 \frac{n_{ЭЛ}}{10C_{10}}.$$

В случае, если $R_{Ц} > R_{ГР}$, принимается:

$$E_{РАСЧ} = 1,93 В;$$

$$R_{АБ} = 5,4 \frac{n_{ЭЛ}}{N} 10^{-3} = 5,4 \frac{n_{ЭЛ}}{C_{10}} 36 \times 10^{-3} = 1,94 \frac{n_{ЭЛ}}{10C_{10}}.$$

Исходными данными для расчета токов короткого замыкания в системе оперативного постоянного тока являются параметры силовых кабелей, шин, аккумуляторных батарей и коммутационных аппаратов.

Для коммутационных и защитных аппаратов сопротивление переходных контактов составляет

$$R_{ПК} = 1 \times 10^{-3} \text{ Ом}.$$

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

Изм	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата	32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

В табл. 6.1 приведены расчетные токи короткого замыкания в сети оперативного постоянного тока.

Таблица 6.1. Токи короткого замыкания

№	Наименование места КЗ	Материал (м, а)	S, мм ²	L, м	Сопр-ие цепи, Ом	R _{АБ} , Ом	E _{РАСЧ} , В	I _{КЗ} , А
АБ	Вывод АБ	м	50	0	0	0.077	1.73	2291.7
АБ	Шины ЩПТ	м	50	5	0	0.077	1.73	2291.7
1	Осн. защита Т1	м	2.5	14	0.15	0.077	1.73	777.4
2	Рез. защита Т2	м	2.5	13	0.143	0.077	1.73	802.1
3	РПН Т1	м	2.5	14	0.15	0.077	1.73	777.4
4	ГЗ Т1	м	2.5	14	0.15	0.077	1.73	777.4
5	Панель упр.	м	2.5	17	0.171	0.077	1.73	711.5
6	Шкаф ТМ	м	2.5	18	0.178	0.077	1.73	692
7	Осн. защита Т2	м	2.5	14	0.15	0.077	1.73	777.4
8	Рез. защита Т1	м	2.5	15	0.157	0.077	1.73	754.1
9	РПН Т2	м	2.5	14	0.15	0.077	1.73	777.4
10	ГЗ Т2	м	2.5	15	0.157	0.077	1.73	754.1
11	Шкаф УАРК	м	2.5	17	0.171	0.077	1.73	711.5
12	ЭВМ ЭМО1	м	2.5	64	0.5	0.104	1.73	292.2
13	ЭМО2	м	2.5	68	0.528	0.104	1.73	279.2
14	Терминал сигнализации ввод 1	м	2.5	15	0.157	0.077	1.73	754.1
15	ШВОШ-1	м	2.5	67	0.521	0.104	1.73	282.3
16	ЩСН. Шкаф автоматики ввод-	м	2.5	10	0.122	0.077	1.73	886.7
17	ШВОШ-2	м	2.5	74	0.57	0.104	1.73	261.8
18	Терминал ОБР	м	2.5	15	0.157	0.077	1.73	754.1
19	ЭМО2	м	2.5	64	0.5	0.104	1.73	292.2
20	ЭВМ ЭМО1	м	2.5	68	0.528	0.104	1.73	279.2
21	ШВОШ-2	м	2.5	72	0.556	0.104	1.73	267.4
22	ЩСН. Шкаф автоматики ввод-	м	2.5	11	0.129	0.077	1.73	856.6
23	ШВОШ-1	м	2.5	68	0.528	0.104	1.73	279.2
24	Терминал сигнализации ввод 2	м	2.5	15	0.157	0.077	1.73	754.1
25	Шкаф ТК	м	6	75	0.271	0.104	1.73	470.6

6.2 Выбор автоматических выключателей

Нижний уровень защиты СОПТ выполняется АВ, установленными непосредственно у потребителей в составе щитов, шкафов. Средний уровень защиты обеспечивается АВ присоединений щитов постоянного тока. Верхний уровень (защита шинок щита постоянного тока) выполняется плавкими вставками предохранителей, установленными на вводе АБ.

Выбор защитных аппаратов выполняется по следующим условиям:

1) время отключения тока КЗ в любой точке цепи не должно превышать времени, в течение которого температура проводников достигает допустимого предела:

$$t_{\text{откл}} \leq t_{\text{ДП}} = \left(\frac{K \cdot S}{I_{\text{КЗ}}} \right)^2$$

где $t_{\text{откл}}$ – время отключения присоединения; $I_{\text{КЗ}}$ – действующее значение тока КЗ, А; $K = 115$ для медных проводов с поливинилхлоридной изоляцией; S – сечение проводника, мм²; $t_{\text{ДП}}$ – время, в течение которого температура проводника достигнет допустимый предел.

32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Лист

15

2) по отключающей способности защитные аппараты должны соответствовать максимальному значению тока КЗ в начале защищаемого участка сети: $I_{ОТКЛ} \geq I_{КЗ}$,

где $I_{ОТКЛ}$ – ток отключения, А.

3) номинальный ток защитного аппарата должен быть больше расчетного тока присоединения и меньше длительно допустимого тока кабеля: $I_{РАСЧ} \leq I_{НОМ} \leq I_{Д.Н.}$,

где $I_{РАСЧ}$ – расчётный ток присоединения, А; $I_{НОМ}$ – номинальный ток защитного аппарата, А; $I_{Д.Н.}$ – допустимый номинальный ток нагрузки проводника (кабеля), А.

4) уставка срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечки) выключателя выбирается такой, чтобы расцепитель не сработал при протекании тока кратковременного разряда по условию: $I_{ОТС} \geq k_3 k_P I_{КР АВ}$,

где – коэффициент запаса; $k_3 = 1,1$ – коэффициент разброса значений тока срабатывания электромагнитного расцепителя; $I_{КР АВ}$ – ток кратковременного разряда.

5) номинальный ток плавкой вставки предохранителя проверяется по условию:

$$I_{НОМ} \geq \frac{I_{КР АВ}}{k_{П}}$$

где $k_{П} = 2,5$ – кратность перегрузки при ее длительности не более 3 с.

Проверка чувствительности защитных аппаратов к протеканию токов короткого замыкания производится по условиям:

1) чувствительность срабатывания плавкой вставки или теплового расцепителя АВ

$$k_{ч} = \frac{I_{КЗ}}{I_{НОМ}} \geq 3 ;$$

2) чувствительность срабатывания электромагнитного расцепителя выключателя

$$k_{ч ОТС} = \frac{I_{КЗ}}{I_{ОТС}} \geq k_3 k_P .$$

где $I_{КЗ}$ – ток короткого замыкания в конце защищаемого участка; $I_{ОТС}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя; $k_3 = 1,1$ – коэффициент запаса;

$k_P = 1,3$ – коэффициент разброса значений тока срабатывания электромагнитного расцепителя ($k_3 \cdot k_P = 1,43$)

Выбор защитных аппаратов приведен в табл. 6.2.

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

Изм	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата	32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Таблица 6.2. Выбор защитных аппаратов

Выбор автоматов													
Обозначение*	Изз, А	Скл, мм2	Доп. ток кабеля, А	асч. ток, А	Параметры автоматического выключателя или предохранителя							К-нт чувств.	К-нт чувств. отсечки
					Марка АВ или предохранителя	Ином, А	I откл., кА	Тип защ. хар-ки	Ипер, А	Ток отсечки, А	Время откл., с		
1QF1	777.4	2.5	33	0.5	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	194.35	162
1QF2	802.1	2.5	33	0.5	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	200.53	167.1
1QF3	777.4	2.5	33	0.5	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	194.35	162
1QF4	777.4	2.5	33	0.23	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	194.35	162
1QF5	711.5	2.5	33	0.45	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	177.88	148.2
1QF7	692	2.5	33	8.18	C60H C - 10	10	20	C	10	12	0.01	69.2	57.7
2QF1	777.4	2.5	33	0.5	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	194.35	162
2QF2	754.1	2.5	33	0.5	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	188.53	157.1
2QF3	777.4	2.5	33	0.5	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	194.35	162
2QF4	754.1	2.5	33	0.23	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	188.53	157.1
2QF5	711.5	2.5	33	0.45	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	177.88	148.2
3QF1	292.2	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	73.05	60.9
3QF2	279.2	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	69.8	58.2
3QF3	754.1	2.5	33	0.45	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	188.53	157.1
3QF4.1	282.3	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	70.58	58.8
3QF6	886.7	2.5	33	5.9	C60H C - 10	10	20	C	10	12	0.01	88.67	73.9
3QF7.1	261.8	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	65.45	54.5
3QF8	754.1	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	188.53	157.1
4QF1	292.2	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	73.05	60.9
4QF2	279.2	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	69.8	58.2
4QF3.1	267.4	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	66.85	55.7
4QF4	856.6	2.5	33	5.9	C60H C - 10	10	20	C	10	12	0.01	85.66	71.4
4QF6.1	279.2	2.5	33	1	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	69.8	58.2
4QF7	754.1	2.5	33	0.45	C60H C - 4	4	20	C	4	4.8	0.01	188.53	157.1
2QF8	470.6	6	54	13.64	C60H C - 16	16	20	C	16	19.2	0.01	29.41	24.5

6.3 Проверка силовых кабелей на термическую стойкость

При коротких замыканиях температура нагрева проводника не должна превышать предельно допустимой для изоляции проводника температуры. Сечение проводника, соответствующее этому условию, определяется по формуле:

$$S_{кд} = I_{кз} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \sqrt{t_{кз}}$$

где $S_{кд}$ - сечение жилы кабеля, при котором температура проводника не превысит величины предельно допустимой для его изоляции, мм²; $I_{кз}$ - значение тока КЗ в начале линии, А; (для меди); $K_1 = 4,3 \cdot 10^{-3}$ (для меди и изоляции из ПВХ); - время отключения тока КЗ.

Выбранное сечение должно удовлетворять условию:

$$S_{дн} \geq S_{кд}$$

где $S_{дн}$ - сечение жилы кабеля, соответствующее длительно допустимому току, мм².

Проверка кабелей по термической устойчивости сведена в табл. 6.3.

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

Изм	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата	32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

Таблица 6.3. Проверка кабелей по термической устойчивости

Проверка кабелей по потере напряжения и термической стойкости							
Трасса		$I_{кз}, A$	K1	K2	Время действия тока КЗ, с	Скз, мм ²	Сжилы, мм ²
Осн. защита T1	1QF1	777.4	0.0043	2	0.01	0.7	2.5
Рез. защита T2	1QF2	802.1	0.0043	2	0.01	0.7	2.5
РПН T1	1QF3	777.4	0.0043	2	0.01	0.7	2.5
ГЗ T1	1QF4	777.4	0.0043	2	0.01	0.7	2.5
Панель упр.	1QF5	711.5	0.0043	2	0.01	0.6	2.5
Шкаф ТМ	1QF7	692	0.0043	2	0.01	0.6	2.5
Осн. защита T2	2QF1	777.4	0.0043	2	0.01	0.7	2.5
Рез. защита T1	2QF2	754.1	0.0043	2	0.01	0.6	2.5
РПН T2	2QF3	777.4	0.0043	2	0.01	0.7	2.5
ГЗ T2	2QF4	754.1	0.0043	2	0.01	0.6	2.5
Шкаф УАРК	2QF5	711.5	0.0043	2	0.01	0.6	2.5
ЭВМ ЭМО1	3QF1	292.2	0.0043	2	0.01	0.3	2.5
ЭМО2	3QF2	279.2	0.0043	2	0.01	0.2	2.5
Терминал сигнализации	3QF3	754.1	0.0043	2	0.01	0.6	2.5
ШВОШ-1	3QF4.1	282.3	0.0043	2	0.01	0.2	2.5
ЩСН. Шкаф автоматики	3QF6	886.7	0.0043	2	0.01	0.8	2.5
ШВОШ-2	3QF7.1	261.8	0.0043	2	0.01	0.2	2.5
Терминал ОБР	3QF8	754.1	0.0043	2	0.01	0.6	2.5
ЭМО2	4QF1	292.2	0.0043	2	0.01	0.3	2.5
ЭВМ ЭМО1	4QF2	279.2	0.0043	2	0.01	0.2	2.5
ШВОШ-2	4QF3.1	267.4	0.0043	2	0.01	0.2	2.5
ЩСН. Шкаф автоматики	4QF4	856.6	0.0043	2	0.01	0.7	2.5
ШВОШ-1	4QF6.1	279.2	0.0043	2	0.01	0.2	2.5
Терминал сигнализации	4QF7	754.1	0.0043	2	0.01	0.6	2.5
Шкаф ТК	2QF8	470.6	0.0043	2	0.01	0.4	6

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

Изм	Кол.у	Лист	№ док	Подп.	Дата	32110640565/620/2021 ИОС 1.2.ТЧ

