



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

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

Заказчик – АО «ИЭСК»

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

Проектная документация

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

Подраздел 1. Система электроснабжения.

Часть 2. Книга 1. Система собственных нужд переменного тока

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

Том. 5.1.2.1

Изм.	№ док.	Подп.	Дата



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

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

Заказчик – АО «ИЭСК»

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

Проектная документация

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

Подраздел 1. Система электроснабжения.

Часть 2. Книга 1. Система собственных нужд переменного тока

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

Том. 5.1.2.1

Генеральный директор

В.В. Казаков

Главный инженер проекта

С.А Иванов

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

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

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

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1.С

Содержание

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

Текстовая часть

Исходные данные и положения..... 3

1. Основные потребители проектируемого объекта..... 4

2. Принятые технические решения для системы собственных нужд переменного тока 5

3. Выбор и проверка трансформатора собственных нужд..... 6

4. Выбор автоматических выключателей собственных нужд ЩСН 0,4 кВ7

5. Выбор сечения кабельной линии 0,4/0,23 кВ ЩСН по условиям протекания длительно допустимого тока..... 10

6. Расчет токов короткого замыкания ЩСН 0,4 кВ..... 13

7. Проверка автоматических выключателей ЩСН 0,4 кВ на отключающую способность..... 17

8. Проверка автоматических выключателей ЩСН 0,4 кВ на чувствительность 19

8. Проверка автоматических выключателей ЩСН 0,4 кВ на селективную работу..... 22

9. Проверка кабельных линий ЩСН 0,4 кВ по условиям невозгорания при коротком замыкании 24

10. Проверка кабелей ЩСН 0,4 кВ по допустимой потере напряжения 30

Перечень нормативных документов 33

Согласовано			

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

Изм.	Кол.	Лист	№док	Подп.	Дата
Разработал		Егоров			11.25
Н. контр.		Загоскина			11.25
ГИП		Иванов			11.25

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1.С

Содержание

Стадия	Лист	Листов
П	1	2



Обозначение	Наименование	Стр.	Прим.
	Приложение		
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1. СО	Спецификация оборудования изделий и материалов		
Приложение А	Опросный лист на шкафы наружной установки ШПП1 и ШПП2. Схема электрическая		
Приложение Б	Опросный лист на шкафы наружной установки ШПО1, ШПО2 и ШПО3. Схема электрическая		
	Графическая часть		
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1	Проектируемая схема распределения электроэнергии на собственные нужды ПС 110 кВ Мельниково	листов 1	
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1	Схема организации питания обогрева приводов проектируемых выключателей и разъединителей 110 кВ	листов 1	
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1	Схема организации питания приводов проектируемых выключателей и разъединителей 110 кВ	листов 1	

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

						<div style="text-align: center;"> 1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1.С </div>	Лист
							2
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата		

Исходные данные и положения

Настоящий том разработан на основании:

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

Разработка раздела «Система собственных нужд переменного тока» выполнена в соответствии с требованиями:

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

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

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

Используемые сокращения:

КА – коммутационный аппарат;

КЗ – короткое замыкание;

ЭП – электроприемник;

ОПУ – общеподстанционный пункт;

ПС – подстанция;

СН – система собственных нужд переменного тока;

ТСН – трансформатор собственных нужд;

ЗРУ – закрытое распределительное устройство;




ВТХ – время-токовая характеристика;

ШПП – шкаф питания приводов разъединителей и выключателей;

ШПО – шкаф питания обогрева приводов и шкафов наружной установки.

Согласовано				

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

						1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1					
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата	Раздел 5. Подраздел 1. Часть 2. Книга 1 Система собственных нужд переменного тока			Стадия	Лист	Листов
Разработал	Егоров				07.25				П	1	33
											
Н. контр.	Загоскина				07.25						
ГИП	Беляев				07.25						

1. Основные потребители проектируемого объекта

Основные потребители системы собственных нужд переменного тока
ПС 110/10 кВ Мельниково:

- обогрев приводов разъединителей;
- питание двигателей разъединителей;
- антиконденсационный обогрев;
- обогрев ящика зажимов ТТ,ТН 110;
- обогрев БДУ;
- РПН трансформатора;
- охлаждение трансформатора;
- обогрев приводов выключателей;
- питание приводов выключателей;
- АИИСКУЭ;
- цепи переменного тока шкафов АСУТП
- щиты управления наружным и внутренним освещением;
- питание зарядно-выпрямительных устройств.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №								
									Лист	
									2	
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата					1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

3. Выбор и проверка трансформатора собственных нужд

Таблица 1. Данные нагрузок системы СН

Наименование нагрузки	Установленная мощность			cos φ	tg φ	Расчетная нагрузка							
	Мощность, кВт	Количество	Общая мощность, кВт			Летом				Зимой			
						Кс	Р, кВт	Q, кВар	S, кВА	Кс	Р, кВт	Q, кВар	S, кВА
ЗВУ 1	16,57	1	16,57	1	0	1	16,6	0	16,57	1	16,57	0	16,57
ЗВУ 2	16,57	1	16,57	1	0	1	16,6	0	16,57	1	16,57	0	16,57
Привод РПН Т-1, Т-2	4,1	2	8,2	0,85	0,62	1	8,2	5,08	9,65	1	8,20	5,08	9,65
Обдув Т1, Т2	5,81	2	11,62	1	0	1	11,62	0	11,62	1	11,62	0	11,62
ЩСН БМЗ ЗРУ 6 кВ	7	1	7	1	0	1	7	0	7	1	7	0	7
Освещение шкафов РЗА	0,17	1	0,17	1	0	1	0,17	0	0,17	1	0,17	0	0,17
ОБР	2,2	1	2,2	0,9	0,48	1	2,2	1,056	2,4	1	2,2	1,056	2,4
ШПО1,2	8,9	2	17,8	0,9	0,48	1	17,8	8,544	19,7	1	17,8	8,544	19,7
ШПП1,2	5,2	2	10,4	1	0	1	10,4	0	10,4	1	10,40	0	10,40
АИИС КУЭ	4,18	1	4,18	1	0	1	4,18	0	4,18	1	4,18	0	4,18
Щкаф ТМ	2,3	1	2,3	1	0	1	2,3	0	2,3	1	2,3	0	2,3
Освещение ОРУ	0,46	1	0,46	1	0	1	0,46	0	0,46	1	0,46	0	0,46
Итого:			97,47	0,9			97,47	14,684	98,57		97,47	14,684	98,57

Суммарная расчетная нагрузка собственных нужд переменного тока для вновь устанавливаемого оборудования ПС 110 кВ Мельниково составляет 98,57 кВА.

Мощность ТСН должна быть не менее расчетной мощности

$$S_{тр} \geq S_{расч},$$
$$160 \geq 98,57$$

Условие выполняется для обеспечения существующих и проектируемых потребителей собственных нужд выбираем трансформатор типа ТМГ 160 кВА, 10/0,4 кВ. Мощность и количество потребителей ЩСН 0,4 кВ, а также мощность ТСН уточняется на стадии рабочей документации.

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

4. Выбор автоматических выключателей собственных нужд ЩСН 0,4 кВ

Автоматические выключатели предназначены для нечастых включений и отключений цепей переменного тока напряжением до 1 кВ, а также для автоматического отключения при возникновении сверхтоков на защищаемом участке цепи. В новом щите СН предусмотрены автоматические выключатели стационарной установки.

Для токовой нагрузки от 2А до 63 А, в щите применяются модульные выключатели с характеристиками отключения С, с коммутационной стойкостью 10 кА.

Защита потребителей вторичных сборок: шкафы наружной установки ШПО и ШПП, СН зданий ОПУ, ЗРУ, а также ЗВУ, осуществляются от выключателей в литом корпусе. В данных выключателях имеются термоманитные расцепители с возможностью регулирования уставок в зоне перегрузки и зоне короткого замыкания.

Для ввода и секционирования применяются выключатели с электронными расцепителями с широким диапазоном регулируемых уставок: ток перегрузки I_r с регулируемой выдержкой времени t_r ; защита от токов КЗ с возможностью выбора режима выдержки времени; регулируемая мгновенная токовая отсечка при КЗ. Данные выключатели оснащены защитой от однофазных коротких замыканий.

Представленные расчетные уставки в данном томе не являются основанием для настройки выключателей, итоговое определение уставок выключателей, в которых имеется функция их регулирования выполняются после проведения комплекса пусконаладочных работ.

Сечение проводов и кабелей, подводимых к контактам главной цепи модульных выключателей, должно быть не более:

- Для модульных выключателей на номинальный ток до 32А: 25 мм²;
- Для выключателей в литом корпусе на номинальный ток до 100А: 25 мм²;
- Для выключателей ввода и секционирования 240 мм². При этом для вспомогательных контактов и расцепителя напряжения подходят кабели сечением до 1,5 мм², а для мотор-редуктора до 2,5 мм².

Выбор автоматических выключателей для защиты цепей переменного тока производится по следующим условиям:

1) по номинальному напряжению

$$U_{ном} \geq U_c,$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение автоматического выключателя, В;
 U_c – номинальное напряжение электрической сети, В.

2) по номинальному току

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

$I_{\text{ном.авт}} \geq I_{\text{расч}}$,

где $I_{\text{ном.авт}}$ – номинальный ток автоматического выключателя / уставка по току срабатывания при перегрузе, А;

$I_{\text{расч}}$ – ток нагрузки, А.

Расчет выбора автоматического выключателя для ввода ЩСН 0,4 кВ 1 секция:

1) номинальное напряжение

$U_{\text{ном}} = 400 \text{ В} \geq U_{\text{с}} = 400 \text{ В};$

2) номинальный ток

$I_{\text{ном.авт}} = 400 \text{ А} \geq I_{\text{расч}} = 183 \text{ А}.$

Для остальных потребителей расчет сведен в таблицу 2.

Таблица 2. Выбор и проверка автоматических выключателей сети 0,4/0,23 кВ.

ЩСН					
1 секция					
Наименование ЭП	№ КА	Uном. сети	Uном. КА	Iраб, А	Iном. КА/луст
резерв	1QF1	400	≤400	-	≤16
резерв	1QF2	400	≤400	-	≤16
Обдув Т4 (рез)	1QF3	400	≤400	6,84	≤16
ЗВУ1	1QF4	400	≤400	23,95	≤50
ЩСН ЗРУ 6 кВ (осн)	1QF5	400	≤400	10,13	≤100
Освещение шкафов РЗА	1QF6	230	≤230	0,75	≤6
ОБР (осн)	1QF7	230	≤230	10	≤40
ДГР-1	1QF8	400	≤400	5,5	≤16
резерв	1QF9	400	≤400	-	≤100
резерв	1QF10	400	≤400	-	≤16
СН яч. ЗРУ6 кВ	1QF11	230	≤230	1,29	≤16
резерв	1QF12	230	≤230	-	≤25
АИИСКУЭ УСПД (осн)	1QF13	230	≤230	18,18	≤25
ТМ. (рез)	1QF14	230	≤230	4,55	≤16
АИИСКУЭ ШКМ	1QF15	230	≤230	2,7	≤16
ТМ. (осн)	1QF16	230	≤230	2,3	≤16
резерв	1QF17	230	≤230	-	≤16
резерв	1QF18	400	≤400	-	≤50
резерв	1QF19	400	≤400	-	≤40
резерв	1QF20	400	≤400	-	≤63
резерв	1QF21	400	≤400	-	≤6
РПН Т-3	1QF22	400	≤400	3,34	≤6
резерв	1QF23	230	≤230	-	≤6

резерв	1QF24	230	≤230	-	≤6
резерв	1QF25	230	≤230	-	≤6
резерв	1QF26	230	≤230	-	≤6
резерв	1QF27	230	≤230	-	≤16
резерв	1QF28	230	≤230	-	≤25
ШПО1 (осн)	1QF29	400	≤400	13,03	≤16
Обдув Т3 (осн)	1QF30	400	≤400	6,84	≤16
ШПП1 (осн)	1QF31	400	≤400	7,52	≤50
2 секция					
Наименование ЭП	№ КА	Уном. сети	Уном. КА	Іраб, А	Іном. КА/Іуст
Обдув Т4 (осн)	2QF1	400	≤400	6,84	≤16
РПН Т-4	2QF2	400	≤400	6	≤16
резерв	2QF3	400	≤400	-	≤16
ЗВУ2	2QF4	400	≤400	23,95	≤50
ЩСН ЗРУ 6 кВ (рез)	2QF5	400	≤400	10,13	≤100
резерв	2QF6	400	≤400	-	≤16
ОБР (рез)	2QF7	220	≤230	10	≤40
ДГР-2	1QF8	400	≤400	5,5	≤16
резерв	2QF9	400	≤400	-	≤100
резерв	2QF10	400	≤400	-	≤16
СН яч. ЗРУ6 кВ	2QF11	220	≤230	1,29	≤16
АИISKУЭ УСПД (рез)	2QF12	220	≤230	18,18	≤25
ТМ. (рез)	2QF13	220	≤230	4,55	≤16
резерв	2QF14	220	≤230	-	≤16
резерв	2QF15	220	≤230	-	≤16
резерв	2QF16	220	≤230	-	≤16
резерв	2QF17	400	≤400	-	≤50
резерв	2QF18	220	≤230	-	≤16
резерв	2QF19	400	≤400	-	≤40
резерв	2QF20	400	≤400	-	≤63
резерв	2QF21	400	≤400	-	≤6
РПН Т-3 (рез)	2QF22	400	≤400	3,34	≤6
резерв	2QF23	230	≤230	-	≤6
резерв	2QF24	230	≤230	-	≤6
резерв	2QF25	230	≤230	-	≤6
резерв	2QF26	230	≤230	-	≤6
резерв	2QF27	230	≤230	-	≤16
резерв	2QF28	230	≤230	-	≤25
ШПО2 (рез)	2QF29	400	≤400	13,03	≤16
Обдув Т-3 (рез)	2QF30	400	≤400	6,84	≤16
ШПП2 (рез)	2QF31	400	≤400	7,52	≤50

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

5. Выбор сечения кабельной линии 0,4/0,23 кВ ЩСН по условиям протекания длительно допустимого тока

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

Условие выбора:

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

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

Расчет выбора вводного кабеля 1 секции ЩСН 0,4 кВ. В соответствии с ГОСТ 31996-2012 и поправочного коэффициента – 0,93 для многожильных кабелей, длительно допустимый ток проводника сечением 240 мм² составит:

$$I_{\text{дд}} = 0,93 * 472 = 438 \text{ А},$$
$$I_{\text{дд}} = 438 \text{ А} \geq I_{\text{макс.р}} = 187 \text{ А}$$

Для остальных потребителей расчет сведен в таблицу 3.

Таблица 3. Выбор сечения кабельной линии по условиям протекания длительно допустимого тока.

1 секция				
Наименование ЭП	№ КА	Тип, марка и сечение КЛ	И _{раб} , А	И _{дд} , А
ЩСН-резерв	1QF1	-	-	-
резерв	1QF2	-	-	-
ЩСН-Обдув Т4 (рез)	1QF3	ВВГнг(А)LS-5х10	6,84	<58
ЩСН-ЗВУ1	1QF4	ВВГнг(А)LS-5х10	23,95	<58
ЩСН-СН ЗРУ 6 кВ (осн)	1QF5	ВВГнг(А)LS-5х10	10,13	<58
ЩСН-Освещение шкафов РЗА	1QF6	ВВГнг(А)LS-3х2,5	0,75	<27
ЩСН-ОБР (осн)	1QF7	ВВГнг(А)LS-3х2,5	10	<27
ЩСН-ДГР-1	1QF8	ВВГнг(А)LS-5х10	5,5	<58
резерв	1QF9	-	-	-
резерв	1QF10	-	-	-
ЩСН-СН яч. ЗРУ6 кВ	1QF11	ВВГнг(А)LS-5х10	1,29	<58

резерв	1QF12	-	-	-
ЩСН-АИИСКУЭ УСПД (осн)	1QF13	ВВГнг(А)LS-3х2,5	18,18	<27
ЩСН-ТМ. (рез)	1QF14	ВВГнг(А)LS-3х2,5	4,55	<27
ЩСН-АИИСКУЭ ШКМ	1QF15	ВВГнг(А)LS-3х2,5	2,7	<27
ЩСН-ТМ. (осн)	1QF16	ВВГнг(А)LS-3х2,5	2,3	<27
резерв	1QF17	-	-	-
резерв	1QF18	-	-	-
резерв	1QF19	-	-	-
резерв	1QF20	-	-	-
резерв	1QF21	-	-	-
ЩСН-РПН Т-3	1QF22	ВВГнг(А)LS-5х10	3,34	<58
резерв	1QF23	-	-	-
резерв	1QF24	-	-	-
резерв	1QF25	-	-	-
резерв	1QF26	-	-	-
резерв	1QF27	-	-	-
резерв	1QF28	-	-	-
ЩСН-ШПО1 (осн)	1QF29	ВВГнг(А)LS-5х10	13,03	<58
ЩСН-Обдув Т3 (осн)	1QF30	ВВГнг(А)LS-5х10	6,84	<58
ЩСН-ШПП1 (осн)	1QF31	ВВГнг(А)LS-5х10	7,52	<58
2 секция				
Наименование ЭП	№ КА	Тип, марка и сечение КЛ	Іраб, А	Ідд, А
ЩСН-Обдув Т4 (осн)	2QF1	ВВГнг(А)LS-5х10	6,84	<58
ЩСН-РПН Т-4	2QF2	ВВГнг(А)LS-5х10	6	<58
резерв	2QF3	-	-	-
ЩСН-ЗВУ2	2QF4	ВВГнг(А)LS-5х10	23,95	<58
ЩСН-СН ЗРУ 6 кВ (рез)	2QF5	ВВГнг(А)LS-3х2,5	10,13	<27
резерв	2QF6	-	-	-
ЩСН-ОБР (рез)	2QF7	ВВГнг(А)LS-3х2,5	10	<27
ЩСН-ДГР-2	2QF8	ВВГнг(А)LS-5х10	5,5	<27
резерв	2QF9	-	-	-
резерв	2QF10	-	-	-
ЩСН-СН яч. ЗРУ6 кВ	2QF11	ВВГнг(А)LS-3х2,5	1,29	<27
ЩСН-АИИСКУЭ УСПД (рез)	2QF12	ВВГнг(А)LS-3х2,5	18,18	<27
ЩСН-ТМ. (рез)	2QF13	ВВГнг(А)LS-3х2,5	4,55	<27
резерв	2QF14	-	-	
резерв	2QF15	-	-	
резерв	2QF16	-	-	
резерв	2QF17	-	-	
резерв	2QF18	-	-	
резерв	2QF19	-	-	
резерв	2QF20	-	-	
резерв	2QF21	-	-	
ЩСН-РПН Т-3 (рез)	2QF22	ВВГнг(А)LS-5х10	3,34	<58

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

резерв	2QF23	-	-	
резерв	2QF24	-	-	
резерв	2QF25	-	-	
резерв	2QF26	-	-	
резерв	2QF27	-	-	
резерв	2QF28	-	-	
ЩСН-ШПО2 (рез)	2QF29	ВВГнг(А)LS-5х10	13,03	<58
ЩСН-Обдув Т-3 (рез)	2QF30	ВВГнг(А)LS-5х10	6,84	<58
ЩСН-ШПП2 (рез)	2QF31	ВВГнг(А)LS-5х10	7,52	<58

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									10
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

6. Расчет токов короткого замыкания ЩСН 0,4 кВ

Проверка предварительно выбранного электрооборудования по условиям кратковременных режимов, определяющим из которых является режим расчетного короткого замыкания.

Для расчетов токов КЗ составляется расчетная схема. Она представляет собой однолинейную схему электрической сети с защитными аппаратами и проводниками, подлежащими выбору и проверке по условиям короткого замыкания. В соответствии с ПУЭ допускается не проверять по режиму КЗ некоторые проводники и электрические аппараты, защищенные плавкими предохранителями, а также проводники и аппараты в цепях маломощных, неответственных потребителей, имеющих резервирование.

При выборе оборудования и проверке проводников по условию короткого замыкания рассчитываются следующие виды токов короткого замыкания:

- начальное значение периодической составляющей трёхфазного металлического КЗ;
- значение периодической составляющей трехфазного металлического КЗ в начале кабельной линии;
- среднее (вероятное значение) тока дугового КЗ с учетом снижающего коэффициента;
- начальное значение периодической составляющей двухфазного металлического КЗ;
- начальное значение периодической составляющей однофазного металлического КЗ;
- среднее (вероятное значение) тока дугового однофазного КЗ с учетом снижающего коэффициента.

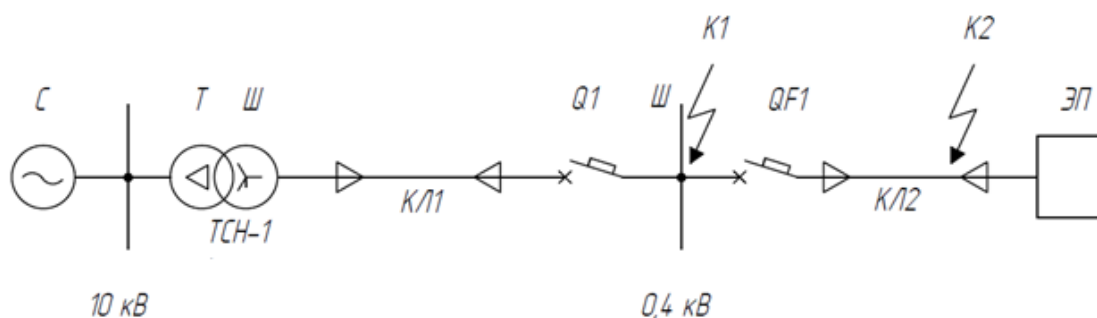


Рисунок 1. – Расчетная схема

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

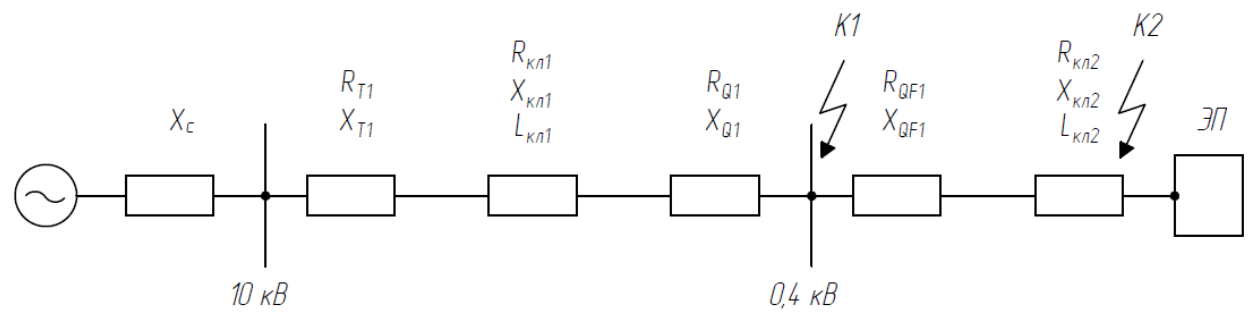


Рисунок 2. – Расчетная схема замещения прямой последовательности

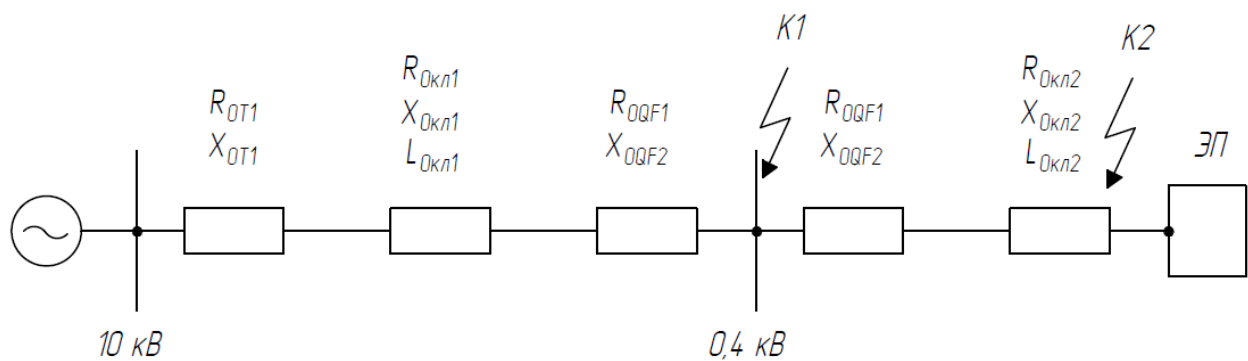


Рисунок 2.1 – Расчетная схема замещения нулевой последовательности

Сопротивление системы, рассчитывается по формуле:

Расчет токов короткого замыкания выполнен в соответствии с «ГОСТ 28249-93». Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. Значения активных и индуктивных сопротивлений цепи приведены в соответствии с «ГОСТ Р 50270-92».

Результаты расчета токов короткого замыкания для остальных участков цепей сведены в таблицу 4.

Таблица 4. Результаты расчета токов короткого замыкания

1 секция									
Наименование ЭП	Виды КЗ	Трехфазное КЗ			Двухфазное КЗ		Однофазное КЗ		
	Точка КЗ	В начале I3ф, кА	В конце I3ф, кА	I3ф, кА, дуговое	В начале I2ф, кА	В конце I2ф, кА	В начале I1ф, кА	В конце I1ф, кА	I1ф, кА, дуговое
резерв	K3	-	-	-	-	-	-	-	-
резерв	K4	-	-	-	-	-	-	-	-
Обдув Т4 (рез)	K5	5,64	1,56	4,40	4,91	1,36	1,52	0,49	-
ЗВУ1	K6	5,64	3,25	4,40	4,91	2,83	1,52	0,95	-
ЩСН ЗРУ 6 кВ (осн)	K7	5,64	0,61	4,40	4,91	0,53	1,52	0,20	-
Освещение шкафов РЗА	K8	-	-	-	-	-	1,46	0,52	1,15
ОБР (осн)	K9	-	-	-	-	-	1,46	0,26	1,15
ДГР-1	K10	5,41	1,25	4,25	4,71	1,09	1,47	0,39	-

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

										15					
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	резерв	K11	-	-	-	-	-	-					
			резерв	K12	-	-	-	-	-	-	-				
			СН яч. ЗРУ6 кВ	K13	5,40	0,38	4,24	4,70	0,33	1,46	0,12	-			
			резерв	K14	-	-	-	-	-	-	-	-			
			АИИСКУЭ УСПД (осн)	K15	-	-	-	-	-	1,46	0,36	1,15			
			ТМ. (рез)	K16	-	-	-	-	-	1,46	0,29	1,15			
			АИИСКУЭ ШКМ	K17	-	-	-	-	-	1,46	0,39	1,15			
			ТМ. (осн)	K18	-	-	-	-	-	1,46	0,31	1,15			
			резерв	K19	-	-	-	-	-	-	-	-			
			резерв	K20	-	-	-	-	-	-	-	-			
			резерв	K21	-	-	-	-	-	-	-	-			
			резерв	K22								-			
			резерв	K23	-	-	-	-	-	-	-	-			
			РПН Т-3	K24	5,41	0,34	4,25	4,71	0,30	1,47	0,11	-			
			резерв	K25	-	-	-	-	-	-	-	-			
			резерв	K26	-	-	-	-	-	-	-	-			
			резерв	K27	-	-	-	-	-	-	-	-			
			резерв	K28	-	-	-	-	-	-	-	-			
			резерв	K29	-	-	-	-	-	-	-	-			
			резерв	K30	-	-	-	-	-	-	-	-			
			ШПО1 (осн)	K31	5,85	1,65	4,54	5,09	1,44	1,56	0,51	-			
			Обдув Т3 (осн)	K32	5,89	0,62	4,57	5,13	0,54	1,57	0,20	-			
			ШПП1 (осн)	K33	4,74	1,72	3,79	4,13	1,50	1,31	0,53	-			
			2 секция												
			Наименование ЭП		Виды КЗ	Трехфазное КЗ			Двухфазное КЗ		Однофазное КЗ				
					Точка КЗ	В начале I3ф, кА	В конце I3ф, кА	I3ф, кА, дуговое	В начале I2ф, кА	В конце I2ф, кА	В начале I1ф, кА	В конце I1ф, кА	I1ф, кА, дуговое		
			Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Обдув Т4 (осн)	K30	5,68	1,56	4,42	4,94	1,36	1,52	0,49	-
						РПН Т-4	K31	5,45	1,04	4,27	4,74	0,91	1,47	0,33	-
						резерв	K32	-	-	-	-	-	-	-	-
						ЗВУ2	K33	5,68	3,30	4,42	4,94	2,87	1,52	0,96	-
						ЩСН ЗРУ 6 кВ (рез)	K34	5,44	0,37	4,27	4,73	0,32	1,47	0,12	-
						резерв	K35	-	-	-	-	-	-	-	-
						ОБР (рез)	K36	5,44	0,81	4,27	4,73	0,70	1,47	0,26	-
ДГР-2	K37	5,45				1,25	4,27	4,74	1,09	1,47	0,39	-			
резерв	K38	-				-	-	-	-	-	-	-			
резерв	K39	-				-	-	-	-	-	-	-			
СН яч. ЗРУ6 кВ	K40	5,44				0,38	4,27	4,73	0,33	1,47	0,12	-			
АИИСКУЭ УСПД (рез)	K41	-				-	-	-	-	1,47	0,42	1,15			
ТМ. (рез)	K42	-				-	-	-	-	1,47	1,40	1,15			
резерв	K43	-				-	-	-	-	-	-	-			
резерв	K44	-				-	-	-	-	-	-	-			
резерв	K45	-				-	-	-	-	-	-	-			
резерв	K46	-				-	-	-	-	-	-	-			
резерв	K47	-	-	-	-	-	-	-	-						
										Лист					
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1										13					
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата										

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

резерв	K48	-	-	-	-	-	-	-	-
резерв	K49	-	-	-	-	-	-	-	-
резерв	K50	-	-	-	-	-	-	-	-
РПН Т-3 (рез)	K51	5,45	0,34	4,27	4,74	0,30	1,47	0,11	2,46
резерв	K52	-	-	-	-	-	-	-	-
резерв	K53	-	-	-	-	-	-	-	-
резерв	K54	-	-	-	-	-	-	-	-
резерв	K55	-	-	-	-	-	-	-	-
резерв	K56	-	-	-	-	-	-	-	-
резерв	K57	-	-	-	-	-	-	-	-
ШПО2 (рез)	K58	5,90	1,72	4,57	5,13	1,50	1,57	0,53	-
Обдув Т-3 (рез)	K59	5,68	0,62	4,42	4,94	0,54	1,52	0,20	-
ШПП2 (рез)	K60	5,90	1,72	4,57	5,13	1,50	1,57	0,53	-

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

7. Проверка автоматических выключателей ЩСН 0,4 кВ на отключающую способность

Проверка автоматических выключателей на предельно допустимую коммутационную способность выполняется по следующему условию:

$$I_{кз}^{(3)} < I_{откл.сп}$$

где $I_{откл.сп}$ – предельная отключающая способность выключателя, кА;
 $I_{кз}^{(3)}$ – максимальный ток КЗ, кА.

В качестве примера выполнен расчет по проверке вводного автоматического выключателя 1 секции ЩСН 0,4 кВ:

$$I_{кз}^{(3)} = 4,47 \text{ кА} < I_{откл.сп} = 36 \text{ кА}$$

Результаты проверки остальных выключателей сведены в таблицу 5.

Таблица 5. Проверка автоматических выключателей ЩСН 0,4 кВ на отключающую способность

ЩСН							
1 секция							
№ КА	Защищаемый ЭП	Uном, В	Iном, А	Тип хар-ки откл, КА	Тип	I(3)кз, кА	Iоткл, кА
1QF1	резерв	400	16	С	AB	-	<10
1QF2	резерв	400	16	С	AB	-	<10
1QF3	Обдув Т4 (рез)	400	16	С	AB	5,64	<10
1QF4	ЗВУ1	400	50	С	AB	5,64	<10
1QF5	ЩСН ЗРУ 6 кВ (осн)	400	100	эл.расц	AB	5,64	<10
1QF6	Освещение шкафов РЗА	230	6	С	AB	1,46	<10
1QF7	ОБР (осн)	230	40	С	AB	1,46	<10
1QF8	ДГР-1	400	16	С	AB	5,41	<10
1QF9	резерв	400	100	эл.расц	AB	-	<10
1QF10	резерв	400	16	С	AB	-	<10
1QF11	СН яч. ЗРУ6 кВ	230	16	С	AB	5,40	<10
1QF12	резерв	230	25	С	AB	-	<10
1QF13	АИИСКУЭ УСПД (осн)	230	25	С	AB	1,46	<10
1QF14	ТМ. (рез)	230	16	С	AB	1,46	<10
1QF15	АИИСКУЭ ШКМ	230	16	С	AB	1,46	<10
1QF16	ТМ. (осн)	230	16	С	AB	1,46	<10
1QF17	резерв	230	16	С	AB	-	<10
1QF18	резерв	400	50	С	AB	-	<10
1QF19	резерв	400	40	С	AB	-	<10

							18
1QF20	резерв	400	63	С	AB	-	<10
1QF21	резерв	400	6	С	AB	-	<10
1QF22	РПН Т-3	400	6	С	AB	5,41	<10
1QF23	резерв	230	6	С	AB	-	<10
1QF24	резерв	230	6	С	AB	-	<10
1QF25	резерв	230	6	С	AB	-	<10
1QF26	резерв	230	6	С	AB	-	<10
1QF27	резерв	230	16	С	AB	-	<10
1QF28	резерв	230	25	С	AB	-	<10
1QF29	ШПО1 (осн)	400	16	С	AB	5,85	<10
1QF30	Обдув Т3 (осн)	400	16	С	AB	5,89	<10
1QF31	ШПП1 (осн)	400	50	С	AB	4,74	<10
2 секция							
№ КА	Защищаемый ЭП	Уном, В	Ином, А	Тип хар-ки откл, КА	Тип	I(3)кз, кА	Юткл, кА
2QF1	Обдув Т4 (осн)	400	16	С	AB	5,68	<10
2QF2	РПН Т-4	400	16	С	AB	5,45	<10
2QF3	резерв	400	16	С	AB	-	<10
2QF4	ЗВУ2	400	50	С	AB	5,68	<10
2QF5	ЩСН ЗРУ 6 кВ (рез)	400	100	эл.расц	AB	5,44	<10
2QF6	резерв	400	16	С	AB	-	<10
2QF7	ОБР (рез)	230	40	С	AB	5,44	<10
2QF8	ДГР-2	400	16	С	AB	5,45	<10
2QF9	резерв	400	100	эл.расц	AB	-	<10
2QF10	резерв	400	16	С	AB	-	<10
2QF11	СН яч. ЗРУ6 кВ	230	16	С	AB	5,44	<10
2QF12	АИИСКУЭ УСПД (рез)	230	25	С	AB	1,47	<10
2QF13	ТМ. (рез)	230	16	С	AB	1,47	<10
2QF14	резерв	230	16	С	AB	-	<10
2QF15	резерв	230	16	С	AB	-	<10
2QF16	резерв	230	16	С	AB	-	<10
2QF17	резерв	400	50	С	AB	-	<10
2QF18	резерв	230	16	С	AB	-	<10
2QF19	резерв	400	40	С	AB	-	<10
2QF20	резерв	400	63	С	AB	-	<10
2QF21	резерв	400	6	С	AB	-	<10
2QF22	РПН Т-3 (рез)	400	6	С	AB	5,45	<10
2QF23	резерв	230	6	С	AB	-	<10
2QF24	резерв	230	6	С	AB	-	<10
2QF25	резерв	230	6	С	AB	-	<10
2QF26	резерв	230	6	С	AB	-	<10
2QF27	резерв	230	16	С	AB	-	<10
2QF28	резерв	230	25	С	AB	-	<10
2QF29	ШПО2 (рез)	400	16	С	AB	5,90	<10
2QF30	Обдув Т-3 (рез)	400	16	С	AB	5,68	<10
2QF31	ШПП2 (рез)	400	50	С	AB	5,90	<10
							Лист
1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1							16
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		
Инв. № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №			

8. Проверка автоматических выключателей ЩСН 0,4 кВ на чувствительность

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

В соответствии с требованиями ПУЭ п. 3.1.8, надежное отключение участка сети обеспечивается, если отношение наименьшего расчетного тока КЗ к номинальному току расцепителя автоматического выключателя будет не менее значения приведенных в условиях проверки.

Проверка чувствительности выполняется по следующим условиям:

1) по отстройке номинального тока теплового расцепителя от максимального расчетного тока с учетом коэффициента надежности равным 1,1...1,3.

$$I_{тр} \geq K_n \cdot I_{расч},$$

2) по обеспечению селективной работы отсечки, (по току срабатывания $I_{с.о}$ и току срабатывания электромагнитного расцепителя $I_{э.р.у}$.

$$I_{с.о} = 1,25 \cdot I_{расч},$$

$$I_{э.р.у} \geq I_{с.о},$$

3) по обеспечению чувствительности отсечки электромагнитного расцепителя.

$$K_{ч.о} = \frac{I_{кз}^{(2)}}{I_{э.р.у}} \geq 1,1$$

4) по обеспечению чувствительности отсечки теплового расцепителя.

$$K_{ч.тр} = \frac{I_{кз}^{(1)}}{I_{тр.ном}} \geq 3$$

Таблица 6. Проверка чувствительности автоматических выключателей ЩСН 0,4 кВ

ЩСН										
1 секция										
Наименование ЭП	№ КА	Ином , А	Кол- во пол юсов	Хар- откл.	Ирасч, А	Кн*І расч	Іэ.у≥ Іс.о	Іэ.м.р	Кч, э.м.р≥1,1	Кч, тр.р≥3
резерв	1QF1	16	3	С						
резерв	1QF2	16	3	С						

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									17	
			1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1							
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата					

Обдув Т4 (рез)	1QF3	16	3	С	6,84	7,524	8,55	160	8,49	30,39
ЗВУ1	1QF4	50	3	С	23,95	26,34 ₅	29,94	500	5,66	19,01
ЩСН ЗРУ 6 кВ (осн)	1QF5	100	3	эл.расц	10,13	11,14 ₃	12,66	1000	5,66	1,96
Освещение шкафов РЗА	1QF6	6	1	С	0,75	0,825	0,94	60	8,73	87,31
ОБР (осн)	1QF7	40	1	С	10	11	12,50	400	0,65	6,49
ДГР-1	1QF8	16	3	С	5,5	6,05	6,88	160	6,79	24,59
резерв	1QF9	100	3	эл.расц						
резерв	1QF10	16	3	С						
СН яч. ЗРУ6 кВ	1QF11	16	1	С	1,29	1,419	1,61	160	2,06	7,74
резерв	1QF12	25	1	С						
АИИСКУЭ УСПД (осн)	1QF13	25	1	С	18,18	19,99 ₈	22,73	250	1,44	14,40
ТМ. (рез)	1QF14	16	1	С	4,55	5,005	5,69	160	1,81	18,07
АИИСКУЭ ШКМ	1QF15	16	1	С	2,7	2,97	3,38	160	2,42	24,19
ТМ. (осн)	1QF16	16	1	С	2,3	2,53	2,88	160	1,91	19,15
резерв	1QF17	16	1	С						
резерв	1QF18	50	3	С						
резерв	1QF19	40	3	С						
резерв	1QF20	63	3	С						
резерв	1QF21	6	3	С						
РПН Т-3	1QF22	6	3	С	3,34	3,674	4,18	60	4,99	18,76
резерв	1QF23	6	1	С						
резерв	1QF24	6	1	С						
резерв	1QF25	6	1	С						
резерв	1QF26	6	1	С						
резерв	1QF27	16	1	С						
резерв	1QF28	25	1	С						
ШПО1 (осн)	1QF29	16	3	С	13,03	14,33 ₃	16,29	224	6,42	32,08
Обдув Т3 (осн)	1QF30	16	3	С	6,84	7,524	8,55	224	2,42	12,61
ШПП1 (осн)	1QF31	50	3	С	7,52	8,272	9,40	700	2,14	10,65

2 секция

Наименование ЭП	№ КА	Ином, А	Кол-во полюсов	Хар-откл.	Ирасч	Кн*И расч	Иэ.у≥ Ис.о	Иэ.м.р	Кч, э.м.р	Кч, тр.р
Обдув Т4 (осн)	2QF1	16	3	С	6,84	7,524	8,55	160	8,50	30,45
РПН Т-4	2QF2	16	3	С	6	6,6	7,50	160	5,68	20,74
резерв	2QF3	16	3	С						
ЗВУ2	2QF4	50	3	С	23,95	26,34 ₅	29,94	500	5,75	19,28
ЩСН ЗРУ 6 кВ (рез)	2QF5	100	3	эл.расц	10,13	11,14 ₃	12,66	1000	-	1,21
резерв	2QF6	16	3	С						
ОБР (рез)	2QF7	40	1	С	10	11	12,50	400	-	6,50

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

Лист

18

ДГР-2	2QF8	16	3	С	5,5	6,05	6,88	160	6,80	24,63
резерв	2QF9	100	3	эл.расц						
резерв	2QF10	16	3	С						
СН яч. ЗРУ6 кВ	2QF11	16	1	С	1,29	1,419	1,61	160	2,06	7,75
АИИСКУЭ УСПД (рез)	2QF12	25	1	С	18,18	19,99 8	22,73	250	1,68	16,76
ТМ. (рез)	2QF13	16	1	С	4,55	5,005	5,69	160	8,76	87,65
резерв	2QF14	16	1	С						
резерв	2QF15	16	1	С						
резерв	2QF16	16	1	С						
резерв	2QF17	50	3	С						
резерв	2QF18	16	1	С						
резерв	2QF19	40	3	С						
резерв	2QF20	63	3	С						
резерв	2QF21	6	3	С						
РПН Т-3 (рез)	2QF22	6	3	С	3,34	3,674	4,18	60	4,99	18,77
резерв	2QF23	6	1	С						
резерв	2QF24	6	1	С						
резерв	2QF25	6	1	С						
резерв	2QF26	6	1	С						
резерв	2QF27	16	1	С						
резерв	2QF28	25	1	С						
ШПО2 (рез)	2QF29	16	3	С	13,03	14,33 3	16,29	224	6,68	33,28
Обдув Т-3 (рез)	2QF30	16	3	С	6,84	7,524	8,55	224	2,42	12,61
ШПП2 (рез)	2QF31	50	3	С	7,52	8,272	9,40	700	2,14	10,65

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

Лист

19

8. Проверка автоматических выключателей ЩСН 0,4 кВ на селективную работу

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

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

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

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

На рисунке 3 представлены времятоковые характеристики автоматических выключателей с проверкой на селективную работу.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1			20

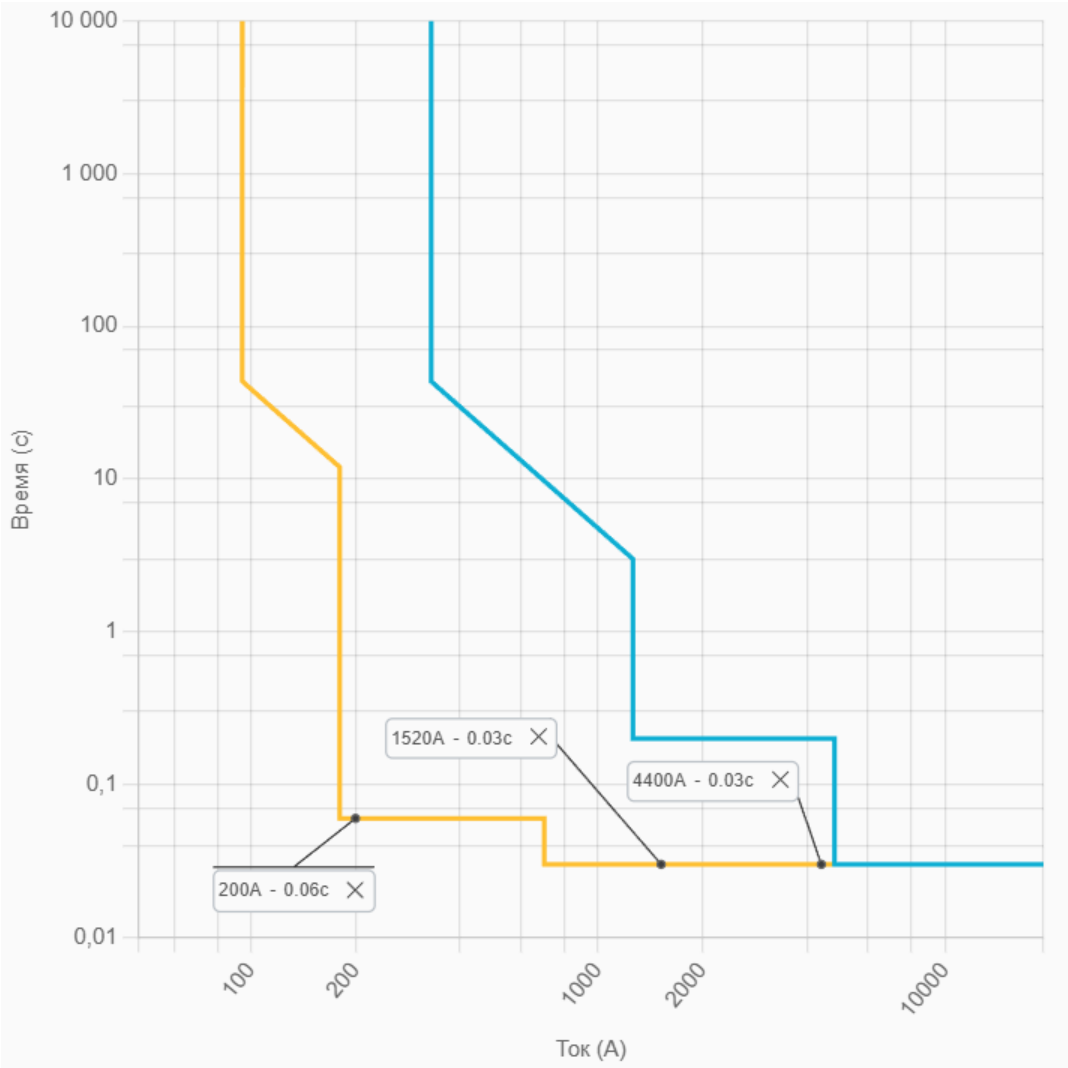


Рисунок 5. – Графический расчет селективности автоматических выключателей

- Q1 вводной автоматический выключатель 1 секции ЩСН, параметры и выставленные уставки расцепителя выключателя: $I_n=400\text{A}$; $I_r=1$; $t_r=2\text{ сек}$; I^2t_S – on; $I_{sd}=5\text{ о.е}$; $t_{sd}=0,1\text{ сек}$; $I_i=5\text{ о.е}$;
- 1QF3 автоматический выключатель отходящей линии, параметры выключателя: $I_n=100\text{A}$,

9. Проверка кабельных линий ЩСН 0,4 кВ по условиям невозгорания при коротком замыкании

Проверка термической стойкости кабелей осуществляется в соответствии с требованиями [Циркуляр №Ц-02-98 (Э) «О проверке кабелей на невозгорание при действии короткого замыкания», РАО «ЕЭС России 1998г.], согласно которым допустимое значение температур в начале действия короткого замыкания не должно превышать 350 °С, для кабелей с ПВХ изоляцией.

Таблица 7. Справочные данные допустимых значений температур жил кабелей «Циркуляр №Ц-02-98 (Э)»

Типы кабелей	Значения расчетных температур токопроводящих жил кабелей, °С		
	при проверке на невозгорание	при определении пригодности кабелей к дальнейшей эксплуатации	
1	2	3	4
Бронированные кабели с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение до 6 кВ	400	200	300
Бронированные кабели с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 10 кВ	360	200	300
Небронированные кабели с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение до 6 кВ	350	200	300
Небронированные кабели с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 10 кВ	310	200	280
Кабели с пластмассовой (поливинилхлоридный пластикат) и резиновой изоляцией	350	160	250
Кабели с изоляцией из вулканизированного полиэтилена	400	250	300

Согласно «приложению 2 Циркуляр №Ц-02-98 (Э)» при проверке кабелей на невозгорание рассчитывается ток трехфазного металлического короткого замыкания в начале проверяемого кабеля. В расчетах сети 0,4 кВ учитывается сопротивление дуги в месте КЗ.

Для проверки кабелей питающих однофазную нагрузку, проверка выполнена при значениях однофазного тока КЗ в начале проверяемого кабеля с учетом сопротивления дуги.

Для обеспечения указанных условий, ток КЗ должен быть отключен защитным аппаратом за время, в течение которого кабель соответствующего сечения не нагреется выше указанных температур.

В качестве примера расчета выполнена проверка кабельной линии ЩСН-РПН Т-3 0,4 кВ, ВВГнг(А)-LS 5x10 мм²

Тепловой импульс от тока КЗ:

$$B_{\text{тер}} = I_{\text{пос}}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{аз}}), \text{кА} \cdot \text{с},$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1						
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	

$$Q_H = 25 + (70 - 25) \cdot \left(\frac{3,34}{58}\right)^2 = 25,14^\circ\text{C}$$

Определим значение температуры жил в конце КЗ, используя номограмму рисунок 4.

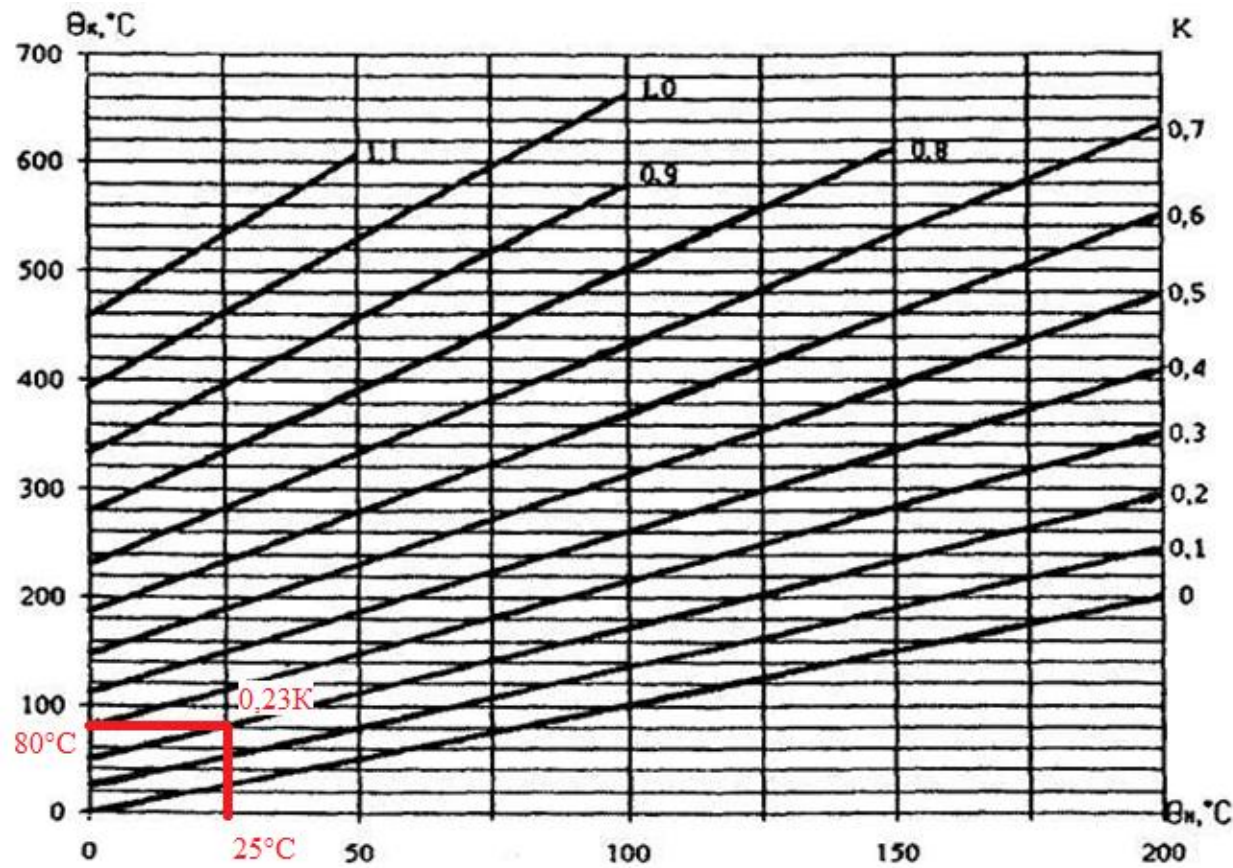


Рисунок 4. Номограмма для выбора силовых кабелей

На номограмме по шкале абсцисс, где отложены значения температуры жилы до к.з, откладываем величину Q_n и из этой точки восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой K .

Условие проверки кабеля на возгорание при КЗ:

$$Q_{\text{доп}} \geq Q_{\text{красч}}$$

$$350^\circ\text{C} \geq 180^\circ\text{C}$$

Условие выполняется, при полученных значениях возгорание кабеля не происходит, результаты расчета для остальных кабельных линий сведены в таблицу 8.

Таблица 8. Результаты проверки кабелей на невозгорание при КЗ

ЩСН							
1 секция							
Наименование ЭП	Марка КЛ	Ток КЗ, кА (с учетом дуги)	Вте р, кА2 *с	Коэффи циент К	темпера тура КЛ, до КЗ	темпера тура КЛ, после КЗ	Предельн о допустим ая температ ура КЛ °С
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
ЩСН-Обдув Т4 (рез)	ВВГнг(А)LS -5х10	4,40	2,32	0,45	25,63	160	≤350
ЩСН-ЗВУ1	ВВГнг(А)LS -5х10	4,40	2,32	0,45	32,67	160	≤350
ЩСН-СН ЗРУ 6 кВ (осн)	ВВГнг(А)LS -5х10	4,40	2,32	0,45	26,37	160	≤350
ЩСН-Освещение шкафов РЗА	ВВГнг(А)LS -3х2,5	1,15	0,16	0,50	25,03	140	≤350
ЩСН-ОБР (осн)	ВВГнг(А)LS -3х2,5	1,15	0,16	0,50	31,17	140	≤350
ЩСН-ДГР-1	ВВГнг(А)LS -5х10	4,25	2,17	0,42	25,40	160	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
ЩСН-СН яч. ЗРУ6 кВ	ВВГнг(А)LS -5х10	4,24	2,16	0,42	25,02	160	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
ЩСН-АИИСКУЭ УСПД (осн)	ВВГнг(А)LS -3х2,5	1,15	0,16	0,50	45,40	220	≤350
ЩСН-ТМ. (рез)	ВВГнг(А)LS -3х2,5	1,15	0,16	0,50	26,28	140	≤350
ЩСН-АИИСКУЭ ШКМ	ВВГнг(А)LS -3х2,5	1,15	0,16	0,50	25,45	140	≤350
ЩСН-ТМ. (осн)	ВВГнг(А)LS -3х2,5	1,15	0,16	0,50	25,33	140	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
ЩСН-РПН Т-3	ВВГнг(А)LS -5х10	4,25	2,17	0,42	25,15	160	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

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

резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
резерв	-	-	-	-	-	-	≤350
ЩСН-ШПО2 (рез)	ВВГнг(А)LS -5х10	4,57	2,5	0,49	27,27	160	≤350
ЩСН-Обдув Т-3 (рез)	ВВГнг(А)LS -5х10	4,42	2,3	0,46	25,63	160	≤350
ЩСН-ШПП2 (рез)	ВВГнг(А)LS -5х10	4,57	2,5	0,49	25,76	160	≤350

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									27
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

10. Проверка кабелей ЩСН 0,4 кВ по допустимой потери напряжения

Нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения на выводах приемников равны $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$ от номинального напряжения сети согласно ГОСТ 721 и ГОСТ 21128-83. Допустимая потеря напряжения определяется условиями работы подключенного оборудования, так для датчиков, работающих в системах пожарной автоматики согласно ГОСТ 34699-2020 п. 5.1.19 до 10%.

Потери напряжения в проводнике, выраженные в вольтах, рассчитывается по формуле:

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

где R активное сопротивление кабельной линии, Ом/м;

X – индуктивное сопротивление кабеля, Ом/м.

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

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U_{\%}}{U_{\text{ном}} U_{\text{нтр}}} \cdot 100\%$$

В качестве примера расчета выполнена проверка кабельной линии ЩСН-РПН Т-1 0,4 кВ. Проверяемый кабель ВВГнг(А)-LS 5x10 мм², протяженность 88,2 м, токовая нагрузка 3,34 А. Активное сопротивление, 1,84 Ом/км, индуктивное сопротивление 0,073 Ом/км, согласно справочным данным портала КПС (система поиска кабельной продукции).

Тогда активное и индуктивное сопротивление линии составит, Ом/м:

$$R = p_o \cdot l = 0,00184 \cdot 88,2 = 0,162 \text{ Ом/м}$$

$$X = x_o \cdot l = 0,000073 \cdot 88,2 = 0,0064 \text{ Ом/м}$$

где p_o активное сопротивление проверяемого кабеля, равное 0,00184 Ом/м;

x_o индуктивное сопротивление проверяемого кабеля, равное 0,000073 Ом/м.

Взам. инв. №		$R = p_o \cdot l = 0,00184 \cdot 88,2 = 0,162 \text{ Ом/м}$ $X = x_o \cdot l = 0,000073 \cdot 88,2 = 0,0064 \text{ Ом/м}$							
Подп. и дата		где p_o активное сопротивление проверяемого кабеля, равное 0,00184 Ом/м; x_o индуктивное сопротивление проверяемого кабеля, равное 0,000073 Ом/м.							
Инв. № подл.								1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1	Лист
									28
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата				

Потери напряжения питающего кабеля на участке ЩСН-РПН, для наиболее тяжелого режима составит, В:

$$\Delta U = 1,73 \cdot 3,34 \cdot 0,162 = 1,73 \cdot 3,34 \cdot \sqrt{(0,162^2 + 0,0064^2)} = 0,93 \text{ В}$$

Определим потери в процентном соотношении %:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U_{\%}}{U_{\text{номннтр}}} \cdot 100\% = \frac{0,93}{400} \cdot 100 = 0,23\%$$

Расчетные значения составляют 0,23% для питающего кабеля на участке ЩСН-РПН, соответственно потери напряжения находятся в допустимых пределах по условиям работы РПН. Результаты расчета для остальных кабельных линий сведены в таблицу 9.

Таблица 9. Результаты проверки кабельных линий ЩСН 0,4 кВ по допустимым потерям напряжения.

ЩСН								
1 секция ЩСН								
№ КЛ	Р _о Ом/м	Х _о Ом/м	Р _о *L	Х _о *L	L,м	Ip	Δ U, В	Δ U, %
EA1.1	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.2	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.3	0,00184	0,000073	0,04968	0,001971	27	6,84	0,588	0,147
EA1.4	0,00184	0,000073	0,017296	0,000686	9,4	23,95	0,717	0,179
EA1.5	0,00184	0,000073	0,14352	0,005694	78	10,13	2,517	1,144
EA1.6	0,00755	0,000116	0,11325	0,00174	15	0,75	0,147	0,037
EA1.7	0,00755	0,000116	0,26425	0,00406	35	10	4,572	2,078
EA1.8	0,00184	0,000073	0,04048	0,001606	22	5,5	0,385	0,096
EA1.9	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.10	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.11	0,00184	0,000073	0,14352	0,005694	78	1,29	0,321	0,080
EA1.12	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.13	0,00755	0,000116	0,1812	0,002784	24	18,18	5,700	1,425
EA1.14	0,00755	0,000116	0,23405	0,003596	31	4,55	1,843	0,838
EA1.15	0,00755	0,000116	0,1661	0,002552	22	2,7	0,776	0,353
EA1.16	0,00755	0,000116	0,21895	0,003364	29	2,3	0,871	0,396
EA1.17	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.18	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.19	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.20	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.21	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.22	0,00184	0,000073	0,16192	0,006424	88	3,34	0,936	0,426
EA1.23	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.24	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.25	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.26	-	-	-	-	-	-	-	-

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата

1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1

Лист

29

EA1.27	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.28	-	-	-	-	-	-	-	-
EA1.29	0,00184	0,000073	0,13432	0,005329	73	13,03	3,030	1,377
EA1.30	0,00184	0,000073	0,1472	0,00584	80	6,84	1,743	0,792
EA1.31	0,00184	0,000073	0,13432	0,005329	73	7,52	1,749	0,795
2 секция ЩСН								
№ КЛ	Р _о Ом/м	Х _о Ом/м	Р _о *L	Х _о *L	L,м	I _p	Δ U, В	Δ U, %
EA2.1	0,00184	0,000073	0,04968	0,001971	27	6,84	0,588	0,147
EA2.2	0,00184	0,000073	0,04968	0,001971	27	6	0,516	0,129
EA2.3	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.4	0,00184	0,000073	0,016928	0,000672	9,2	23,95	0,702	0,175
EA2.5	0,00755	0,000116	0,5889	0,009048	78	10,13	10,322	4,692
EA2.6	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.7	0,00755	0,000116	0,26425	0,00406	35	10	4,572	2,078
EA2.8	0,00184	0,000073	0,04048	0,001606	22	5,5	0,385	0,096
EA2.9	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.10	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.11	0,00755	0,000116	0,5889	0,009048	78	1,29	1,314	0,329
EA2.12	0,00755	0,000116	0,151	0,00232	20	18,18	4,750	1,187
EA2.13	0,00755	0,000116	0,21895	0,003364	29	4,55	1,724	0,431
EA2.14	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.15	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.16	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.17	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.18	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.19	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.20	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.21	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.22	0,00184	0,000073	0,16192	0,006424	88	3,34	0,936	0,426
EA2.23	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.24	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.25	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.26	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.27	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.28	-	-	-	-	-	-	-	-
EA2.29	0,00184	0,000073	0,13432	0,005329	73	13,03	3,030	1,377
EA2.30	0,00184	0,000073	0,1472	0,00584	80	6,84	1,743	0,792
EA2.31	0,00184	0,000073	0,13432	0,005329	73	7,52	1,749	0,795

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

Перечень нормативных документов

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

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1			31

Таблица регистрации изменений

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

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

Приложение А

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	1-ЮЭС-2024-ИОС1.2.1			33