



**ЕРСМ Сибири**

Engineering Procurement Construction Management

**ООО «ЕРСМ Сибири»**

660074, г. Красноярск,  
ул. Борисова, 14 стр 2  
оф. 606, а/я 21641

**тел.: +7 (391) 205-20-24**

e-mail: info@epcmsiberia.ru

www.epcmsiberia.ru

ИНН/КПП 2463242025/246301001

ОГРН 1122468065587

ОКПО 10210537

р/с 40702810912030113472

Филиал ООО «Экспобанк»

в г. Новосибирске

БИК 045004861

к/с 30101810450040000861

Заказчик – ООО «Пятнадцатый Ветропарк ФРВ»

Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные  
автомобильные дороги

Проектная документация

Подраздел 3 «Система электроснабжения»

Книга 2 «Система гарантированного электроснабжения»

ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2

ТОМ 2

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ООО «ЕРСМ Сибири»

Заказчик – ООО «Пятнадцатый Ветропарк ФРВ»

Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные  
автомобильные дороги

Проектная документация

Подраздел 3 «Система электроснабжения»

Книга 2 «Система гарантированного электроснабжения»

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

ТОМ 2

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Взам инв. №

Подл. и дата

Инв. № подл.

Технический директор



А.А. Лушников

Главный инженер проекта






А.В. Гусев

2019

# Содержание тома

Лист	Наименование	Примечание
2	Содержание тома	
4	Справка главного инженера проекта	
5	1 Общая часть	
5	1.1 Основание для разработки проектной документации	
5	1.2 Краткое содержание и общие сведения о Холмской ВЭС	
8	2 Технические решения по системе гарантированного электроснабжения	
12	3 Выбор АБ для системы гарантированного электроснабжения	
16	4 Выбор и проверка автоматических выключателей и кабелей для системы электроснабжения СГЭ	
16	4.1 Определение сечений кабелей	
16	4.2 Выбор и проверка автоматических выключателей	
19	4.3 Проверка кабелей на термическую стойкость	
20	4.4 Проверка кабелей на возгорание	
24	5 Выбор оборудования системы оперативного постоянного тока	
24	5.1 Выбор аккумуляторной батареи	
27	5.2 Выбор зарядно-выпрямительного устройства	
29	6 Выбор и проверка коммутационных аппаратов и кабелей для системы оперативного постоянного тока	
29	6.1 Расчет токов короткого замыкания	
31	6.2 Выбор защитных аппаратов СОПТ	
31	6.2.1 Предварительный выбор защитных аппаратов по условию применения	
33	6.2.2 Выбор защитной характеристики аппарата	
33	6.2.3 Проверка коммутационных аппаратов на селективную работу	

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

						ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2-С			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата				
ГИП		Гусев			12.19	Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги. Система гарантированного электроснабжения Содержание тома	Стадия	Лист	Листов
Н.контр.		Пирогова			12.19		П	1	2
Нач. отд.									
Пров.		Вершинин			12.19				
Разраб.		Белова			12.19				
						 <b>ЕРСМ Сибирь</b> Engineering Procurement Construction Management			

			3
36	6.2.4 Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности		
37	6.3 Выбор кабелей для системы оперативного постоянного тока		
37	6.3.1 Выбор кабелей по длительно-допустимому току		
38	6.3.2 Проверка кабелей по термической стойкости и по невозгоранию		
41	Структурная схема электроснабжения оборудования в модуле управления		
42	Схема электрическая системы гарантированного электроснабжения		
43	Схема электрическая системы оперативного тока		
44	Схема управления контактора принципиальная		
45	План раскладки кабелей систем СГЭ и СОПТ в модуле управления		
46	Кабельный журнал		
49	Спецификация оборудования, изделий и материалов		

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

						ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2-С	Лист
							2
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

## Справка главного инженера проекта






В настоящем проекте все технические решения по сооружениям, конструкциям, оборудованию и технологической части приняты и разработаны в полном соответствии с проектом планировки территории, проектом межевания территории, заданием на проектирование, техническими регламентами, в том числе устанавливающими требования по обеспечению безопасной эксплуатации зданий, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий, с соблюдением технических условий и с действующими на дату выпуска проекта нормами и правилами, включая правила пожарной безопасности.

При соблюдении правил технической эксплуатации, а также требований техники безопасности и пожарной безопасности, эксплуатация сооружений по данному проекту безопасна.

Главный инженер проекта



А.В. Гусев

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №									
									ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2-СГИ		
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата			
			ГИП		Гусев			11.19	<div>Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги.</div> <div>Система гарантированного электроснабжения.</div> <div>Справка главного инженера</div>		
			Н.контр.		Пирогова			11.19			
			Нач. отд.								
			Пров.		Вершинин			11.19			
			Разраб.		Белова			11.19			
									Стадия	Лист	Листов
									П	1	1
											

## 1 Общее положение

### 1.1 Основания для разработки проектной документации

Проектная документация «Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги» выполнена на основании следующих документов:






- Договор подряда на выполнение проектно-изыскательских работ №200/2019-ВФРВ от 07.10.2019г.
- Техническое задание на выполнение проектно-изыскательских работ по Объектам Излучная ВЭС, Манланская ВЭС на территории Черноярского муниципального района Астраханской области.
- Задание на проектирование на разработку проекта «Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».

### 1.2 Краткое содержание и общие сведения о Манланской ВЭС

В настоящем томе приведены технические решения по выполнению системы гарантированного электроснабжения (далее СГЭ), расчет по определению емкости аккумуляторных батарей (далее АБ) системы СГЭ.

При разработке тома учтены действующие нормативно-технические документы, в том числе:

- Правила устройства электроустановок (действующие 6 и 7 издания с изменениями и дополнениями), утверждённые приказами Минэнерго от 08.07.2002 № 204 и от 20.05.2003 № 187;
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей (действующее издание), утверждённые приказами Минэнерго от 19.06.2003 № 229;
- «Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем» (утверждены Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 281);

Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.						ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2			
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги. Система гарантированного электроснабжения		
	ГИП		Гусев			11.19			
	Н.контр.		Пирогова			11.19			
	Нач. отд.								
Пров.		Вершинин			11.19				
Разраб.		Белова			11.19				
							Стадия	Лист	Листов
							П	1	36
									

- Общие требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. РД 34.35.310-97;

- ГОСТ Р 55438-2013 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и эксплуатации. Общие требования (с Изменением № 1).

- Методические указания по устойчивости энергосистем, утвержденные приказом Минэнерго России от 03.08.2018 №630;

- Постановление Правительства РФ от 13.08.2018 N 937 (ред. от 08.12.2018) "Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации";

- Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 59012820.29.020.006-2015 «Релейная защита и автоматика. Автономные регистраторы аварийных событий».

Заданием на проектирование предусматривается строительство ветровой электрической станции с внутриплощадочными автомобильными дорогами: «Манланская ВЭС» установленной мощностью 75,6 МВт, располагается на территории Черноярского муниципального района Астраханской области.

В проекте строительства ветровой электрической станции «Манланская ВЭС»: ВЭУ №№ 1-18 (коды ГТП генерации GVIE1005 (37,8 МВт) и GVIE1006 (37,8 МВт)), установленной мощностью 75,6 МВт (установка 18 ВЭУ типа V126-4,2 MW фирмы «Vestas» (Дания) с выходной (установленной) мощностью 4,2 МВт, поставляемых комплектно с генераторами с мощностью 4,45 МВт (с  $\cos\phi = 0,88$ ), преобразователями частоты, силовыми трансформаторами 35/0,72 кВ, оборудованием собственных нужд ВЭУ и комплектным распределительным устройством с элегазовой изоляцией (КРУЭ) 35 кВ).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2			2

Выдача мощности ветряной электрической станции Манланская ВЭС в сеть будет осуществляться по одной кабельной линии 35 кВ через ПС 220 кВ (не проектируется по данному титулу). Для подключения Манланская ВЭС на ПС 220 кВ в КРУ-35 кВ выделяется одна линейная ячейка.

Модуль управления ВЭС включает в себя:

- Модуль АСУ и СГЭ;
- Модуль РП-35 кВ;
- Модуль систем;
- Модуль АРМ.

Управление ВЭС осуществляется постоянным оперативным персоналом. Дежурство персонала осуществляется непрерывно (круглосуточно). Рабочие места оперативного персонала расположены в Удаленном Щите Управления (УЩУ - выполняется по отдельному проекту).

Заявляемая скорость сброса/набора нагрузки не менее 0,042 МВт/с (для каждой ветроэнергетической установки в режиме останова/пуска).

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

3

## 2 Технические решения по системе гарантированного электроснабжения

Электроснабжение оборудования средств связи, системы безопасности (видеонаблюдение, охранно-пожарная система, управление доступом), РАС, АСУ и СОТИ АССО, АИИСКУЭ осуществляется от сети гарантированного электроснабжения по двум независимым вводам от шкафов ИБП1 и ИБП2.

В данном проекте предусматривается установка двух независимых ИБП, к которым подключаются потребители через распределительные панели. Технические требования, которым должен удовлетворять ИБП для организации бесперебойного электроснабжения оборудования в здании модуля управления, приведены в таблице представлены в таблице 2.1. Потребители, у которых предусматривается два ввода, питаются от ИБП №1 и ИБП №2. Питание потребителей, у которых имеется только один ввод, организовано от одного ИБП.

Таблица 2.1 – Технические требования системы СГЭ

Технические характеристики	Требования
<b>Номинальные параметры ИБП</b>	
Количество фаз	3
Выходная мощность	Не менее 10,8 кВт
Топология	Online, двойное преобразование, VFI (напряжение и частота независимы)
Конструкция	Модульная (автономная и для монтажа в стойку 19")
Степень защиты корпуса	Не менее IP31
Возможность наращивания	Добавление мощности по мере роста, без ограничения
Байпас	Ручной
Резервирование	N+1
Емкость применяемых АКБ, их предполагаемое количество согласно 2 часам работы при исчезновении внешнего питания	Не менее 190 Ач, 8 шт.
Устройство сигнализации положения и аварийного отключения автоматических выключателей/предохранителей	Требуется
Устройство измерения основных параметров СГЭ	Требуется

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

4

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

### Входные характеристики ЗВУ

Допустимый диапазон входного переменного напряжения	$\sim 3 \times 380 \text{ В} \pm 15\%$
Входная частота	Не менее $50 \text{ Гц} \pm 2,5 \text{ Гц}$
Входной коэффициент мощности	Не менее 0,99
Синусоидальность входного тока	7...9 % при 100 % нагрузке
Пусковой тока	Мягкий пуск

### Выходные характеристики ЗВУ

Выходное напряжение	$380 \text{ В} \pm 10\%$
Форма выходного напряжения	Синусоидальная
Частота выходного напряжения	Не менее $50 \text{ Гц} \pm 1\%$
Стабильность выходного напряжения	1 %
Содержание гармоник на выходе	Не более 2 %
Ток КЗ в течении 20 мс	Не мене $6 \cdot I_{\text{ном}}$
Перегрузочная способность (максимальная перегрузка менее 15 с)	Не менее $1,5 \cdot I_{\text{ном}}$
КПД	Не менее 90 %

### Технические требования ЗВУ

Модуль мониторинга сети и защиты от повышения напряжения	Требуется
Термокомпенсации напряжения заряда	Требуется
Естественное охлаждение	Требуется
Защита от повышения и понижения напряжения на входе, перегрузок, внутренних коротких замыканий, коротких замыканий в нагрузке	Требуется
Автоматического запуска при восстановлении напряжения источника переменного тока после его случайного исчезновения	Требуется
Наличие ручного байпаса для режимов ремонта и наладки ЗВУ	Требуется
Самодиагностика с выдачей обобщенного сигнала неисправности при внутренних повреждениях	Требуется
Блокировка на повышение напряжения свыше $\sim 380 \text{ В} \pm 15\%$ при неисправном устройстве стабилизации напряжения	Требуется
Защита от глубокого разряда АБ	Требуется
Технологические параметры, передаваемые в ПТК АСУ	- положение коммутационных аппаратов; - контроль температуры в шкафу и передача в АСУТП
Технологические параметры, передаваемые в РАС	См. том ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.3
Обобщенный сигнал неисправности в ИБП	Требуется
Сигнал при выходе из допустимых пределов напряжения и тока нагрузки	Требуется

### Температурный режим

Рабочая температура	От +10 до + 30 °С
---------------------	-------------------

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

5

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм. Кол.уч Лист № док. Подп. Дата



Мощность системы бесперебойного электропитания должна быть уточнена на стадии разработки РД с учетом состава устанавливаемого оборудования.

ИБП предусмотрен модуль управления и мониторинга, при помощи которого передается информация о состоянии ИБП в систему АСУТП посредством протокола МЭК 104 или 61850 протоколу. Таким образом ИБП имеет возможность удаленного мониторинга и конфигурирования по сети Ethernet.

Для обеспечения длительного и устойчивого функционирования АКБ рекомендуется поддержание температуры окружающего воздуха в месте установки  $+20 \pm 10$  °С (том ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.1, приложение А).

Каждый шкаф ИБП имеет свое электроснабжение от системы системы собственных нужд 0,4 кВ модуля управления (далее РУНН-0,4 кВ), а также отдельное электроснабжение от своих АБ, расположенных в шкафу ИБП.

Потребители гарантированного электроснабжения переменного тока питаются от выпрямительной инверторной системы. В нормальном режиме, работа системы осуществляется от сети переменного тока 380 В АС. При пропадании внешней сети работа системы происходит от шин постоянного тока (от АБ). Переключение между этими двумя режимами происходит без перерывов питания.

Для питания ответственных потребителей 380 В переменного тока предусмотрена шина распределения питания с автоматическими выключателями.

Схема распределения нагрузки представлена на чертеже ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2.02.

Защитное заземление (в целях электробезопасности) шкафов СГЭ и всего оборудования, входящего в состав шкафов, выполняется гибким проводником в изоляции сечением от 2,5 до 6 мм<sup>2</sup>, шкафы подключаются к главной заземляющей шине РЕ. Рабочее (функциональное) заземление сети переменного тока выполняется в шкафах ИБП №1 и №2 (шкафы преобразователя и распределения) для обеспечения работы электроустановок, питающихся от СГЭ.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									7
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2			

### 3 Выбор АБ для системы гарантированного электроснабжения

Полный перечень потребителей системы СГЭ представлен в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Перечень потребителей системы СГЭ от ИБП1

№ п/п	Наименование потребителя	Кол-во, шт	Напряжение питания	Полная мощность	Мощность для расчета АКБ
1	Шкаф КСБ	1	~220 В	650 Вт	325 Вт
2	Шкаф системы связи (основной)	1	~220 В	1600 Вт	800 Вт
3	Шкаф системы связи (резервный)	1	~220 В	1250 Вт	625 Вт
4	Шкаф оператора связи 1	1	~220 В	300 Вт	150 Вт
5	Шкаф оператора связи 2	1	~220 В	300 Вт	150 Вт
6	Шкаф ЦСТИ	1	~220 В	500 Вт	250 Вт
7	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной)	1	~220 В	1500 Вт	750 Вт
8	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный)	1	~220 В	1500 Вт	750 Вт
9	Шкаф серверов АИИСКУЭ	1	~220 В	350 Вт	175 Вт
10	АРМ СВН	1	~220 В	370 Вт	370 Вт
11	АРМ ОПС, СКУД, ГГС	1	~220 В	335 Вт	335 Вт
Суммарная мощность			~220 В	8,655 кВт	4,68 кВт

Таблица 3.2 – Перечень потребителей системы СГЭ от ИБП2

№ п/п	Наименование потребителя	Кол-во, шт.	Напряжение питания	Полная мощность	Мощность для расчета АКБ
1	Шкаф КСБ	1	~220 В	650 Вт	325 Вт
2	Шкаф системы связи (основной)	1	~220 В	1600 Вт	800 Вт
3	Шкаф системы связи (резервный)	1	~220 В	1250 Вт	625 Вт
4	Шкаф оператора связи 1	1	220 В	300 Вт	150 Вт
5	Шкаф оператора связи 2	1	~220 В	300 Вт	150 Вт
6	Шкаф ЦСТИ	1	~220 В	500 Вт	250 Вт
7	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной)	1	~220 В	1500 Вт	750 Вт
8	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный)	1	~220 В	1500 Вт	750 Вт
9	Шкаф серверов АИИСКУЭ	1	~220 В	350 Вт	175 Вт

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

8

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

10	АРМ АСУ Vestas	1	~220 В	370 Вт	370 Вт
11	АРМ КИСУ	1	~220 В	335 Вт	335 Вт
12	АРМ АСУ и СОТИ АССО	1	~220 В	370 Вт	370 Вт
Суммарная мощность			~220 В	9,025 кВт	5,050 кВт

### Расчет емкости аккумуляторной батареи

Для ИБП1:

1. Учет КПД инвертора 94 %:

$$P_{\text{нагр.}\eta} = \frac{P_{\text{нагр.}}}{\eta_{\text{инв.}}} = \frac{4,68}{0,94} = 4,979 \text{ кВт},$$

где  $P_{\text{нагр.}}$  – нагрузка СГЭ для ИБП1, кВт;

$\eta_{\text{инв.}}$  – КПД инвертора, %.

2. Расчёт удельной мощности на одну АБ:

$$P_{1\text{АБ}} = \frac{S_{\text{нагр.}\eta}}{4} = \frac{4979}{4} = 1244,7 \text{ Вт/АБ},$$

где  $S_{\text{нагр.}\eta}$  – нагрузка СГЭ для ИБП1 с учетом КПД инвертора, Вт;

4 – количество АБ.

3. В связи с тем, что разрядные характеристики АБ приведены для двухвольтового элемента, рассчитаем удельную мощность на один двухвольтовый элемент:

$$P_{\text{ГЭ}} = \frac{P_{1\text{АБ}}}{6} = \frac{1244,7}{6} = 207,4 \text{ Вт/ГЭ}.$$

4. В соответствии с разрядными характеристиками принимается АКБ 12В емкостью 190 А·ч (12 V 190Ah) для 2 часов и напряжения в конце разряда для обеспечения допустимой глубины разряда АБ 1,8 В/эл мощность на один двухвольтовый элемент составляет 140,3 Вт, см. таблицу ниже:

				Разряд постоянной мощностью: Вт/блок (25°C)										
Конечное напряжение (В/элемент)	5мин	10мин	15мин	30мин	45мин	1ч	2ч	3ч	4ч	5ч	6ч	8ч	10ч	20ч
1.60	882.6	710.2	570	452.5	335.2	262.1	150	110	83.8	67.5	57.9	44.9	38.09	20.4
1.65	844	668.4	550	437.3	324.6	258.4	147.8	107	82.7	67.2	57.7	44.7	37.932	20.3
1.70	802.2	622.3	520	418	316	252.3	144.6	104	81.6	66.9	57.4	44.4	37.792	20.1
1.75	756.3	583.7	483	397	312.8	248.6	143.6	103	80.7	66.4	57	44.2	37.66	19.9
1.80	703.7	562.3	473	387	302.1	241.2	140.3	100	80.3	65.7	56.6	43.9	36.915	19.8

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

9



Таблица 3.3 – Технические характеристики АКБ

Технические характеристики	Параметр
Емкость АКБ, А·ч	190
Напряжение одной АКБ, В	12
Количество АКБ, шт.	8
Технология	AGM
Срок эксплуатации, лет	≥ 12
Температурный диапазон	От + 5°C до +40°C
Вид обслуживания	Необслуживаемая

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

11



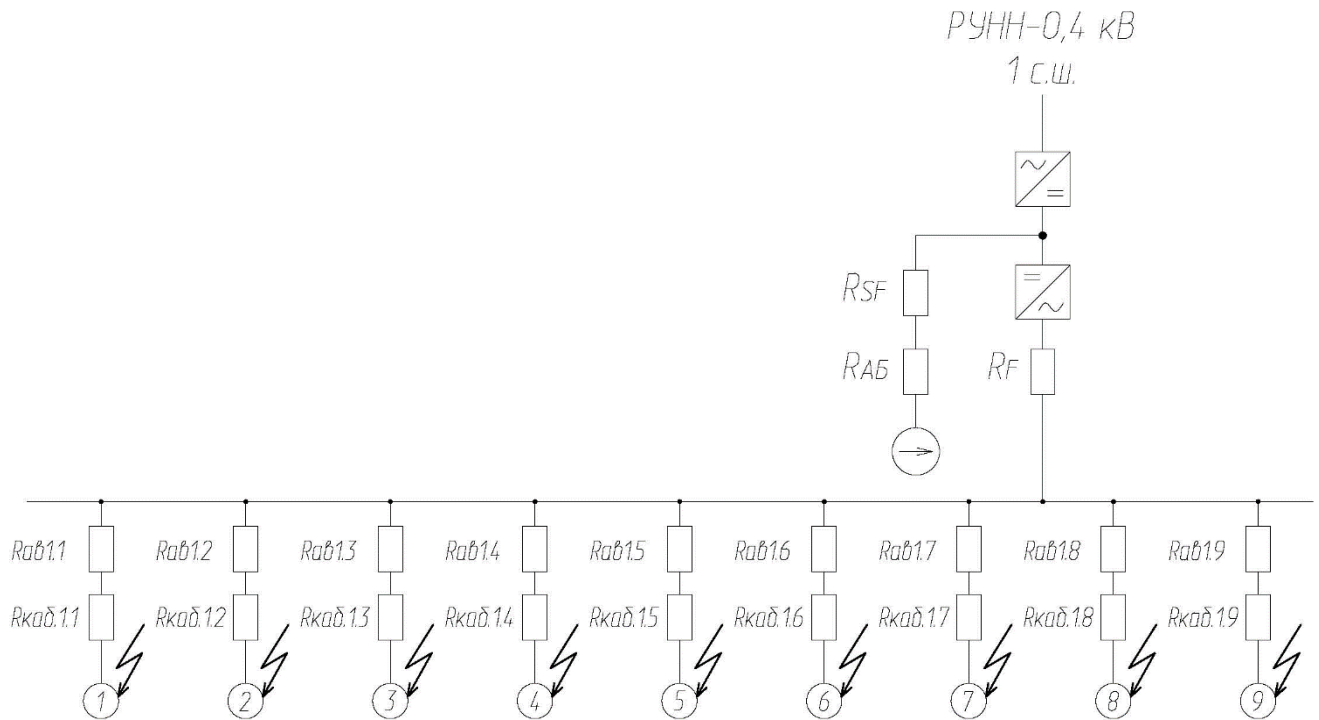


Рисунок 4.1 – Схема замещения системы СГЭ для 1 с.ш.

(Схема замещения системы СГЭ для 2 с.ш. аналогичная)

Ток срабатывания АВ определяется по выражению:

$$I_{\text{сраб.}} \geq K_y \cdot I_{\text{ном}},$$

где  $K_y$  – коэффициент уставки АВ.

Для АВ типа iC60N (или аналог) в данном случае применяется характеристика типа «В», которая имеет коэффициент уставки  $K_y = 5$ .

Определим ток короткого замыкания для шкафа КСБ по выражению:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi.}}{\sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}} = \frac{220}{\sqrt{0,1393^2 + 2,4775^2}} = 88,659 \text{ А},$$

где  $R_{\Sigma}$  – суммарное активное сопротивление, Ом;

$X_{\Sigma}$  – суммарное индуктивное сопротивление, Ом.

Определим сумму активных сопротивлений цепи:

$$R = R_{F1} + R_{\text{АВ}} + R_{\text{каб.}} = 0,0013 + 0,007 + 0,131 = 0,1393 \text{ Ом},$$

$R_{F1}$  – активное сопротивление плавкой вставки F1, Ом;

$R_{\text{АВ}}$  – активное сопротивление АВ, Ом;

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

$R_{\text{каб.}}$  – активное сопротивление кабеля, Ом.

Определим сумму индуктивных сопротивлений цепи:

$$X = X_{\text{ЗВУ}} + X_{\text{АВ}} + X_{\text{каб.}} = 2,47 + 0,0045 + 0,003 = 2,4775 \text{ Ом},$$

где  $X_{\text{ЗВУ}}$  – сопротивление ЗВУ, Ом;

$X_{\text{АВ}}$  – индуктивное сопротивление АВ, Ом;

$X_{\text{каб.}}$  – индуктивное сопротивление кабеля, Ом.

Максимальный ток подпитки от инверторного модуля в момент ТКЗ в течении 20 мс:

$$I_{\text{ном.инв.}} = \frac{10800}{\sqrt{3} \cdot 400} = 15,6 \text{ А},$$

$$I_{\text{расч.}} = 6 \cdot I_{\text{ном.инв.}} = 6 \cdot 15,6 = 93,5 \text{ А},$$

$$X_{\text{ЗВУ}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 93,5} = 2,47 \text{ Ом}.$$

Для остальных потребителей расчет аналогичен и приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Таблица расчетов ТКЗ

ТК З	Наименование шкафа, АРМ	$I_{\text{нагр.}}$ А	$I_{\text{ном.}}$ АВ, А	$I_{\text{откл.}}$ АВ, А	$R_{\text{F1}}$ , Ом	$R_{\text{АВ}}$ , Ом	$R_{\text{каб.}}$ , Ом	$R_{\Sigma}$ , Ом	$X_{\text{ЗВУ}}$ , Ом	$X_{\text{АВ}}$ , Ом	$X_{\text{каб.}}$ , Ом	$X_{\Sigma}$ , Ом	$I_{\text{кЗ}}$ , А
1	Шкаф КСБ	2,95	10	50	0,0013	0,007	0,131	0,140	2,47	0,0045	0,0030	2,4775	88,659
2	Шкаф системы связи (основной)	7,27	10	50	0,0013	0,007	0,114	0,122	2,47	0,0045	0,0026	2,4771	88,706
3	Шкаф системы связи (резерв- ный)	5,68	10	50	0,0013	0,007	0,118	0,126	2,47	0,0045	0,0027	2,4772	88,695
4	Шкаф оператора связи 1	1,36	10	50	0,0013	0,007	0,109	0,118	2,47	0,0045	0,0025	2,4770	88,717
5	Шкаф оператора связи 2	1,36	10	50	0,0013	0,007	0,114	0,122	2,47	0,0045	0,0026	2,4771	88,706
6	Шкаф ЦСТИ	2,27	10	50	0,0013	0,007	0,131	0,140	2,47	0,0045	0,0030	2,4775	88,659
7	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (ос- новной)	6,82	10	50	0,0013	0,007	0,096	0,105	2,47	0,0045	0,0022	2,4767	88,749
8	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (ре- зервный)	6,82	10	50	0,0013	0,007	0,101	0,109	2,47	0,0045	0,0023	2,4768	88,739
9	Шкаф серверов АИИСКУЭ	1,59	10	50	0,0013	0,007	0,092	0,100	2,47	0,0045	0,0021	2,4766	88,759

Ниже приведена времятоковая характеристика коммутационных аппаратов системы СГЭ, см. рисунок 4.2.

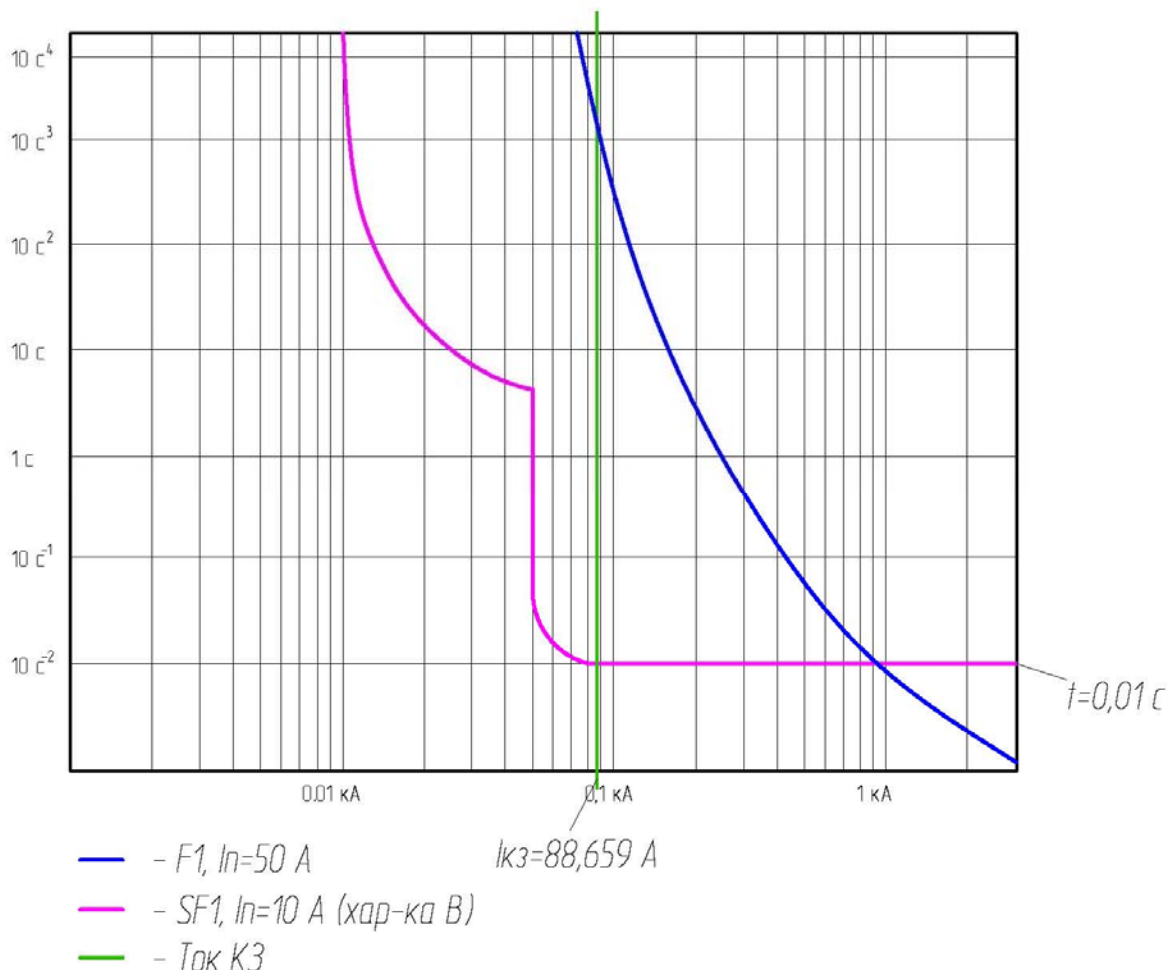


Рисунок 4.2 – Времятоковая характеристика коммутационных аппаратов СГЭ

#### 4.3 Проверка кабелей на термическую стойкость

Проверка на термическую стойкость – это проверка возможности кабеля выдержать КЗ в кабеле в течении времени работы основной защиты данного кабеля. Температура кабеля не должна превышать 160 °С. После отключения КЗ кабель может эксплуатироваться дальше (т.е. термический эффект от КЗ не вызвал никаких оплавлений изоляции и т.п.).

Проверка кабеля представляет собой сравнение предельно-допустимого тока с током КЗ для шкафа КСБ:  $I_{\text{пред, доп.}} > I_{\text{КЗ}}$ , где:

$$I_{\text{пред, доп.}} = \frac{C_T \cdot s}{\sqrt{t_{\text{откл.}}}} = \frac{120 \cdot 4}{\sqrt{0,01}} = 4800 \text{ A},$$

где  $C_T$  – постоянная, для медных кабелей с ПВХ изоляцией, 120  $\text{A} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{мм}^2$ ;

$s$  – сечение жил медного кабеля,  $\text{мм}^2$ ;

$t_{\text{откл.}}$  – время отключения тока КЗ, с;

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

$I_{кз}$  – ток короткого замыкания за автоматическим выключателем, А.

Для остальных потребителей расчет аналогичен и приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Таблица проверки кабеля на термическую стойкость

Наименование шкафа, АРМ	$C_T,$ $A \cdot c^{0,5}/mm^2$	$S, mm^2$	$t_{откл.}, c$	$I_{пред. доп.},$ А	$I_{кз}, A$
Шкаф КСБ	120	4	0,01	4800,0 >	88,659
Шкаф системы связи (основ- ной)	120	4	0,01	4800,0 >	88,706
Шкаф системы связи (резерв- ный)	120	4	0,01	4800,0 >	88,695
Шкаф оператора связи 1	120	4	0,01	4800,0 >	88,717
Шкаф оператора связи 2	120	4	0,01	4800,0 >	88,706
Шкаф ЦСТИ	120	4	0,01	4800,0 >	88,659
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (ос- новной)	120	4	0,01	4800,0 >	88,749
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (ре- зервный)	120	4	0,01	4800,0 >	88,739
Шкаф серверов АИИСКУЭ	120	4	0,01	4800,0 >	88,759

#### 4.4 Проверка кабелей на невозгорание

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

За расчетный принимается ток КЗ в точке на расстоянии 20 м от начала ка-  
беля.

Расчеты по проверке кабеля на невозгорание приведены в таблице 4.4.

В качестве примера приведен расчет кабеля на невозгорание ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4 питающий шкаф КСБ.

Тепловой импульс тока КЗ определяется по выражению (Ц-02-98(Э) – Цир-  
куляр о проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замы-  
кания):

$$B_K = \left( I_{к.р.}^{(3)} \right)^2 \cdot (t_{откл.} + T_{а.э}) = 0,089^2 \cdot (0,01 + 0,02) = 0,00024,$$

где  $I_{к.р.}^{(3)}$  – расчетный ток КЗ на расстоянии 20 м от начала кабельной линии  
напряжением до 1 кВ;

$t_{\text{откл}}$  – время отключения КЗ автоматического выключателя, с;

$T_{\text{а.э}}$  – эквивалентная постоянная времени затухания апериодического тока КЗ от удаленных источников, принимается равной 0,02 с.

По выражению определяется значение коэффициента  $k$  (Ц-02-98(Э) – Циркуляр о проверке кабелей на возгорание при воздействии тока короткого замыкания):

$$k = \frac{b \cdot B_K}{S^2} = \frac{19,58 \cdot 0,00024}{4^2} = 0,00029,$$

где  $b$  – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, для медных жил 19,58 мм<sup>4</sup>/КА<sup>2</sup>с;

$S$  – сечение кабеля, мм<sup>2</sup>.

Значение начальной температуры жилы до КЗ можно определить по формуле:

$$Q_H = Q_0 + (Q_{\text{доп.}} - Q_{\text{окр.}}) \cdot \left( \frac{I_{\text{раб.}}}{I_{\text{доп.}}} \right)^2 = 25 + (70 - 25) \cdot \left( \frac{2,95}{36} \right)^2 = 25,30,$$

где  $Q_0$  – фактическая температура окружающей среды во время КЗ, °С;

$Q_{\text{доп}}$  – значение расчетной длительно допустимой температуры жилы, принимается для кабелей напряжением 0,4 кВ с пластмассовой изоляцией 70 °С;

$Q_{\text{окр}}$  – значение температуры окружающей среды (воздуха) 25 °С;

$I_{\text{раб}}$  – значение рабочего тока, А;

$I_{\text{доп}}$  – значение длительно допустимого тока нагрузки кабеля, А.

Значение конечной температуры жилы в конце КЗ можно определить по формуле:

$$Q_K = Q_H \cdot e^k + a \cdot (e^k - 1) = 25,30 \cdot e^{0,00029} + 228 \cdot (e^{0,00029} - 1) = 25,4$$

где  $Q_H$  – температура жилы до КЗ, °С;

$a$  – величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0°С и равна 228 °С.

Вывод: кабель ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4 не сгорит и годен к эксплуатации после КЗ.

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

										Лист
										17
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					

Для остальных кабелей расчет аналогичен и все результаты сведены в таблицу 4.4.

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2	Лист
							18

Таблица 4.4– Проверка кабелей по невозгоранию

Наименование по- требителя	Авто- мат	Марка кабеля	Ток КЗ в конце линии	Время срабаты- вания ав- томата	Ток КЗ на 20м	$Q_0$	$I_{расч.}$	$I_{дл}$	$Q_n$	$k$	$Q_k$	Время срабаты- вания резервной защиты	$Q_k$	Допустимый предел по температуре
	$I_{ном.,A}$		$I_{к.з}^{(3)},A$	сек	$I_{к.з}^{(3)},A$	град. С	А	А	град. С		град. С	Сек	град. С	град. С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Шкаф КСБ	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 30 м	88,659	0,01	88,769	25	2,95	36	25,30	0,00029	25,4	0,02	25,1	160/350
Шкаф системы связи (основной)	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 26 м	88,706	0,01	88,769	25	7,27	36	26,12	0,00029	26,2	0,02	25,1	160/350
Шкаф системы связи (резервный)	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 27 м	88,695	0,01	88,769	25	5,68	36	25,69	0,00029	25,8	0,02	25,1	160/350
Шкаф оператора связи 1	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 25 м	88,717	0,01	88,769	25	1,36	36	25,06	0,00029	25,1	0,02	25,1	160/350
Шкаф оператора связи 2	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 26 м	88,706	0,01	88,769	25	1,36	36	25,06	0,00029	25,1	0,02	25,1	160/350
Шкаф ЦСТИ	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 30 м	88,659	0,1	88,769	25	2,27	36	25,18	0,00029	25,3	0,02	25,1	160/350
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (ос- новной)	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 22 м	88,749	0,01	88,769	25	6,82	36	25,99	0,00029	26,1	0,02	25,1	160/350
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (ре- зервный)	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 23 м	88,739	0,01	88,769	25	6,82	36	25,99	0,00029	26,1	0,02	25,1	160/350
Шкаф серверов АИИСКУЭ	10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х4, 21 м	88,759	0,01	88,769	25	1,59	36	25,09	0,00029	25,2	0,02	25,1	160/350

Изм.	Л	Лист	№ док.	Подпись	Дата

## 5 Выбор оборудования системы оперативного постоянного тока

### 5.1 Выбор аккумуляторной батареи

Расчет аккумуляторной батареи ведется исходя из следующих условий предполагаемой аварийной ситуации:

- трансформатор собственных нужд находится в ремонте, питание осуществляется от дизельной электростанции;
- при коротком замыкании на 2 секции шин РУНН-0,4 кВ электропотребители остаются без собственных нужд;
- длительность аварийного режима – 2 часа;
- в течение всего аварийного периода батарея разряжается полным током аварийного режима, заданным исходными данными;
- в конце аварийного режима разрядки батареи происходит включение выключателя РУНН-0,4 кВ, восстановление собственных нужд.

В расчете принимаем наиболее тяжелый режим, когда толчковые нагрузки появляются в конце аварийного режима и рассчитывается падение напряжения на самом удаленном потребителе.

Таблица 5.1 – Потребители постоянного тока

Наименование потребителя	Потребляемая мощность		Постоянная нагрузка, Вт
	В нормальном режиме	В режиме срабатывания	
Защиты яч. №1	15	20	Постоянная
ЭМО яч. №1	-	440	Кратковременная
Защиты яч. №2	15	20	Постоянная
ЭМО яч. №2	-	440	Кратковременная
Защиты яч. №3	15	20	Постоянная
Защиты яч. №4	15	20	Постоянная
Защиты яч. №5	15	20	Постоянная
Защиты яч. №6	15	20	Постоянная
Дуговая защита яч. №1	5	5	Постоянная
Дуговая защита яч. №2	5	5	Постоянная
Дуговая защита яч. №3	5	5	Постоянная

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

20

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Дуговая защита яч. №4	5	5	Постоянная
Дуговая защита яч. №5	5	5	Постоянная
Дуговая защита яч. №6	5	5	Постоянная
Дуговая защита яч. №6 ТН	5	5	Постоянная
Шкаф РАС	400	450	Постоянная

Определим суммарный ток длительной нагрузки для АБ:

$$I_{\text{длит.}} = \frac{P_{\text{длит.}}}{U_{\text{н}}} = \frac{(15 \cdot 6 + 400 + 5 \cdot 7)}{220} = 2,39 \text{ А.}$$

Определим суммарный ток кратковременной нагрузки для АКБ:

$$I_{\text{крат.}} = \frac{P_{\text{длит.}} + P_{\text{крат.}}}{U_{\text{н}}} = \frac{525 + (20 - 15) \cdot 6 + 440 + (450 - 400)}{220} = 4,75 \text{ А.}$$

Исходные данные для расчета АБ представлены в таблице 5.1. На рисунке 5.1 показан график расчетного режима АБ при потере собственных нужд.

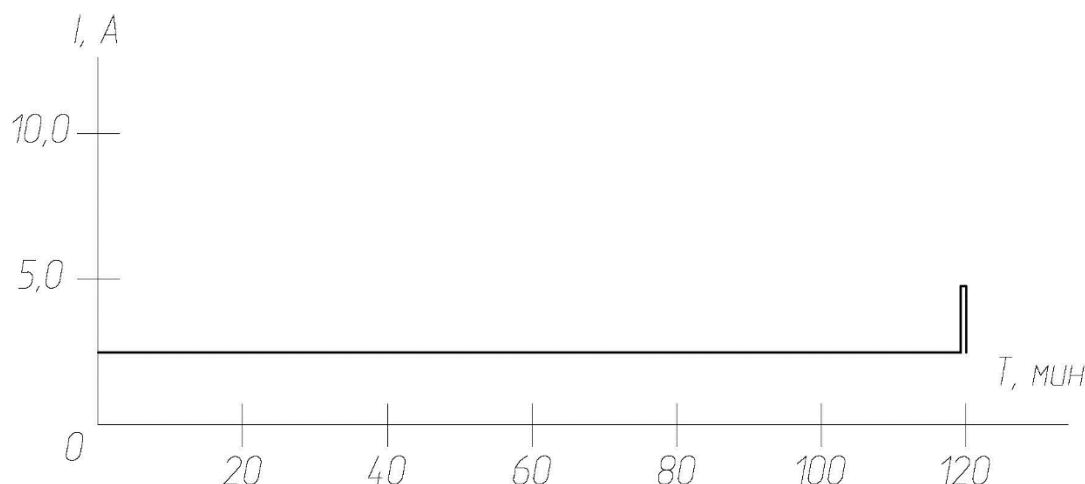


Рисунок 5.1 – График расчетного режима АБ

Выбор количества элементов АБ определяется соблюдением диапазона допустимых напряжений на шинах системы оперативного постоянного тока (СОПТ).

Фактическое напряжение одного элемента 2,23 В. В одном аккумуляторе 6 элементов. Напряжение одного аккумулятора:

$$U_{1\text{АБ}} = n_{\text{эл.}} \cdot U_{\text{эл.}} = 6 \cdot 2,23 = 13,38 \text{ В}$$

где  $n_{\text{эл}}$  – количество элементов в аккумуляторе;

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

$U_{\text{эл}}$  – напряжения одного элемента, В.

Количество элементов батареи:

$$N = \frac{U_{\text{ном.}}}{U_{1\text{АБ}}} = \frac{220}{13,38} = 16,44 \text{ шт.},$$

где  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение питания потребителей, В;

$U_{1\text{аккумулятор}}$  – напряжение одного элемента АБ, В.

К установке принимается 17 элементов.

Емкость аккумуляторной батареи (АБ) выбирается для двухчасового разряда током долговременной нагрузки при отсутствии переменного тока питания подзарядного агрегата.

Расчет емкости АБ при отключении ТСН:

$$C_1 = I_{\text{авар.нагр.}} \cdot t_{\text{авар.}} = 2,39 \cdot 2 = 4,78 \text{ А} \cdot \text{ч},$$

Где  $I_{\text{авар.нагр.}}$  – ток аварийной нагрузки, А;

$t_{\text{авар.}}$  – время аварии, ч.

Для обеспечения отдаваемой мощности батареи в конце срока службы (80% САБ), ее емкость должна быть увеличена на величину:  $K_{\text{ем.б.}} = 1/0,8 = 1,25$ .

Итоговая емкость:

$$C_{\text{итог.}} = \frac{C_1 \cdot K_{\text{ем.б.}}}{K_T} = \frac{4,78 \cdot 1,25}{0,91} = 6,57 \text{ А} \cdot \text{ч},$$

где  $K_T$  – температурный коэффициент емкости, зависящий от минимально возможной температуры в аккумуляторном помещении (при температуре 10°C коэффициент равен 0,91).

Ток силой 2,39 А в течении 2 часов при конечном напряжении 1,80 В/элемент могут обеспечить свинцово-кислотные аккумуляторы герметизированного типа емкостью 18 А·ч из номинального ряда типа SP Series/SSP12-18 (или аналог). Данное решение уточняется на стадии рабочего проектирования.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Разряд постоянной мощностью: Вт/элемент (25°C)													
Конечное напряжение (В/элемент)	10мин	15мин	20мин	30мин	45мин	1ч	2ч	3ч	5ч	6ч	8ч	10ч	20ч
1.60	72.2	55.4	45.6	35.6	25.9	21.2	13.2	10.2	6.68	5.76	4.44	3.79	2.00
1.65	68.0	52.7	43.3	33.9	24.9	20.6	12.8	9.92	6.48	5.65	4.41	3.76	1.99
1.70	63.6	49.9	41.1	32.4	24.5	20.1	12.5	9.56	6.33	5.55	4.35	3.69	1.97
1.75	59.7	47.4	39.4	31.3	23.7	19.5	12.1	9.32	6.18	5.44	4.29	3.65	1.94
1.80	55.2	43.9	36.9	30.4	23.0	18.7	11.7	9.18	6.04	5.32	4.23	3.62	1.92
1.85	43.7	36.8	31.7	26.2	20.0	16.8	10.8	8.58	5.65	4.97	4.00	3.42	1.91

Рисунок 5.1 – Разрядные характеристики аккумуляторной батареи герметизированного типа при конечном напряжении 1,80 В/элемент

Установка аккумуляторной батареи предусматривается в шкафу с габаритными размерами 600x800x2100 мм (ШxГxВ).

## 5.2 Выбор зарядно-выпрямительного устройства

Зарядно-выпрямительное устройство (ЗВУ) с выходами постоянного напряжения предназначено для питания потребителей и параллельной работы с герметизированными свинцово-кислотными АБ с рекомбинацией газа и никель-кадмиевыми АБ. ЗВУ формирует постоянное напряжение для содержания АБ в режиме автоматического постоянного подзаряда и питания нагрузки. АБ подключается параллельно нагрузке и, следовательно, это устройство хорошо работает с кратковременными пиковыми перегрузками, обеспечивая все режимы заряда/подзаряда АБ, а также питание нагрузки, полностью в автоматическом режиме.

Критерием выбора ЗВУ является максимальный выходной ток обеспечивающий работу потребителей в нормальном режиме и подзаряд АБ:

$$I_{\text{вых.}} = C \cdot 0,12 + I_{\text{дд}} = 18 \cdot 0,12 + 2,39 = 4,55 \text{ А,}$$

где  $I_{\text{дд}}$  – длительно допустимый ток нагрузки, А;

$C$  – емкость аккумуляторной батареи, А·ч.

К установке предусматривается зарядное устройство с силовым трансформатором. Номинальный выходной ток зарядного устройства принимается из номинального ряда и равен 10 А.

В режиме коротких замыканий ЗВУ обеспечивает кратность выходного тока не менее 1,5 номинального тока с продолжительностью не менее чем 2 с и не менее 3 номинальных токов с продолжительностью не менее чем 0,1 с. В случае,

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

если ЗВУ не обеспечивает отключение КЗ, то вышестоящий автоматический выключатель в РУНН-0,4 кВ отключит электроснабжение ЗВУ. Номинальный ток автоматического выключателя  $I_n = 32$  А, характеристика расцепителя С (256 А), при токе КЗ на шинах СОПТ 849,3 А автоматический выключатель отключится.

Технические параметры ЗПУ должны полностью соответствовать типу АБ по пульсациям тока поддерживающего заряд.

В СОПТ предусматриваются следующие технологические параметры:

- измерительные приборы для отображения напряжения на секциях, токов нагрузки и заряда АБ, сопротивления изоляции полюсов распределительной сети СОПТ;
- защита от глубокого заряда АБ;
- пофидерный контроль изоляции;
- переносные устройства поиска мест повреждения изоляции относительно земли;
- возможность передачи информации, отображаемой на ЖК-панелях, в систему сбора и регенерации высшего уровня по протоколам МЭК 60870-5-104 и МЭК 61850-8-1;
- возможность передачи аварийных событий в РАС (см. том ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.3);
- защита от импульсных перенапряжений;
- передача положения вкл./откл. коммутационных аппаратов в ПТК АСУ;
- передача аварийного отключения коммутационных аппаратов;
- контроль температуры в шкафу с передачей в АСУТП;
- неисправность питающей сети ЗПУ;
- обобщенный сигнал неисправности в СОПТ;
- сигнал при выходе из допустимых пределов напряжения и тока нагрузки.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

24

## 6 Выбор и проверка коммутационных аппаратов и кабелей для системы оперативного постоянного тока

### 6.1 Расчет токов короткого замыкания

Для выбора и проверки кабелей и коммутационных аппаратов в СОПТ произведен расчет токов короткого замыкания на шинах СОПТ и в конце каждого отходящего фидера. При составлении схемы замещения (см. рисунок 6.1 данного тома) для расчетов токов КЗ в электроустановках, получающие питания от аккумуляторной батареи, допускается не учитывать индуктивное сопротивление элементов цепи (ГОСТ 29176-91).

Ток короткого замыкания в точке К1, кА:

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\text{НОМ.}}}{R_{\Sigma}},$$

где  $R_{\Sigma}$  – суммарное сопротивление до точки КЗ, Ом;

$$R_{\Sigma} = R_{\text{АБ}} + R_{\text{кл.АБ}} + R_{\text{пр.АБ}},$$

где  $R_{\text{АБ}}$  – сопротивления АБ, Ом;

$R_{\text{кл.АБ}}$  – сопротивления кабеля, Ом.

$R_{\text{пр.АБ}}$  – активное сопротивление предохранителя, Ом.

$$R_{\text{каб.}} = \frac{2 \cdot \rho \cdot l}{S},$$

где  $l$  – длина кабеля, м;

$\rho$  – удельное сопротивление проводника, Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$S$  – сечение проводника, мм<sup>2</sup>.

Результаты расчета токов КЗ представлены в таблице 6.1.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

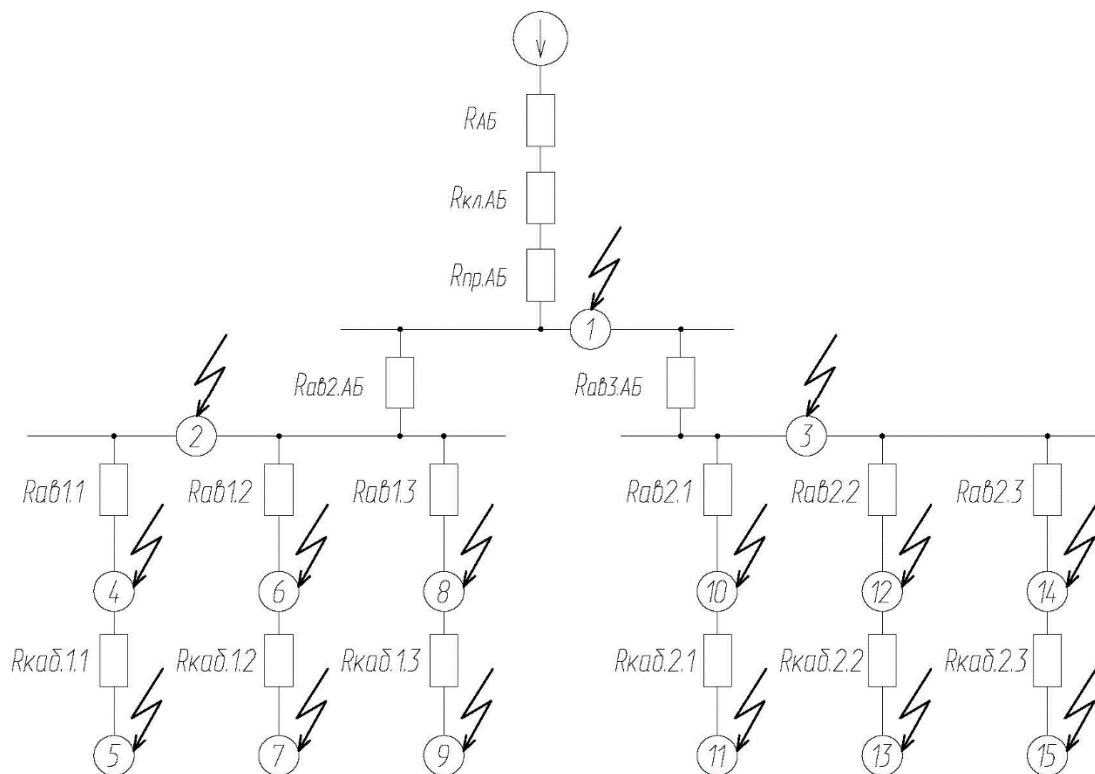


Рисунок 6.1 – Схема замещения системы СОПТ

Таблица 6.1 – Сводная таблица расчета ТКЗ в СОПТ

Наименование потребителя	Обозначение элемента	Длина кабеля, $l$ , м	Сечение кабеля, $S$ , мм <sup>2</sup>	Удельное сопротивление, $r$ , Ом·мм <sup>2</sup> /м	Активное сопротивление кабеля, Ом	Точка КЗ за АВ	Ток КЗ, А (метал.)	Ток КЗ, (дуговой)	Точка КЗ в конце линии	Ток КЗ, А (метал.)	Ток КЗ, (дуговой в конце линии)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 секция	$R_{пр.АБ}$	1,5	10	0,0175	0,0052	К1	872,8	-	-	-	-
1 с.ш.	$R_{ав2.АБ}$	-	-	-	-	К2	849,3	-	-	-	-
РЗ ячейки ТСН (яч. №1)	$R_{ав1.1}$	15	2,5	0,0175	0,21	К4	578,9	318,9	К5	372,8	206,2
РЗ ячейки КЛ ПС 220 кВ (яч. №2, ввод)	$R_{ав1.2}$	14	2,5	0,0175	0,196	К6	578,9	318,9	К7	381,9	211,2
Шкаф РАС (ввод 1)	$R_{ав1.3}$	27	2,5	0,0175	0,378	К8	578,9	318,9	К9	290,2	161,1
2 с.ш.	$R_{ав3.АБ}$	-	-	-	-	К3	849,3	-	-	-	-
РЗ ячейки КЛ ПС 220 кВ (яч. №2, ввод)	$R_{ав2.1}$	14	2,5	0,0175	0,196	К10	578,9	318,9	К11	381,9	211,2
РЗ ячейки отх. линии ВЭУ №18 (яч. №6)	$R_{ав2.2}$	10	2,5	0,0175	0,14	К12	578,9	318,9	К13	423,0	233,6
Шкаф РАС (ввод 2)	$R_{ав2.3}$	27	2,5	0,0175	0,378	К14	578,9	318,9	К15	290,2	161,1

## 6.2 Выбор защитных аппаратов СОПТ

### 6.2.1 Предварительный выбор защитных аппаратов по условию применения

Защитный аппарат должен иметь климатическое исполнение УХЛ, категорию размещения 4 согласно ГОСТ 15150.

Защитный аппарат должен быть предназначен для работы на постоянном токе.

При выборе плавкого предохранителя в качестве защитного аппарата следует выбирать аппараты типа «предохранитель-выключатель-разъединитель», обеспечивающие коммутацию токов нагрузки.

Защитный аппарат должен иметь степень защиты не менее IP31.

Защитный аппарат должен отвечать требованиям стойкости к механическим внешним воздействующим факторам по группе М13 ГОСТ 17516.1.

Выбор номинального напряжения защитного аппарата,  $U_e$ , производится по условию:

$$U_e \geq U_{\text{ном}},$$

где  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение системы оперативного постоянного тока.

Выбор и проверка коммутационных аппаратов производятся в соответствии с СТО 56947007-29.120.40.216-2016 «Методические указания по выбору оборудования СОПТ».

*Выбор защитного аппарата в цепи ввода аккумуляторной батареи:*

$$I_{\text{пред.}} \geq I_{\text{пт.нг.}} + I_{\text{вр.нг.}} + 0,4 \cdot I_{\text{кр.нг.}} = 2,39 + 0 + 0,4 \cdot 4,75 = 4,29 \text{ А,}$$

Принимается предохранитель с номинальным током 32 А с характеристикой gG типа OPVP22-2.

Проверка предохранителя на отключающую способность осуществляется согласно условиям таблицы 8.1 СТО 56947007-29.120.40.216-2016. Максимальный ток в точке К1 составляет 872,8 А << 100 кА.

*Выбор защитного аппарата в цепи ввода на 1 с.ш. (2 с.ш.):*

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2

Лист

27



Выбор АВ для питания шкафа РАС:

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq I_{\text{пт.нг.}} + I_{\text{вр.нг.}} + 0,4 \cdot I_{\text{кр.нг.}} = \frac{400}{220} + 0 + 0 = 1,82 \text{ А,}$$

Применяем АВ номиналом 4 А, с характеристикой срабатывания С типа С60Н-DC (или аналог).

Проверка предохранителя на отключающую способность осуществляется согласно условиям таблицы 8.1 СТО 56947007-29.120.40.216-2016. Максимальный ток в точке К8, К14 составляет 578,9 А << 10 кА.

Проводники в зоне защиты аппарата должны удовлетворять условию:

$$I_{\text{ном.АВ}} \leq I_{\text{длит.доп.}}$$

где  $I_{\text{длит.доп.}}$  — длительно допустимый ток проводника, находящегося в основной зоне защиты аппарата.

Все защитные аппараты удовлетворяют условию отключающей способности.

### 6.2.2 Выбор защитной характеристики аппарата

Для плавких предохранителей предварительно выбирается защитная характеристика типа gG, соответствующая номинальному току плавкой вставки.

Защитная характеристика автоматических выключателей модульного типа, с номинальным током 125 А и менее, задается типом характеристики, определяющей кратность тока срабатывания мгновенного расцепителя. Предварительно выбирается характеристика типа С.

### 6.2.3 Проверка коммутационных аппаратов 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

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

произошла авария. Это достигается за счет срабатывания только того автоматического выключателя (предохранителя), который защищает аварийную линию питания.

Проверка защитных аппаратов на селективность считается выполненной в случае, когда их защитные характеристики с учетом разброса не пересекаются в диапазоне токов от минимального до максимального тока КЗ.

Ниже приведены времятоковые характеристики автоматических выключателей (см. рисунок 6.3) и предохранителей (см. рисунок 6.2) принятых для установки.

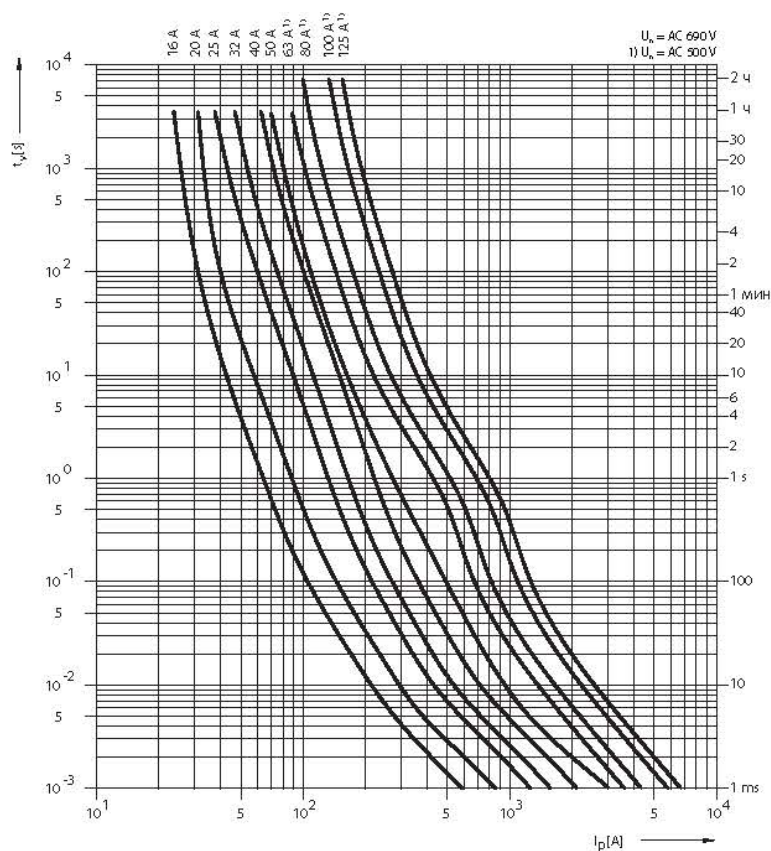


Рисунок 6.2 – Времятоковые характеристики плавких вставок  
разъединителя

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата





Таблица 6.2 – Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности

Наименование потребителя	Защитный аппарат			Ток КЗ дуговой, А	Кч	Допустимое значение Кч	Длина кабеля, l, м	$I_{нагр.}$ , А	$\Delta U$ , В
	Обознач. АВ	$I_n$ , А	$I_{м.р.}$ , А						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РЗ ячейки ТСН (яч. №1)	SF5	4	34	206,2	6,06	2	15	0,477	0,100
РЗ ячейки КЛ ПС 220 кВ (яч. №2, ввод)	SF6	4	34	211,2	6,21	2	14	0,091	0,018
Шкаф РАС (ввод 1)	SF7	4	34	161,1	4,74	2	27	1,82	0,688
РЗ ячейки КЛ ПС 220 кВ (яч. №2, ввод)	SF9	4	34	211,2	6,21	2	14	0,091	0,018
РЗ ячейки отх. линии ВЭУ №18 (яч. №6)	SF10	4	34	206,2	6,06	2	10	0,477	0,067
Шкаф РАС (ввод 2)	SF11	4	34	161,1	4,74	2	27	1,82	0,688

### 6.3 Выбор кабелей для системы оперативного постоянного тока

Кабели вторичной коммутации цепей постоянного оперативного тока должны быть экранированы.

#### 6.3.1 Выбор кабелей по длительно-допустимому току

Расчетный ток нагрузки:

$$I_{нагр.р} = \frac{P_{наг}}{U_{ном}},$$

где  $P_{нагр.}$  – активная мощность, Вт;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, В.

По расчетному току нагрузки выбираем тип кабеля.

Допускаемая нагрузка с учетом поправочного коэффициента 0,85 составит:

$$I_{доп} = I_{до} \cdot 0,85,$$

где  $I_{до}$  – длительно допустимый ток проводника, А.

Проверка осуществляется по условию:

$$I_{доп} \geq I_{нагр.р}.$$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

### 6.3.2 Проверка кабелей по термической стойкости и по невозгоранию

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

За расчетный принимается ток КЗ в точке на расстоянии 20 м от начала кабеля.

Расчеты по проверке кабеля на невозгорание приведены в таблице 6.3.

В качестве примера приведен расчет кабеля на невозгорание КВВГЭнг(А)-LS-0,66 2х2,5 питающий шкаф РАС.

Тепловой импульс тока КЗ определяется по выражению (Ц-02-98(Э) – Циркуляр о проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания):

$$B_K = \left( I_{\text{к.р.}}^{(3)} \right)^2 \cdot (t_{\text{откл.}} + T_{\text{а.э}}) = 0,333^2 \cdot (0,01 + 0,02) = 0,003,$$

где  $I_{\text{к.р.}}^{(3)}$  – ток КЗ на расстоянии 20 м от начала кабельной линии напряжением до расчетный 1 кВ;

$t_{\text{откл.}}$  – время отключения КЗ автоматического выключателя, с;

$T_{\text{а.э}}$  – эквивалентная постоянная времени затухания апериодического тока КЗ от удаленных источников, принимается равной 0,02 с.

По выражению определяется значение коэффициента  $k$  (Ц-02-98(Э) – Циркуляр о проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания):

$$k = \frac{b \cdot B_K}{S^2} = \frac{19,58 \cdot 0,003}{2,5^2} = 0,01,$$

где  $b$  – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, для медных жил 19,58 мм<sup>4</sup>/кА<sup>2</sup>с;

$S$  – сечение кабеля, мм<sup>2</sup>.

Значение начальной температуры жилы до КЗ можно определить по формуле:

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

$$Q_H = Q_0 + (Q_{\text{доп.}} - Q_{\text{окр.}}) \cdot \left( \frac{I_{\text{раб.}}}{I_{\text{доп.}}} \right)^2 = 25 + (70 - 25) \cdot \left( \frac{1,82}{27} \right)^2 = 25,01,$$

где  $Q_0$  – фактическая температура окружающей среды во время КЗ, °С;

$Q_{\text{доп}}$  – значение расчетной длительно допустимой температуры жилы, принимается для кабелей напряжением 0,4 кВ с пластмассовой изоляцией 70 °С;

$Q_{\text{окр}}$  – значение температуры окружающей среды (воздуха) 25 °С;

$I_{\text{раб}}$  – значение рабочего тока, А;

$I_{\text{доп}}$  – значение длительно допустимого тока нагрузки кабеля, А.

Значение конечной температуры жилы в конце КЗ можно определить по формуле:

$$Q_K = Q_H \cdot e^k + a \cdot (e^k - 1) = 25,01 \cdot e^{0,01} + 228 \cdot (e^{0,01} - 1) = 27,66$$

где  $Q_H$  – температура жилы до КЗ, °С;

$a$  – величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0°С и равна 228 °С.

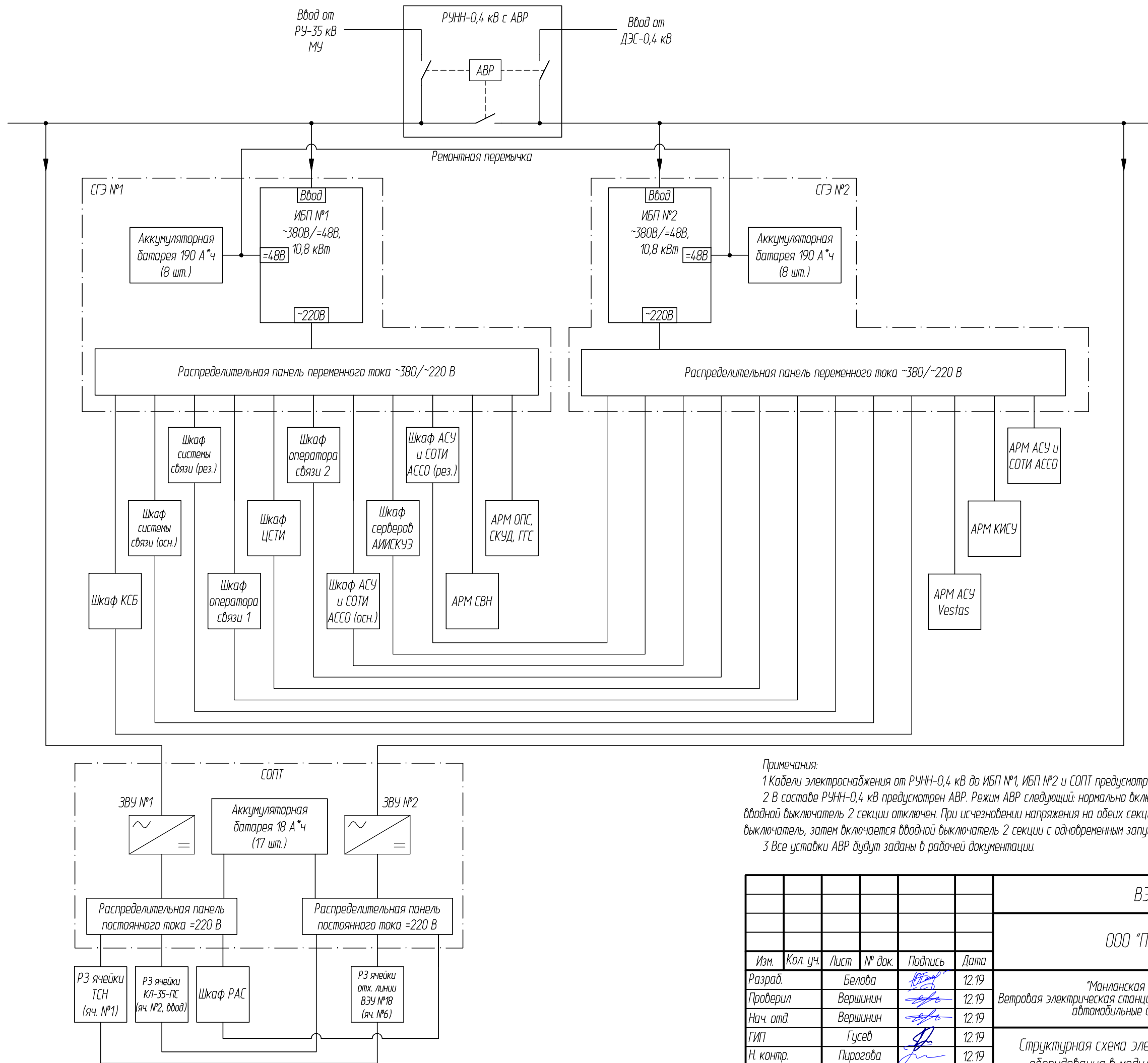
Вывод: кабель КВВГЭнг(А)-LS-0,66 2х2,5 не сгорит и годен к эксплуатации после КЗ.

Для остальных кабелей расчет аналогичен и все результаты сведены в таблицу 6.3.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС00086.286.5.1-ИЛОЗ.2			35

Таблица 6.3 – Проверка кабелей по невозгоранию

Наименование по- требителя	Авто- мат	Марка кабеля	Ток КЗ в конце линии	Время срабаты- вания ав- томата	Ток КЗ на 20м	$Q_0$	$I_{расч.}$	$I_{дл}$	$Q_n$	$k$	$Q_k$	Время срабаты- вания резервной защиты	$Q_k$	Допустимый предел по температуре
	$I_{ном.,A}$		$I_{кз}^{(3)},A$	сек	$I_{кз}^{(3)},A$	град. С	А	А	град. С		град. С	Сек	град. С	град. С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 с.ш.														
РЗ ячейки ТСН (яч. №1)	4	КВВГЭнг(А)-LS-0,66 2х2,5, 15 м	372,8	0,01	372,8	25	0,295	27	25,01	0,013	28,33	0,1	38,58	160/350
РЗ ячейки КЛ ПС 220 кВ (яч. №2, ввод)	4	КВВГЭнг(А)-LS-0,66 2х2,5, 14 м	381,9	0,01	381,9	25	0,091	27	25,01	0,014	28,50	0,1	39,26	160/350
Шкаф РАС (ввод 1)	4	КВВГЭнг(А)-LS-0,66 2х2,5, 27 м	290,2	0,01	333,3	25	1,82	27	25,01	0,01	27,66	0,1	35,79	160/350
2 с.ш.														
РЗ ячейки КЛ ПС 220 кВ (яч. №2, ввод)	4	КВВГЭнг(А)-LS-0,66 2х2,5, 14 м	381,9	0,01	381,9	25	0,091	27	25,01	0,014	28,50	0,1	39,26	160/350
РЗ ячейки отх. ли- нии ВЭУ №18 (яч. №6)	4	КВВГЭнг(А)-LS-0,66 2х2,5, 10 м	423,0	0,01	423,0	25	0,477	27	25,01	0,017	29,31	0,1	42,62	160/350
Шкаф РАС (ввод 2)	4	КВВГЭнг(А)-LS-0,66 2х2,5, 27 м	290,2	0,01	333,3	25	1,82	27	25,01	0,01	27,66	0,1	35,79	160/350



Примечания:  
1 Кабели электроснабжения от РУНН-0,4 кВ до ИБП №1, ИБП №2 и СОПТ предусмотрены в теме ВЭС00084.289.11-ИЛО3.1;  
2 В составе РУНН-0,4 кВ предусмотрен АВР. Режим АВР следующий: нормально включен вводной выключатель 1 секции и секционный выключатель, вводной выключатель 2 секции отключен. При исчезновении напряжения на обеих секциях, отключается вводной выключатель 1 секции и секционный выключатель, затем включается вводной выключатель 2 секции с одновременным запуском ДЭС-0,4 кВ;  
3 Все уставки АВР будут заданы в рабочей документации.

						ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.01				
						ООО "Пятнадцатый Ветропарк ФРВ"				
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги"	Стадия	Лист	Листов	
Разраб.		Белова			12.19		П		1	
Проверил		Вершинин			12.19					
Нач. отд.		Вершинин			12.19					
ГИП		Гусев			12.19					
Н. контр.		Пирогова			12.19	Структурная схема электроснабжения оборудования в модуле управления	ООО "ЕРСМ Сибдери"			
Утв.										

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

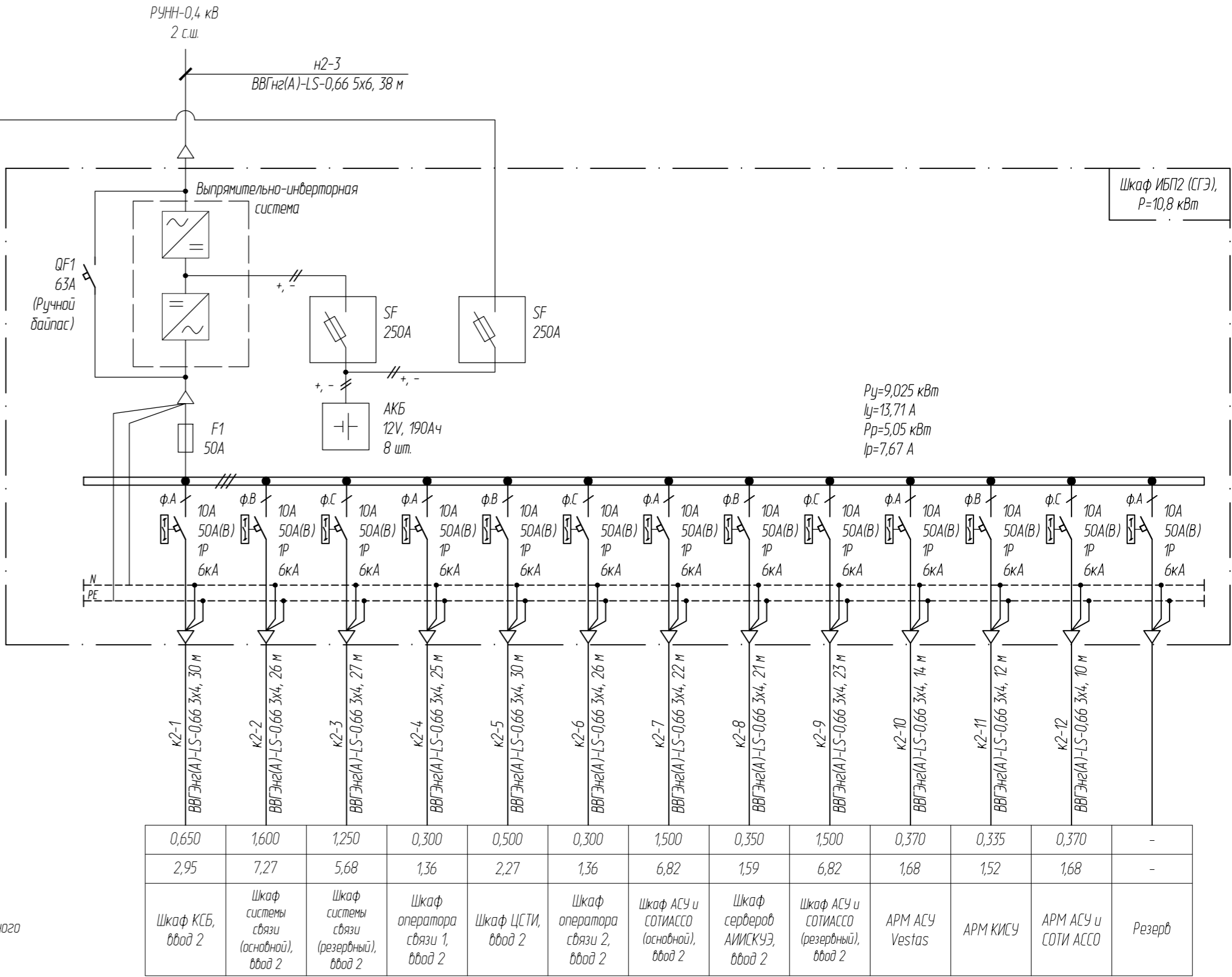
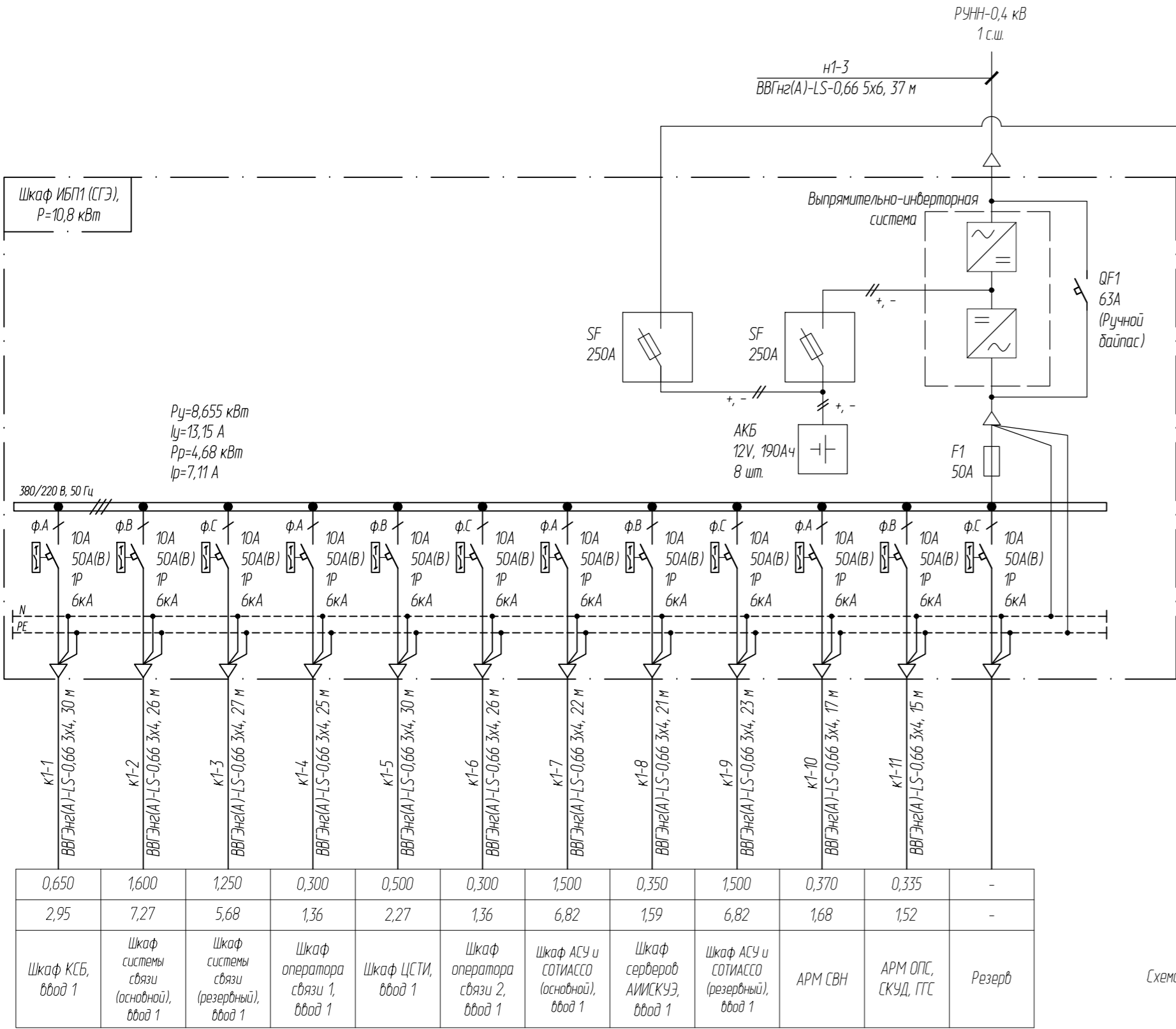
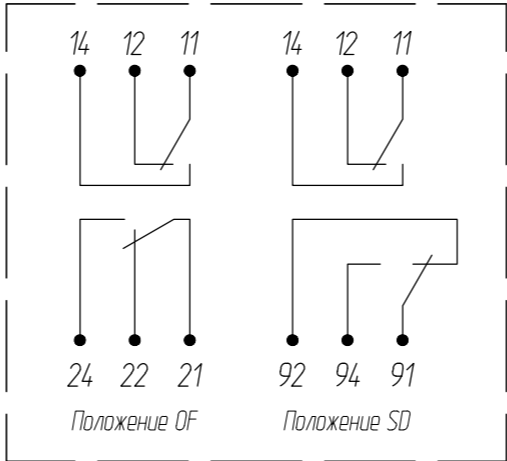


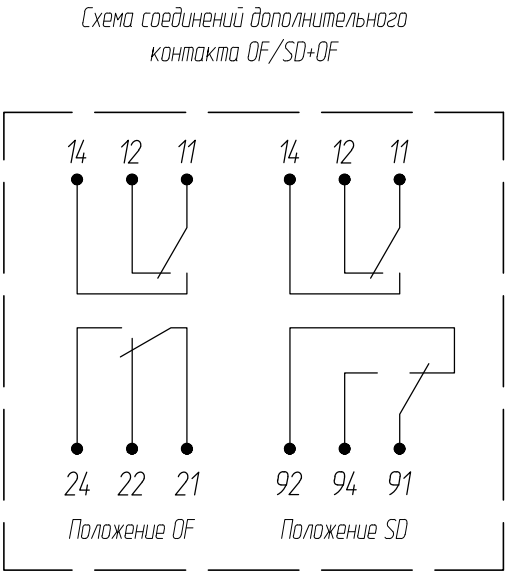
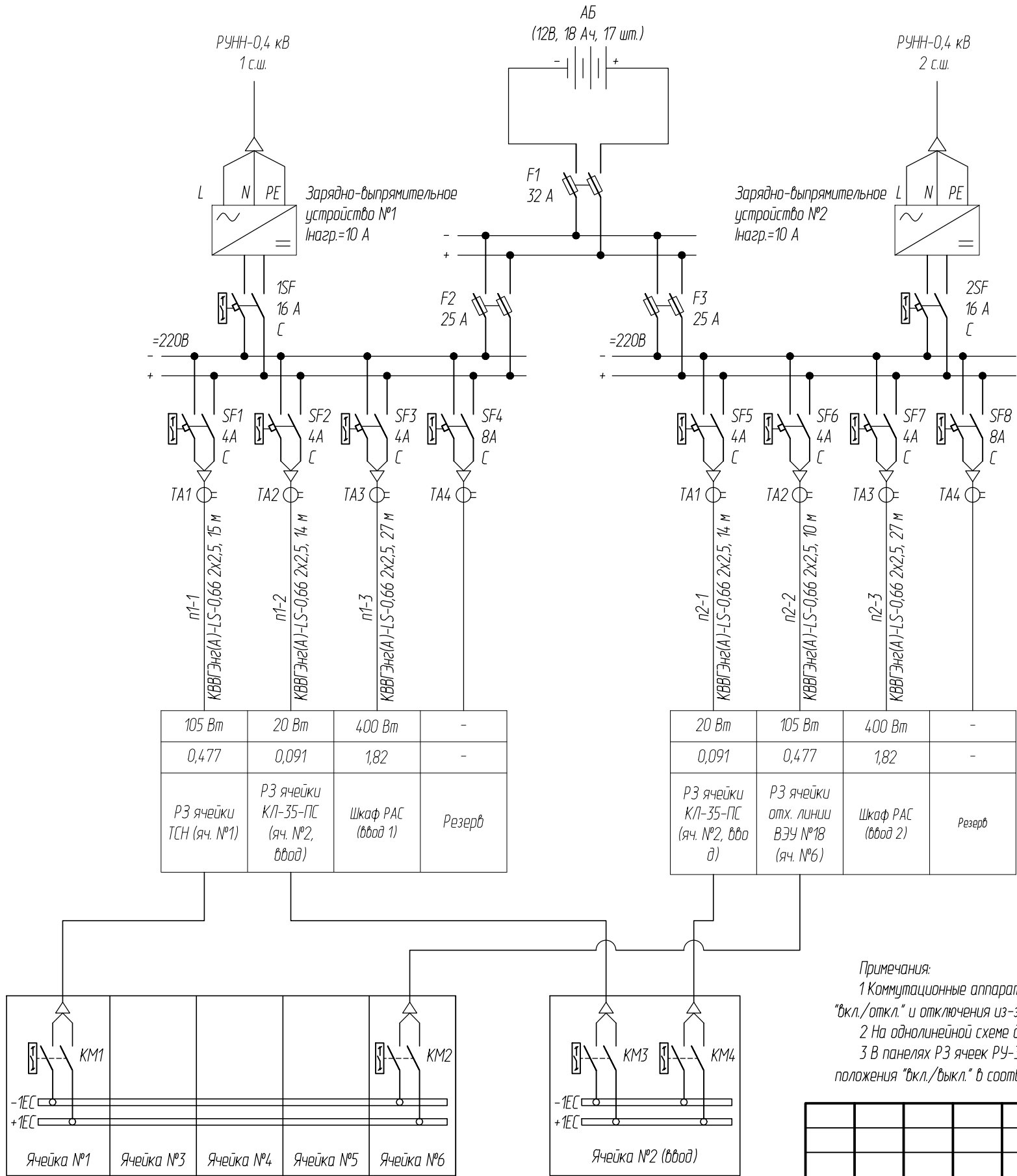
Схема соединений дополнительного контакта OF/SD+OF



Примечания:  
1 Коммутационные аппараты предусматриваются с дополнительными контактами двойного действия: сигнализация положения "вкл./откл." и отключения из-за повреждения;  
2 На однолинейной схеме дополнительный контакт показан условно.

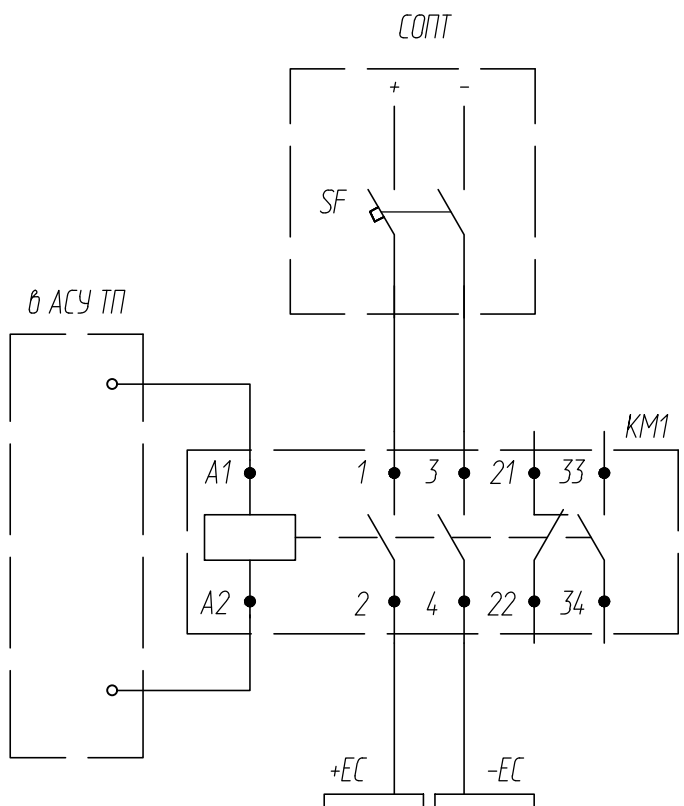
ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.02					
ООО "Пятнацатьй Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.		Белова			12.19
Проверил		Вершинин			12.19
Нач. отд.		Вершинин			12.19
ГИП		Гусев			12.19
Н. контр.		Пирогова			12.19
Утв.					
Ветропая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги				Стадия	Лист
Схема электрическая системы гарантированного электроснабжения				Лист	Листов
				П	1
				ООО "ЕРСМ Сибирь"	

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



Примечания:  
1 Коммутационные аппараты предусматриваются с дополнительными контактами двойного действия: сигнализация положения "вкл./откл." и отключения из-за повреждения;  
2 На однолинейной схеме дополнительный контакт показан условно;  
3 В панелях РЗ ячеек РУ-35 кВ №№1, 2, 6 предусматриваются модульные контакторы с дополнительными контактами положения "вкл./выкл." в соответствии с данной схемой.

						ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.03		
						ООО "Пятнадцатый Ветропарк ФРВ"		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги"	Стадия	Лист
Разраб.		Белоба			12.19			Листов
Проверил		Вершинин			12.19		П	1
Нач. отд.		Вершинин			12.19			
ГИП		Гусев			12.19			
Н. контр.		Пирогова			12.19	Схема электрическая системы оперативного тока	ООО "ЕРСМ Сибдари"	
Утв.								

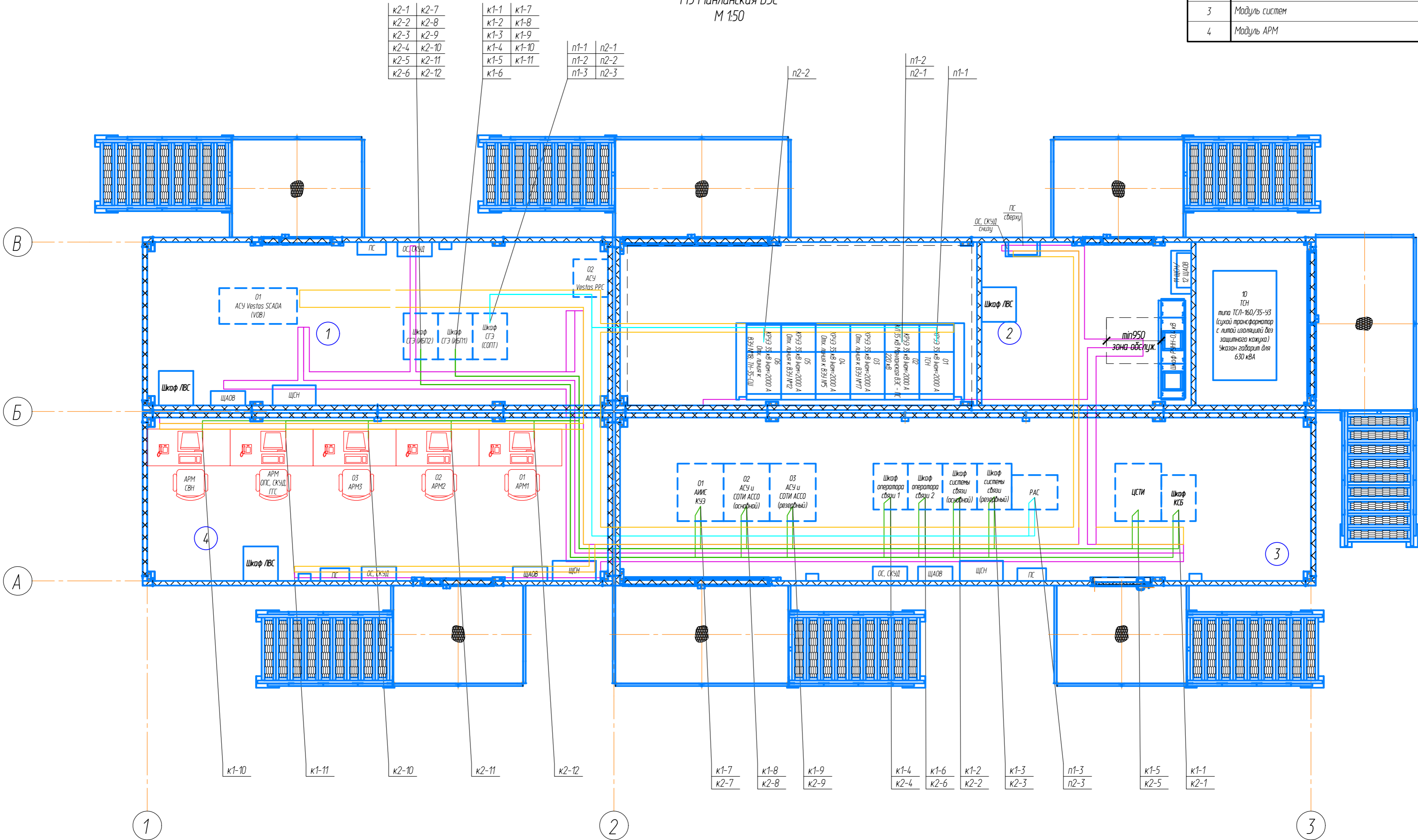


Примечание - смотреть совместно с чертежом ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.03.

Согласовано														
Взам. инв. №		Подпись и дата				ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.04								
						ООО "Пятнадцатый Ветропарк ФРВ"								
Инв. № подл.	Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата								
	Разраб.		Белова			12.19	"Излучная ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги"			Стадия	Лист	Листов		
	Проверил		Вершинин			12.19				П		1		
	Нач. отд.		Вершинин			12.19								
	ГИП		Гусев			12.19	Схема управления контактора принципиальная			ООО "ЕРСМ Сибдир"				
	Н. контр.		Пирогова			12.19								
	Утв.													

№ помеще- ния	Наименование помещения	Площадь, м²	Кат. помеще- ния
1	Модуль АСУ и СГЭ	21,63	
2	Модуль РП-35 кВ	32,75	
3	Модуль систем	32,75	
4	Модуль АРМ	21,63	

План расположения оборудования в  
МУ Манланская ВЭС  
М 1:50



Примечания:  
1 Подвод кабелей к шкафам выполнять через отверстия в полу;  
2 Кабельные трассы уточняются а стадии рабочей документации.

Условные обозначения:

- трассы для слаботочной сети;
- трассы для силовой сети 0,4 кВ;
- кабели системы СГЭ;
- кабели системы СОПТ;

ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.05					
ООО "Пятнадцатый Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.		Белова			12.19
Проверил		Вершинин			12.19
Нач. отд.		Вершинин			12.19
ГИП		Гусев			12.19
Н. контр.		Пирогова			12.19
Учлб.					
Ветропарная электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги				Стация	Лист
				П	1
План раскладки кабелей систем СГЭ и СОПТ в модуле управления				ООО "ЕРСМ Сибири"	

ВНИМАНИЕ!

- 1 Кабельный журнал не является основанием для нарезки кабеля.
- 2 Кабели отрезаются по фактически промеренной трассе.

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

Условия прокладки кабеля:

На открытых площадках (ОРУ):

002 - Кабель по установленным конструкциям и лоткам (применять в ж/б лотках, по металлоконструкциям (полкам, опорам);



002-01 - с креплением на поворотах и в конце трассы;

002-02 - прокладка кабеля с креплением по всей длине;

003 - Кабели в проложенных трубах, блоках и коробах (при прокладке в гофре, трубе, короб. Под коробом принимать замкнуты контур (мет.лоток с крышкой);

В помещениях (ОПУ, ЗРУ, РЩ, зданиях):

006 - Провода (кабель) по стальным конструкциям и панелям (применять при прокладке в каб. полуэтаже с вводом в шкафы (панели).

						ВЭС00086.286.5.1-И/ПЗ.2.КЖ		
						ООО "Пятнадцатый Ветропарк ФРВ"		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги"	Стадия	Лист
Разраб.		Белова			12.19			
Проверил		Вершинин			12.19		П	1
Нач. отд.		Вершинин			12.19			
ГИП		Гусев			12.19			
Н. контр.		Пирогова			12.19			
Утв.						Кабельный журнал	ООО "ЕРСМ Сибдери"	

Марка кабеля	Заводская марка кабеля				Число используемых жил		Направление кабеля		Способ прокладки					Длина, м		Примечание	47		
	По проекту		Фактически						Шифр										
	Тип	Число жил, сечение, мм2	Тип	Число жил, сечение, мм2	По проекту	Факт.	Откуда	Куда	002	002-02	003	006		по проекту	фактическая				
Кабели системы СГЭ																			
к1-1	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф КСБ, ввод 1				30		30					
к1-2	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф системы связи (основной), ввод 1				26		26					
к1-3	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф системы связи (резервный), ввод 1				27		27					
к1-4	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф оператора связи 1, ввод 1				25		25					
к1-5	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф ЦСТИ, ввод 1				30		30					
к1-6	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф оператора связи 2, ввод 1				26		26					
к1-7	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной), ввод 1				22		22					
к1-8	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф серверов АИИСКУЭ, ввод 1				21		21					
к1-9	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный), ввод 1				23		23					
к1-10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль систем, шкаф РАС, ввод 1				28		28					
к1-11	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль АРМ, АРМ СВН				17		17					
к1-12	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП1	Модуль АРМ, АРМ ОПС, СКУД, ГГС				15		15					
к2-1	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф КСБ, ввод 2				30		30					
к2-2	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф системы связи (основной), ввод 2				26		26					
к2-3	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф системы связи (резервный), ввод 2				27		27					
к2-4	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф оператора связи 1, ввод 2				25		25					
к2-5	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф ЦСТИ, ввод 2				30		30					
к2-6	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф оператора связи 2, ввод 2				26		26					
к2-7	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной), ввод 2				22		22					
к2-8	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф серверов АИИСКУЭ, ввод 2				21		21					
к2-9	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный), ввод 2				23		23					
к2-10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль систем, шкаф РАС, ввод 2				28		28					
к2-11	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль АРМ, АРМ АСУ Vestas				14		14					
к2-12	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль АРМ, АРМ КИСУ				12		12					
Взам. инв. №																		Лист	
																		2	
Подпись и дата																		ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.КЖ	
Инв. № подл.																		Формат А3	
									Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

Марка кабеля	Заводская марка кабеля				Число используемых жил		Направление кабеля		Способ прокладки					Длина, м		Примечание	48
	По проекту		Фактически						Шифр								
	Тип	Число жил, сечение, мм2	Тип	Число жил, сечение, мм2	По проекту	Факт.	Откуда	Куда	002	002-02	003	006		по проекту	фактическая		
к2-13	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4			3		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф ИБП2	Модуль АРМ, АРМ АСУ и СОТИ АССО				10		10			
Кабели системы оперативного постоянного тока																	
п1-1	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф СОПТ, 1 с.ш.	РЗ ячейки ТСН (яч. №1)				15		15			
п1-2	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф СОПТ, 1 с.ш.	РЗ ячейки КЛ-35-ПС (яч. №2, ввод)				14		14			
п1-3	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф СОПТ, 1 с.ш.	Модуль систем, шкаф РАС (ввод 1)				27		27			
п2-1	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф СОПТ, 2 с.ш.	РЗ ячейки КЛ-35-ПС (яч. №2, ввод)				14		14			
п2-2	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф СОПТ, 2 с.ш.	РЗ ячейки отх. линии ВЭУ №1В (яч. №6)				10		10			
п2-3	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Модуль АСУ и СГЭ, шкаф СОПТ, 2 с.ш.	Модуль систем, шкаф РАС (ввод 2)				27		27			
Кабели для ВЭУ																	
з1-1*	КВВГнг(А)-LS-0,66	4х2,5			3		ВЭУ №1*	Блок отпугивателя птиц				10		10			
з1-2*	ВВГнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		ВЭУ №1*	Шкаф СПД				10		10			
з1-3*	ВВГнг(А)-FRLS-0,66	3х2,5			3		ВЭУ №1*	Шкаф пожарно-охранной сигнализации				10		10			
Сводная спецификация кабеля ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.КЖ																	
Тип	Число и сечение мм2^	Число исп. жил	Количество отрезков	Способ прокладки					Длина кабеля,м		Примечание						
				Шифр													
				002	002-2	003	006		по проекту	фактическая							
ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х4	3	25				584		584								
ВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5	2	6				107		107								
КВВГнг(А)-LS-0,66	4х2,5	3	21				180		180								
ВВГнг(А)-LS-0,66	3х2,5	3	21				180		180								
ВВГнг(А)-FRLS-0,66	3х2,5	3	21				180		180								
Данный объем кабеля учтен в спецификации тома ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.С																	
Примечание - * для остальных ВЭУ марка и сечение кабеля аналогичны.																	
Взам. инв. №	Инв. № подл.											ВЭС00086.286.5.1-ИЛО3.2.КЖ		Лист			
														3			
		Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата										

Согласовано			Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество	Масса единицы, кг	Примечания	49	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
				1 Оборудование									
			11	Шкаф системы гарантированного электроснабжения, в составе:				компл.	2				
				- панель вводно-распределительная,	НКУ ENELT №1 3U								
				- аккумуляторная батарея, С=190 Ач, U=12 В, 8 шт.,	FTA 12-190								
				- выпрямитель-инверторная система,	Rectivector VSV 230/1500 48/1200								
				- ручной байпас,	SWITCHrot: 5P5T=screw 63A 690V Bypass								
				- комплект батарейного кабеля,	35 мм² синий/черный 5 м								
				- шкаф 2100х600х800 мм (ВхШхГ)									
			12	Шкаф системы СОПТ, в составе:				компл.	1				
				- зарядно-выпрямительное устройство - 2 шт.,	НКУ.ЗВУ-М.ЭНЕ/ПТ								
				- аккумуляторная батарея, С=18 Ач, U=12 В, 17 шт.,	SacredSun SP12-18								
				- шкаф 2100х600х800 мм (ВхШхГ)									
			Взам. инв. №	13	Автоматический выключатель, In=16А, 1Р, хар-ка С	iC60N			шт.	54			Для ВЗУ
14	Модульный контактор с возможностью ручного управления	EN20-20N-06				шт.	4			Для СОПТ			
15	Блок-контакт 1НЗ+1НО	ЕНО4-11				шт.	4			Для СОПТ			
	2 Кабельно-проводниковая продукция												
2.1	Кабель экранированный с медными жилами в поливинилхлоридной изоляции, не распространяет горение при групповой прокладке по категории А, с пониженным газо-дымовыделением	ВВГЭнг(А)-LS 3х4-0,66 кВ				м	584	0,346					
2.2	Кабель экранированный с медными жилами в поливинилхлоридной изоляции, не распространяет горение при групповой прокладке по категории А, с пониженным газо-дымовыделением	ВВГЭнг(А)-LS 2х2,5-0,66 кВ				м	107	0,231					
2.3	Кабель контрольный с медными жилами в поливинилхлоридной изоляции, не распространяет горение при групповой прокладке по категории А, с пониженным газо-дымовыделением	КВВГнг(А)-LS 4х2,5-0,66				м	180	0,183		Для ВЗУ			
2.4	Кабель с медными жилами в поливинилхлоридной изоляции, не распространяет горение при групповой прокладке по категории А, с пониженным газо-дымовыделением	ВВГнг(А)-LS 3х2,5-0,66				м	180	0,263		Для ВЗУ			
2.5	Кабель огнестойкий с медными жилами в поливинилхлоридной изоляции, не распространяет горение при групповой прокладке по категории А, с пониженным газо-дымовыделением	ВВГнг(А)-FRLS 3х2,5-0,66				м	180	0,385		Для ВЗУ			
Подписи дата													
Инв. № подл.													

						ВЭС00086.286.5.1-И/О3.2.СО					
						ООО "Пятнадцатый Ветропарк ФРВ"					
						ООО "Пятнадцатый Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Манланская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги"			Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Белова		12.19	П					1	
Проверил		Вершинин		12.19							
Нач. отд.		Вершинин		12.19							
ГИП		Гусев		12.19	Спецификация оборудования, изделий и материалов			ООО "ЕРСМ Судцри"			
Н. контр.		Пирогова		12.19							
Утв.											