



**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 «ДЕВЯТЫЙ ВЕТРОПАРК ФРВ»

«Покровская ВЭС».

«Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».

Этап 2. «Гражданская ВЭС»: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС)

Проектная документация

Подраздел 3 «Система электроснабжения»

Книга 2 «Система гарантированного электроснабжения»

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛО3.2

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ООО «ЕРСМ Сибири»

Заказчик – ООО «ДЕВЯТЫЙ ВЕТРОПАРК ФРВ»

«Покровская ВЭС».

«Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».

Этап 2. «Гражданская ВЭС»: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС)

Проектная документация

Подраздел 3 «Система электроснабжения»

Книга 2 «Система гарантированного электроснабжения»

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛО3.2

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

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

Технический директор



А.А. Лушников







Главный инженер проекта

Бондарчук А.Н.

2020

# Содержание тома

Лист	Наименование	Примечание
2	Содержание тома	
4	Справка главного инженера проекта	
5	1 Общее положение	
5	1.1 Основание для разработки проектной документации	
5	1.2 Краткое содержание и общие сведения Покровской ВЭС	
7	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	
17	4.2 Выбор и проверка автоматических выключателей	
19	4.3 Проверка кабелей на термическую стойкость	
21	4.4 Проверка кабелей на возгорание	
24	5 Выбор оборудования системы оперативного постоянного тока	
24	5.1 Выбор аккумуляторной батареи	
28	5.2 Выбор зарядно-выпрямительного устройства	
30	6 Выбор и проверка коммутационных аппаратов и кабелей для системы оперативного постоянного тока	
30	6.1 Расчет токов короткого замыкания	
32	6.2 Выбор защитных аппаратов СОПТ	
32	6.2.1 Предварительный выбор защитных аппаратов по условию применения	
35	6.2.2 Выбор защитной характеристики аппарата	
35	6.2.3 Проверка коммутационных аппаратов на селективную работу	

Взам. инв. №		32	6.2 Выбор защитных аппаратов СОП										
		32	6.2.1 Предварительный выбор защитных аппаратов по условию применения										
		35	6.2.2 Выбор защитной характеристики аппарата										
		35	6.2.3 Проверка коммутационных аппаратов на селективную работу										
Подп. и дата													
Инв. № подл.								ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2-С					
		Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата						
		ГИП		Бондарчук			01.21	«Покровская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги». Этап 2. «Покровская ВЭС»: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС). Система гарантированного электроснабжения Содержание тома			Стадия	Лист	Листов
		Н.контр.		Пирогова			01.21				П	1	2
		Нач. отд.											
		Пров.		Вершинин			01.21						
		Разраб.		Белова			01.21						
													

			3
37	6.2.4 Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности		
39	6.2.5 Проверка быстродействия выключателей и предохранителей по провалам напряжения		
41	6.3 Выбор кабелей для системы оперативного постоянного тока		
41	6.3.1 Выбор кабелей по длительно-допустимому току		
42	6.3.2 Проверка кабелей по термической стойкости		
44	Схема структурная системы гарантированного электро-снабжения		
45	Схема структурная системы гарантированного электро-снабжения		
46	Схема электрическая системы гарантированного электро-снабжения		
47	Схема электрическая системы оперативного тока		
48	План раскладки кабелей систем СГЭ и СОПТ в МУ Покровской ВЭС		
49	Кабельный журнал		
52	Спецификация оборудования, материалов и изделий		

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

						ВЭС000107.356.2.1.2-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.Н. Бондарчук

Взам. инв. №	Подп. и дата								
Инв. № подл.							ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2-СГИ		
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	<div>«Покровская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».</div> <div>Этап 2. «Покровская ВЭС»: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).</div> <div>Система гарантированного электроснабжения</div> <div>Справка главного инженера</div>		
	ГИП		Бондарчук			01.21			
	Н.контр.		Пирогова			01.21			
	Нач. отд.								
	Пров.		Вершинин			01.21			
Разраб.		Белова			01.21				
Стадия	Лист	Листов							
П	1	1							
 <b>ЕПСМ Сибирь</b> Engineering Procurement Construction Management									



**ЕРСМ Сибирь**  
Engineering Procurement Construction Management



- 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";

- Техническая политика Группы компаний «Ветропарки ФРВ».

Заданием на проектирование предусматривается строительство ветровой электрической станции с внутриплощадочными автомобильными дорогами: «Покровской ВЭС» максимальной мощностью 86,45 МВт, располагается на территории Красноармейского муниципального района Самарской области в составе:

- 19 ветроэнергетических установки (ВЭУ) мощностью 4,55 МВт каждая;
- модуль управления ВЭС;
- кабельные линии 35 кВ.

Модуль управления ВЭС включает в себя:

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

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2			2

## 2 Технические решения по системе гарантированного электроснабжения

Электроснабжение оборудования систем связи, системы безопасности (видеонаблюдение, охранно-пожарная система, управление доступом), АСУТП/СОТИ АССО, АИИСКУЭ осуществляется от сети гарантированного электроснабжения по двум независимым вводам от шкафов ИБП1 и ИБП2 (источник бесперебойного питания).

В данном проекте предусматривается установка двух независимых ИБП, к которым подключаются электропотребители 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. Электропотребители, у которых предусматривается два ввода, имеют электроснабжение от ИБП №1 и ИБП №2. Электроснабжение потребителей, у которых имеется только один ввод, организовано от одного ИБП.

Схема электрическая системы гарантированного электроснабжения приведена на чертеже ВЭС000107.356.2.1.2- ИЛОЗ.2.03 лист 47.

В состав каждого ИБП входит: выпрямительный модуль, инверторный модуль, АБ.

Таблица 2.1 – Технические требования системы СГЭ

Технические характеристики	Требования
Номинальные параметры ИБП	
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

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

3

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



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
<b>Входные характеристики ИБП</b>	
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 ток	Мягкий пуск
<b>Выходные характеристики ИБП</b>	
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 %
<b>Технические требования ИБП</b>	
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 ИБП	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;

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

4

	- контроль температуры в шкафу и передача в АСУТП
Технологические параметры, передаваемые в РАС	См. том ВЭС000107.356.2.1.2-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
Относительная влажность	80 % при температуре + 20 °С
Охлаждение	Вентиляторами

### Удаленный контроль и мониторинг ИБП

Функции	<ul style="list-style-type: none"> <li>- контроль, регистрация статуса;</li> <li>- формирование тревог;</li> <li>- сухие контакты сигнализации тревог;</li> <li>- цифровой контроль формы выходного синусоидального напряжения;</li> <li>- гальваническая изоляция входа от выхода;</li> <li>- фильтрация по входу и выходу от электромагнитных помех;</li> <li>- хранение истории событий;</li> <li>- увеличение выходного тока инвертора достаточного для срабатывания автоматических выключателей</li> </ul>
Интерфейс и протоколы	Реле сигнализации. МЭК 60870-5-104, МЭК 61850-8-1
Система сигнализации и тестирования	Локальная и дистанционная

### Характеристики АБ

Размещение	В шкафу 19"
Конструкция	С фронтальными выводами для быстрой и легкой установки и для удобного обслуживания. С повышенной прочностью к ударам и вибрации
Напряжение	48 В DC
Тип АБ	Необслуживаемая, герметичная
Независимые каналы для подключения	Не менее чем для двух групп
Продолжительность аварийного режима	2 часа
Соответствие с международными стандартами качества	ISO 9000
Соответствие стандартам	ГОСТ Р МЭК 896-1-95
Срок службы АБ	Не менее 12 лет

Технические параметры ИБП должны полностью соответствовать типу АБ по пульсациям тока поддерживающего заряда.

Каждый ИБП состоит из модулей переменного тока (для обеспечения питанием потребителей), модулей постоянного тока и аккумуляторных батарей.

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

5

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Емкость аккумуляторных батарей, используемых для гарантированного и бесперебойного электроснабжения оборудования систем связи, системы безопасности (видеонаблюдение, охранно-пожарная система, управление доступом), АСУТП/СОТИ АССО, АИИСКУЭ обеспечивает электроснабжение нагрузки в течение 2-х часов при потере основного электроснабжения.

Размещение оборудования ИБП №1 предусматривается в одном шкафу (800x800x2100 мм – ШxГxВ) в помещении АСУ и СГЭ проектируемого модуля управления ВЭС.

Размещение оборудования ИБП №2 предусматривается в одном шкафу (800x800x2100 мм – ШxГxВ) в помещении АСУ и СГЭ проектируемого модуля управления ВЭС.

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

В 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 ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.1, приложение А).

Каждый шкаф ИБП имеет свое электроснабжение от системы собственных нужд 0,4 кВ модуля управления (далее РУСН-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.

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	снабжение от своих АВ, 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 АВ). Переключение между этими двумя режимами происходит без перерывов питания.						
			Для питания ответственных потребителей 380 В переменного тока предусмотрена шина распределения питания с автоматическими выключателями.						
							ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2		Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				6

Схема распределения нагрузки представлена на чертеже ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2.03.

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

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2				7

### 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 ИБП №1

№ п/п	Наименование потребителя	Кол-во, шт	Напряжение питания	Полная мощность	Мощность для расчета АКБ
1	Шкаф системы связи (основной)	1	~220 В	1250 Вт	625 Вт
2	Шкаф КСБ	1	~220 В	650 Вт	325 Вт
3	Шкаф системы связи (резервный)	1	~220 В	850 Вт	425 Вт
4	Шкаф оператора связи С1	1	~220 В	500 Вт	250 Вт
5	Шкаф оператора связи С2	1	~220 В	500 Вт	250 Вт
6	Шкаф ЦСТИ	1	~220 В	500 Вт	250 Вт
7	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной)	1	~220 В	1250 Вт	625 Вт
8	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный)	1	~220 В	1050 Вт	525 Вт
9	Шкаф серверов АИИСКУЭ	1	~220 В	1000 Вт	500 Вт
10	Счетчики эл.снабжения в ячейках РУ-35 кВ	1	~220 В	18 Вт	18 Вт
11	АРМ дополнит. РУ 220/35 кВ	1	~220 В	1205 Вт	602,5 Вт
12	АРМ АСУ Vestas, КИСУ, АСУТП/СОТИ АССО, СОТ, ОС, ПС, СКУД	1	~220 В	1205 Вт	602,5 Вт
13	Шкаф ЛВС, модуль АСУ и СГЭ	1	~220 В	220 Вт	110 Вт
14	Шкаф ЛВС, модуль РП-35 кВ	1	~220 В	220 Вт	110 Вт
15	Шкаф ЛВС, модуль АРМ	1	~220 В	220 Вт	110 Вт
Суммарная мощность			~220 В	10,638 кВт	5,328 кВт

Таблица 3.2 – Перечень потребителей системы СГЭ от ИБП №2

№ п/п	Наименование потребителя	Кол-во, шт.	Напряжение питания	Полная мощность	Мощность для расчета АКБ
1	Шкаф системы связи (основной)	1	~220 В	1250 Вт	625 Вт
2	Шкаф КСБ	1	~220 В	650 Вт	325 Вт
3	Шкаф системы связи (резервный)	1	~220 В	850 Вт	425 Вт
4	Шкаф оператора связи С1	1	~220 В	500 Вт	250 Вт

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

8

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

5	Шкаф оператора связи С2	1	~220 В	500 Вт	250 Вт
6	Шкаф ЦСТИ	1	~220 В	500 Вт	250 Вт
7	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной)	1	~220 В	1250 Вт	625 Вт
8	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный)	1	~220 В	1050 Вт	525 Вт
9	Шкаф серверов АИИСКУЭ	1	~220 В	1000 Вт	500 Вт
10	Счетчики эл.снабжения в ячейках РУ-35 кВ	1	~220 В	4 Вт	4 Вт
11	АРМ дополнит. РУ 220/35 кВ	1	~220 В	1205 Вт	602,5 Вт
12	АРМ АСУ Vestas, КИСУ, АСУТП/СОТИ АССО, СОТ, ОС, ПС, СКУД	1	~220 В	1205 Вт	602,5 Вт
13	Шкаф ЛВС, модуль АСУ и СГЭ	1	~220 В	220 Вт	110 Вт
14	Шкаф ЛВС, модуль РП-35 кВ	1	~220 В	220 Вт	110 Вт
15	Шкаф ЛВС, модуль АРМ	1	~220 В	220 Вт	110 Вт
Суммарная мощность			~220 В	10,624 кВт	5,314 кВт

### Расчет емкости аккумуляторной батареи

Для ИБП №1:

1. Учет КПД инвертора 94 %:

$$P_{\text{нагр.}\eta} = \frac{P_{\text{нагр.}}}{\eta_{\text{инв.}}} = \frac{5,328}{0,94} = 5,668 \text{ кВт},$$

где  $P_{\text{нагр.}}$  – нагрузка СГЭ для ИБП №1, кВт;

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

2. Расчёт удельной мощности на одну АБ:

$$P_{1\text{АБ}} = \frac{P_{\text{нагр.}\eta}}{4} = \frac{5668}{4} = 1417 \text{ Вт/АБ},$$

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:

$$P_{\text{ГЭ}} = \frac{P_{1\text{АБ}}}{6} = \frac{1417}{6} = 236,2 \text{ Вт/ГЭ}.$$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

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:

Конечное напряжение (В/элемент)	Разряд постоянной мощностью: Вт/блок (25°C)													
	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

Для обеспечения нагрузки 236,2 Вт потребуется параллельное соединение двух двухвольтовых элементов:

$$P_{ГЭ.ФТА} = 2 \cdot 140,3 = 280,6 \text{ Вт/ГЭ.}$$

Таким образом, для обеспечения нагрузки ИБП1 в аварийном режиме требуется двенадцативольтовые моноблоки с емкостью не менее 190 Ah – 8 шт.

Для ИБП2:

1. Учет КПД инвертора 94 %:

$$P_{\text{нагр.}\eta} = \frac{P_{\text{нагр.}}}{\eta_{\text{инв.}}} = \frac{5,314}{0,94} = 5,653 \text{ кВт},$$

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

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

2. Расчёт удельной мощности на одну АБ:

$$P_{1\text{АБ}} = \frac{S_{\text{нагр.}\eta}}{4} = \frac{5653}{4} = 1413,3 \text{ Вт/АБ},$$

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:

$$P_{ГЭ} = \frac{P_{1АБ}}{6} = \frac{1413,3}{6} = 235,5 \text{ Вт/ГЭ.}$$

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.

Для обеспечения нагрузки 235,5 Вт потребуется параллельное соединение двух двухвольтовых элементов:

$$P_{ГЭ,FTA} = 2 \cdot 140,3 = 280,6 \text{ Вт/ГЭ.}$$

Таким образом, для обеспечения нагрузки ИБП2 в аварийном режиме требуется двенадцативольтовые моноблоки с емкостью не менее 190 Ah – 8 шт.

Ниже приведены технические характеристики АКБ, таблица 3.3.

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

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

11



## 4 Выбор и проверка автоматических выключателей и кабелей для системы электроснабжения СГЭ

### 4.1 Определение сечений кабелей

Сечение кабеля питания шкафа системой гарантированного электроснабжения определяется исходя из потребления по цепям нагрузки. Выбор сечения производится для медного кабеля.

Определим активное сопротивление кабеля типа ВВГЭнг(А)-LS-0,66 сечением 2,5 мм<sup>2</sup> для шкафа системы связи (основной):

$$R_{\text{каб.}} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,0175 \cdot 18}{2,5} = 0,126 \text{ Ом,}$$

где  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$  – удельное электрическое сопротивление для меди;

$L$  – длина кабеля, м;

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

Для остальных потребителей расчет аналогичен и приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Активные сопротивления кабелей электропитания системы СГЭ

Наименование шкафа, АРМ	$S_{\text{нагр.}},$ Вт	$I_{\text{нагр.}},$ А	$s, \text{мм}^2$	$L, \text{м}$	$R_{\text{каб.}},$ Ом	$\Delta U,$ %
Шкаф системы связи (основной)	1250	5,43	2,5	18	0,126	0,63
Шкаф КСБ	650	2,83	2,5	22	0,154	0,401
Шкаф системы связи (резервный)	850	3,69	2,5	19	0,133	0,452
Шкаф оператора связи С1	500	2,27	2,5	16	0,112	0,234
Шкаф оператора связи С2	500	2,27	2,5	17	0,119	0,249
Шкаф ЦСТИ	500	2,27	2,5	21	0,147	0,307
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной)	1250	5,43	2,5	14	0,098	0,49
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный)	1050	4,47	2,5	15	0,105	0,432
Шкаф серверов АИИСКУЭ	1000	4,35	2,5	12	0,084	0,336
Счетчики эл.снабжения в ячейках РУ-35 кВ	18	0,078	2,5	14	0,084	0,006
АРМ дополнит. РУ 220/35 кВ	1205	5,24	2,5	22	0,154	0,743

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2				12

АРМы АСУ Vestas, КИСУ, АСУТП/СОТИ АССО, СОТ, ОС, ПС, СКУД	1205	5,24	2,5	17	0,119	0,574
Шкаф ЛВС, модуль АСУ и СГЭ	220	0,96	2,5	11	0,077	0,068
Шкаф ЛВС, модуль РП-35 кВ	220	0,96	2,5	10	0,070	0,062
Шкаф ЛВС, модуль АРМ	220	0,96	2,5	24	0,168	0,148
РУ-35 кВ, яч. №1, цепи телесигнали-зации	-	-	2,5	18	0,126	0,001

## 4.2 Выбор и проверка автоматических выключателей

Схема замещения с указанием расчетных точек КЗ приведена на рисунке 4.1.

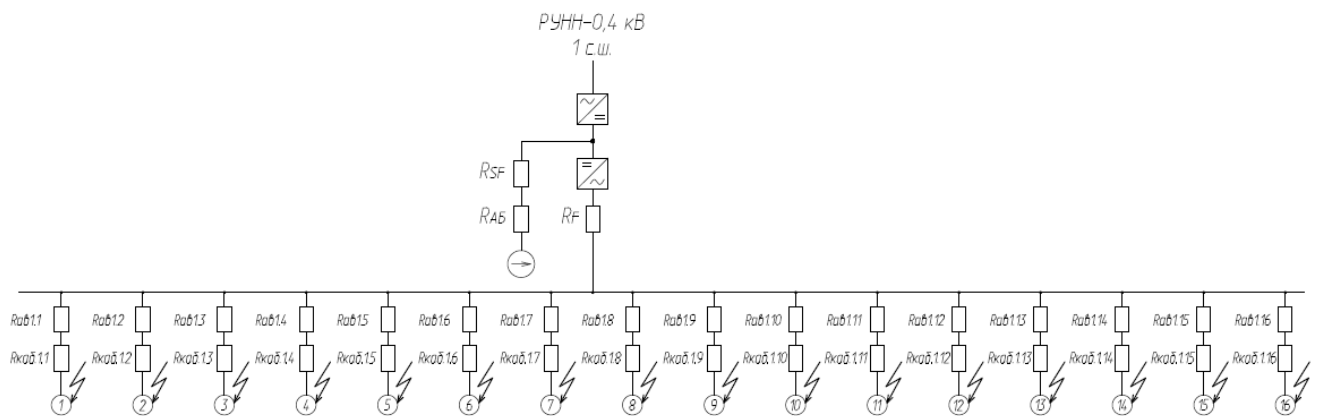


Рисунок 4.1 – Схема замещения системы СГЭ для 1 с.ш.

(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 модульного типа в данном случае применяется характеристика типа «В», которая имеет коэффициент уставки  $K_y = 5$ .

Определим ток короткого замыкания для шкафа КСБ по выражению:

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\text{ф.}}}{\sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}} = \frac{220}{\sqrt{0,134^2 + 2,4761^2}} = 88,718 \text{ А},$$

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

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

Определим сумму активных сопротивлений цепи:

$$R = R_{F1} + R_{AB} + R_{\text{каб.}} = 0,0013 + 0,007 + 0,126 = 0,134 \text{ Ом},$$

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

13

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

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

$R_{AB}$  – активное сопротивление АВ, Ом;

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

Определим сумму индуктивных сопротивлений цепи:

$$X = X_{\text{ЗВУ}} + X_{AB} + X_{\text{каб.}} = 2,47 + 0,0045 + 0,0016 = 2,4761 \text{ Ом},$$

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

$X_{AB}$  – индуктивное сопротивление АВ, Ом;

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

Максимальный ток подпитки от инверторного модуля в момент ТКЗ в течение 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

ТКЗ	Наименование шкафа, АРМ	$I_{\text{нагр.}}$ , А	$I_{\text{ном. АВ}}$ , А	$I_{\text{откл. АВ}}$ , А	$R_{F1}$ , Ом	$R_{AB}$ , Ом	$R_{\text{каб.}}$ , Ом	$R_{\Sigma}$ , Ом	$X_{\text{ЗВУ}}$ , Ом	$X_{AB}$ , Ом	$X_{\text{каб.}}$ , Ом	$X_{\Sigma}$ , Ом	$I_{\text{КЗ}}$ , А
1	Шкаф системы связи (основной)	5,43	10	50	0,0013	0,007	0,126	0,134	2,47	0,0045	0,0016	2,4761	88,718
2	Шкаф КСБ	2,83	10	50	0,0013	0,007	0,154	0,162	2,47	0,0045	0,0020	2,4765	88,646
3	Шкаф системы связи (резервный)	3,69	10	50	0,0013	0,007	0,133	0,141	2,47	0,0045	0,0017	2,4762	88,701
4	Шкаф оператора связи С1	2,27	10	50	0,0013	0,007	0,112	0,120	2,47	0,0045	0,0014	2,4759	88,750
5	Шкаф оператора связи С2	2,27	10	50	0,0013	0,007	0,119	0,127	2,47	0,0045	0,0015	2,4760	88,735
6	Шкаф ЦСТИ	2,27	10	50	0,0013	0,007	0,147	0,155	2,47	0,0045	0,0019	2,4764	88,665
7	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной)	5,43	10	50	0,0013	0,007	0,098	0,106	2,47	0,0045	0,0013	2,4758	88,780
8	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный)	4,47	10	50	0,0013	0,007	0,105	0,113	2,47	0,0045	0,0014	2,4759	88,765
9	Шкаф серверов АИИСКУЭ	4,35	10	50	0,0013	0,007	0,084	0,092	2,47	0,0045	0,0011	2,4756	88,806
10	Счетчик эл.снабжения в ячейках РУ-35 кВ	0,078	6	30	0,0013	0,007	0,084	0,092	2,47	0,0045	0,0011	2,4756	88,806
11	АРМ дополнит. РУ 220/35 кВ	5,24	10	50	0,0013	0,007	0,154	0,162	2,47	0,0045	0,0020	2,4765	88,646
12	АРМы АСУ Vestas, КИСУ, АСУТП/СОТИ АССО, СОТ, ОС, ПС, СКУД	5,24	10	50	0,0013	0,007	0,119	0,127	2,47	0,0045	0,0015	2,4760	88,735

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

14

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

13	Шкаф ЛВС, модуль АСУ и СГЭ	0,96	6	30	0,0013	0,007	0,077	0,085	2,47	0,0045	0,0010	2,4755	88,819
14	Шкаф ЛВС, модуль РП-35 кВ	0,96	6	30	0,0013	0,007	0,070	0,078	2,47	0,0045	0,0009	2,4754	88,830
15	Шкаф ЛВС, модуль АРМ	0,96	6	30	0,0013	0,007	0,168	0,176	2,47	0,0045	0,0022	2,4767	88,605
16	РУ-35 кВ, яч. №1, цепи теле-сигнализации	-	6	30	0,0013	0,007	0,126	0,134	2,47	0,0045	0,0016	2,4761	88,718

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

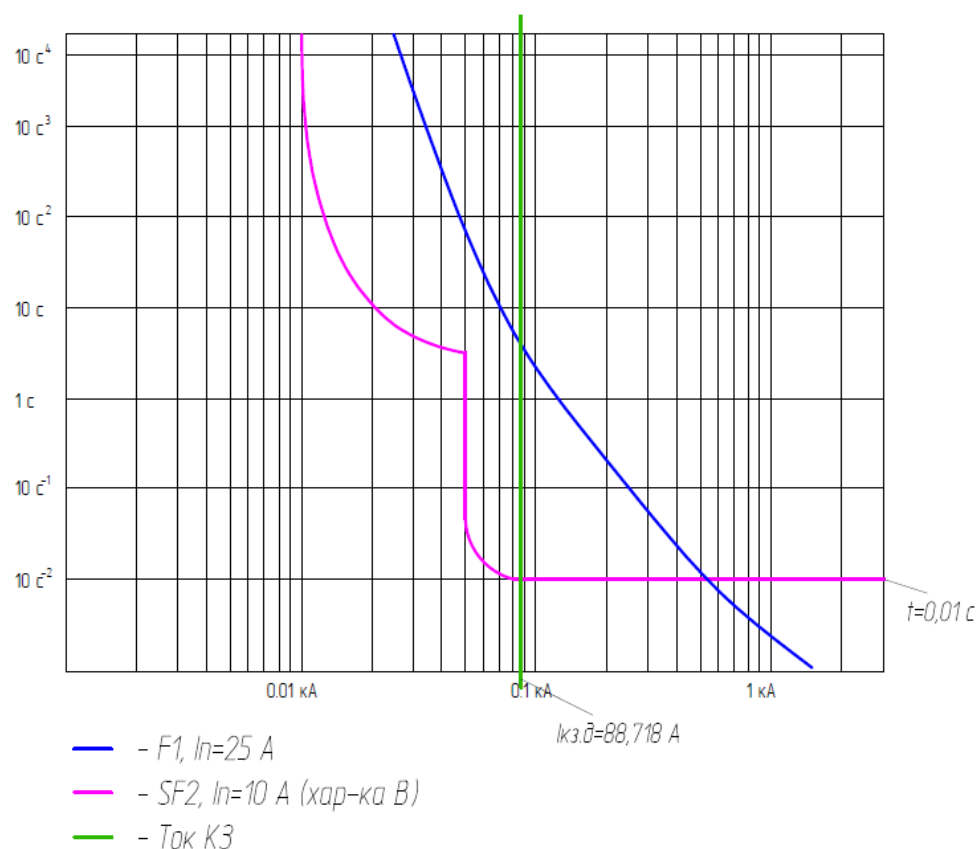


Рисунок 4.2 – Времятоковая характеристика коммутационных аппаратов СГЭ

### 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:

$$I_{\text{пред.доп.}} = \frac{C_T \cdot s}{\sqrt{t_{\text{откл.}}}} = \frac{103 \cdot 2,5}{\sqrt{0,01}} = 2575 \text{ А},$$

где  $C_T$  — постоянная, для медных кабелей с ПВХ изоляцией,  $103 \text{ А} \cdot \text{с}^{0,5}/\text{мм}^2$ ;

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

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

$I_{\text{КЗ}}$  — 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	$C_T$ , $\text{А} \cdot \text{с}^{0,5}/\text{мм}^2$	$s$ , $\text{мм}^2$	$t_{\text{откл.}}$ , с	$I_{\text{пред.доп.}}$ , А	$I_{\text{КЗ}}$ , А
Шкаф системы связи (основ- ной)	103	2,5	0,01	2575 >	88,718
Шкаф КСБ	103	2,5	0,01	2575 >	88,646
Шкаф системы связи (резерв- ный)	103	2,5	0,01	2575 >	88,701
Шкаф оператора связи С1	103	2,5	0,01	2575 >	88,750
Шкаф оператора связи С2	103	2,5	0,01	2575 >	88,735
Шкаф ЦСТИ	103	2,5	0,01	2575 >	88,665
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (ос- новной)	103	2,5	0,01	2575 >	88,780
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (ре- зервный)	103	2,5	0,01	2575 >	88,765
Шкаф серверов АИИСКУЭ	103	2,5	0,01	2575 >	88,806
Счетчик эл.снабжения в ячей- ках РУ-35 кВ	103	2,5	0,01	2575 >	88,806
АРМ дополнит. РУ 220/35 кВ	103	2,5	0,01	2575 >	88,646
АРМы АСУ Vestas, КИСУ, АСУТП/СОТИ АССО, СОТ, ОС, ПС, СКУД	103	2,5	0,01	2575 >	88,735
Шкаф ЛВС, модуль АСУ и СГЭ	103	2,5	0,01	2575 >	88,819
Шкаф ЛВС, модуль РП-35 кВ	103	2,5	0,01	2575 >	88,830
Шкаф ЛВС, модуль АРМ	103	2,5	0,01	2575 >	88,605
РУ-35 кВ, яч. №1, цепи телесиг- нализации	103	2,5	0,01	2575 >	88,718

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

16

#### 4.4 Проверка кабелей на возгорание

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 за автоматическим выключателем.

Расчеты по проверке кабеля на возгорание приведены в таблице 4.4.

В качестве примера приведен расчет кабеля на возгорание ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х2,5 питающий шкаф системы связи (основной).

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

$$B_K = \left(I_{\text{к.р.}}^{(3)}\right)^2 \cdot (t_{\text{откл.}} + T_{\text{а.э}}) = 0,08891^2 \cdot (6 + 0,02) = 0,048 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

где  $I_{\text{к.р.}}^{(3)}$  – расчетный ток КЗ в начале кабельной линии, кА;

$t_{\text{откл.}}$  – время отключения КЗ плавкой вставки, 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):

$$k = \frac{b \cdot B_K}{S^2} = \frac{19,58 \cdot 0,048}{2,5^2} = 0,149,$$

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:

$$Q_H = Q_0 + (Q_{\text{доп.}} - Q_{\text{окр.}}) \cdot \left(\frac{I_{\text{раб.}}}{I_{\text{доп.}}}\right)^2 = 25 + (70 - 25) \cdot \left(\frac{5,43}{27}\right)^2 = 25,0 \text{ °С},$$

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

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

$Q_{\text{доп}}$  – 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:

$$Q_K = Q_H \cdot e^k + a \cdot (e^k - 1) = 25,0 \cdot e^{0,149} + 228 \cdot (e^{0,149} - 1) = 65,7 \text{ } ^\circ\text{C},$$

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

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

Вывод: кабель ВВГЭнг(А)-LS-0,66 3х2,5 не сгорит и годен к эксплуатации после КЗ.

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

Таблица 4.4 – Проверка кабеля по невозгораемости

Наименование потребителя	Тип кабеля	Сечение кабеля	Ток КЗ в начале линии, кА	Время срабатывания рез. защиты, с	$Q_K$ , °С	Допустимый предел по температуре
Шкаф системы связи (основной)	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф КСБ	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф системы связи (резервный)	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф оператора связи С1	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф оператора связи С2	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф ЦСТИ	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной)	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный)	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф серверов АИИСКУЭ	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

18

Счетчик эл.снабжения в ячейках РУ-35 кВ	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
АРМ дополнит. РУ 220/35 кВ	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
АРМы АСУ Vestas, КИСУ, АСУТП/СОТИ АССО, СОТ, ОС, ПС, СКУД	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф ЛВС, модуль АСУ и СГЭ	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф ЛВС, модуль РП-35 кВ	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
Шкаф ЛВС, модуль АРМ	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350
РУ-35 кВ, яч. №1, цепи телесигнализации	ВВГЭнг(А)-LS	3×2,5	0,08891	6	65,7	< 350

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

19





Временная нагрузка, появляющаяся при исчезновении переменного тока собственных нужд (во время аварийного режима). Соответствует току, потребляемому при аварийном исчезновении переменного напряжения в системе собственных нужд станции, и характеризует установившийся режим аварийного разряда;

Толчковая нагрузка – кратковременное увеличение тока потребителей. Создается токами включения и отключения приводов высоковольтных выключателей и автоматов, токами нагрузки аппаратов управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, кратковременно обтекаемых током.

Таблица 5.2 – 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
ЭНИП	20	20	Постоянная
Взвод пружин	-	500	Кратковременная
Шкаф РАС	400	450	Постоянная
Оперативная блокировка	-	20	Постоянная
Цепи сигнализации	50	80	Постоянная

Определим суммарный ток длительной нагрузки для АБ:

$$I_{\text{длит.}} = \frac{P_{\text{длит.}}}{U_{\text{н}}} = \frac{(15 \cdot 4 + 400 + 50)}{220} = 2,32 \text{ А.}$$

Определим суммарный ток кратковременной нагрузки для АКБ:

$$I_{\text{крат.}} = \frac{P_{\text{длит.}} + P_{\text{крат.}}}{U_{\text{н}}} =$$

$$= \frac{510 + (20 - 15) \cdot 4 + 440 + 500 + (450 - 400) + 20 + (80 - 50)}{220}$$

$$= 7,14 \text{ А.}$$

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

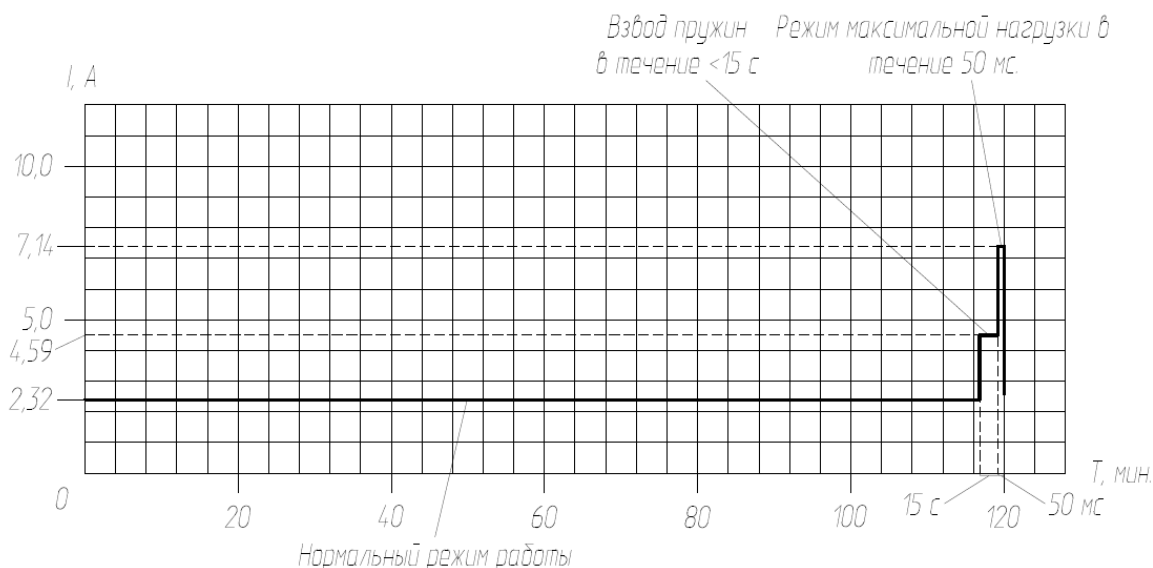


Рисунок 5.1 – Диаграмма нагрузки СОПТ

Выбор количества элементов АБ определяется соблюдением диапазона допустимых напряжений на шинах системы оперативного постоянного тока (СОПТ): от 198 до 242 В. Для моторов взвода пружин и соленоидов включения допускается просадка напряжения не более 20% от номинала:

$$U_{\text{мин}} = U_{\text{ном.}} \cdot 0,8 = 220 \cdot 0,8 = 176 \text{ В},$$

где  $U_{\text{ном.}}$  – номинальное напряжения, В.

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;

$U_{\text{эл}}$  – 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.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

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

Расчет емкости АБ при 1 час 59 мин 75 сек. разряде током нагрузки:

$$C_1 = I_{\text{авар.нагр.}} \cdot t_{\text{авар.}} = 2,32 \cdot \frac{7185}{3600} = 4,63 \text{ А} \cdot \text{ч},$$

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

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

Расчет емкости АБ при 15 с разряде током нагрузки:

$$C_2 = I_{\text{авар.нагр.}} \cdot t_{\text{авар.}} = 4,59 \cdot \frac{15}{3600} = 0,02 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Расчет емкости АБ при 50 мс разряде током кратковременной нагрузки:

$$C_3 = I_{\text{авар.нагр.}} \cdot t_{\text{авар.}} = 7,14 \cdot \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3600} = 0,0001 \text{ А} \cdot \text{ч},$$

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:

$$C_{\text{итог.}} = \frac{(C_1 + C_2 + C_3) \cdot K_{\text{ем.б.}}}{K_T} = \frac{(4,63 + 0,02 + 0,0001) \cdot 1,25}{0,91} = 6,39 \text{ А} \cdot \text{ч},$$

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

Ток силой 2,32 А в течении 2 часов при конечном напряжении 1,80 В/элемент могут обеспечить свинцово-кислотные аккумуляторы герметизированного типа емкостью 9 А·ч из номинального ряда, но ввиду условия срока эксплуатации АБ, который должен быть не менее 12 лет, АБ производятся емкостью 18 А·ч и выше. В таком случае принимаем АБ с минимально возможной емкостью 18 А·ч. Данное решение уточняется на стадии рабочего проектирования.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2				23

Разряд постоянным током, t 25°C(77°F)												
Напр/Время	5 мин	10 мин	15 мин	30 мин	1 час	2 часа	3 часа	4 часа	5 часов	6 часов	10 часов	20 часов
1.80 В/эл	64.7	44.7	30.9	19.2	11.3	6.61	5.02	4.00	3.32	2.84	1.85	0.98
1.75 В/эл	65.9	45.5	31.5	19.6	11.5	6.74	5.12	4.07	3.38	2.89	1.88	1.00
1.70 В/эл	67.9	46.9	33.4	20.3	11.7	6.85	5.21	4.14	3.44	2.94	1.92	1.01
1.67 В/эл	69.9	48.2	36.3	21.5	11.9	6.93	5.27	4.19	3.48	2.97	1.94	1.02
1.60 В/эл	71.9	49.6	38.1	22.4	12.0	7.00	5.32	4.23	3.52	3.00	1.96	1.03

Рисунок 5.2 – Разрядные характеристики аккумуляторной батареи герметизированного типа

Установка аккумуляторной батареи предусматривается в шкафу с габаритными размерами 800x800x2100 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 подзаряда АБ:

$$I_{\text{вых.}} = \frac{C \cdot k + I_{\text{дд}}}{2} = \frac{18 \cdot 0,12 + 2,32}{2} = 2,506 \text{ А,}$$

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

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

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

Номинальный выходной ток зарядного устройства принимается из номинального ряда и равен 10 А.

В шкаф СОПТ устанавливается два ЗВУ с параллельным режимом работы, в составе каждого ЗВУ имеются два выпрямительных модуля.

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

24

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

В режиме коротких замыканий ЗВУ обеспечивает кратность выходного тока не менее 6 номинального тока, которого достаточно для срабатывания защитного аппарата.

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

СОПТ должна обладать следующими технологическими параметрами:

- 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 ВЭС000107.356.2.1.2-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 ЗВУ;
- обобщенный сигнал неисправности в СОПТ;
- сигнал при выходе из допустимых пределов напряжения и тока нагрузки;
- система поэлементного контроля АБ;
- система контролируемого разряда АБ;
- блок генерации импульса тока.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

25

## 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:

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

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

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

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

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

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

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

где  $l$  – длина кабеля, м;

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

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

Ток дугового короткого замыкания, определяется по формуле, кА:

$$I_{КЗ.дуг.} = k_D \cdot I_{КЗ},$$

где  $k_D$  – поправочный коэффициент, принимаемый по ГОСТ 29176-91 «Короткие замыкания в электроустановках», п. 2.3.

Значения активных сопротивлений элементов цепи представлено в таблице 6.1.

Ид. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									26	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2	

Таблица 6.1 – Значения активных сопротивлений элементов цепи

Наименование	Параметры оборудования	Обозначение элемента в цепи	Сопротивления
Аккумуляторная батарея (17 шт.)	12В 18Ah	$R_{AB}$	$15 \cdot 17 = 255 \text{ мОм}$
Кабельная линия от АБ до шин распределения	ПуГВ 1х10, L=1,5 м	$R_{кл.АБ}$	5,25 мОм
Предохранитель	32 А	$R_{пр.АБ}$	8,0 мОм
Автоматический выключатель отходящий	4 А	$R_{ав.1.1}$	0,2125 Ом
Кабельная линия отходящая	КВВГЭнг(А)-LS 2х2,5, L=1 м	$R_{каб.1.1}$	0,014 Ом

Результаты расчета токов КЗ представлены в таблице 6.1.

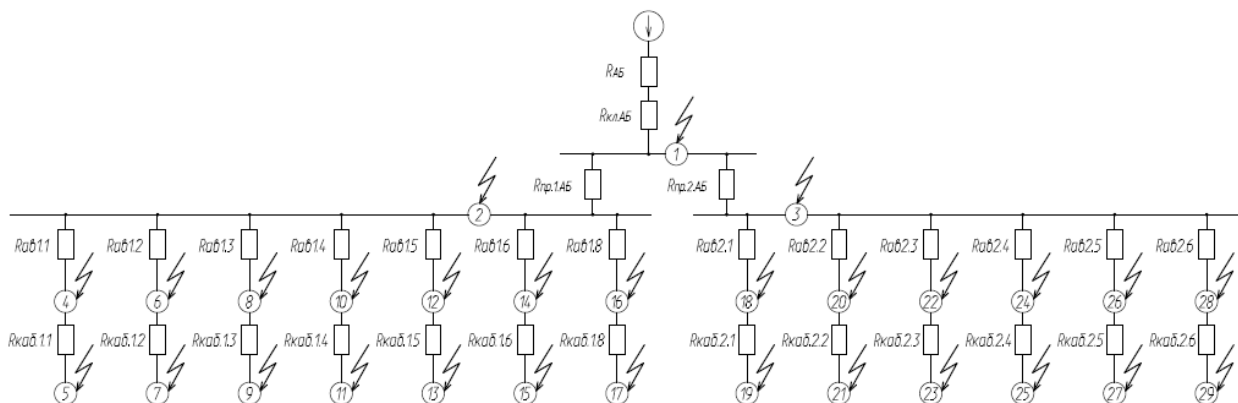


Рисунок 6.1 – Схема замещения системы СОПТ

Таблица 6.2 – Сводная таблица расчета ТКЗ в СОПТ

Наименование потребителя	Длина кабеля, l, м	Сечения 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.)	кд	Ток КЗ, (дуговой), А	Точка КЗ в конце линии	Ток КЗ, А (метал.)	кд	Ток КЗ, (дуговой в конце линии)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
1 секция	1,5	10	0,0175	0,0052	К1	845,3	0,525	443,8	-	-	-	-
1 с.ш.	-	-	-	-	К2	820,1	0,525	430,6	-	-	-	-
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2 + ЭНИП	15	2,5	0,0175	0,21	К4	565,2	0,53	299,6	К5	367,1	0,55	201,9
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №1	16	2,5	0,0175	0,224	К6	565,2	0,53	299,6	К7	358,7	0,55	197,3
Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №1	16	2,5	0,0175	0,224	К8	565,2	0,53	299,6	К9	358,7	0,55	197,3
Взвод пружин РП-35 кВ, ячейка №1	16	2,5	0,0175	0,224	К10	565,2	0,53	299,6	К11	358,7	0,55	197,3

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

27



Наименование потребителя	Длина кабеля, $l$ , м	Сечения 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.)	$K_d$	Ток КЗ, (дуговой), А	Точка КЗ в конце линии	Ток КЗ, А (метал.)	$K_d$	Ток КЗ, (дуговой в конце линии)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №1	16	2,5	0,0175	0,224	K12	565,2	0,53	299,6	K13	358,7	0,55	197,3
Шкаф РАС (ввод 1)	19	2,5	0,0175	0,266	K14	565,2	0,53	299,6	K15	335,7	0,55	184,7
Управление АВР, РУСН-0,4 кВ	20	2,5	0,0175	0,28	K16	565,2	0,53	299,6	K17	328,7	0,55	180,8
2 с.ш.	-	-	-	-	K3	820,1	0,525	430,6	-	-	-	-
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2	15	2,5	0,0175	0,21	K18	565,2	0,53	299,6	K19	367,1	0,55	201,9
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №4	13	2,5	0,0175	0,154	K20	565,2	0,53	299,6	K21	405,0	0,55	222,7
Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №4	13	2,5	0,0175	0,154	K22	565,2	0,53	299,6	K23	405,0	0,55	222,7
Взвод пружин РП-35 кВ, ячейка №4	13	2,5	0,0175	0,154	K24	565,2	0,53	299,6	K25	405,0	0,55	222,7
Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №4	13	2,5	0,0175	0,154	K26	565,2	0,53	299,6	K27	405,0	0,55	222,7
Шкаф РАС (ввод 2)	18	2,5	0,0175	0,252	K28	565,2	0,53	299,6	K29	343,1	0,55	188,7

## 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 аппарат 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.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

28

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 производится в соответствии с СТО 56947007-29.120.40.216-2016 «Методические указания по выбору оборудования СОПТ».

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

$$I_{\text{пред.}} \geq I_{\text{пт.нг.}} + I_{\text{вр.нг.}} + 0,4 \cdot I_{\text{кр.нг.}} = 2,32 + 0 + 0,4 \cdot 7,14 = 5,176 \text{ А},$$

Принимается предохранитель с номинальным током 32 А с характеристикой gG.

Проверка предохранителя на отключающую способность осуществляется согласно условиям таблицы 8.1 СТО 56947007-29.120.40.216-2016. Максимальный ток в точке К2, К3 составляет 820,1 А << 100 кА.

*Выбор защитных аппаратов в цепи ввода от ЗУ производится по условию:*

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq I_{\text{пт.нг.}} + I_{\text{вр.нг.}} + 0,4 \cdot I_{\text{кр.нг.}} = 2,32 + 0 + 0,4 \cdot 7,14 = 5,176 \text{ А},$$

Принимаем АВ номиналом 10 А с характеристикой Z.

Проверка АВ на отключающую способность осуществляется согласно условиям таблицы 8.1 СТО 56947007-29.120.40.216-2016. Максимальный ток в точке К2, К3 составляет 820,1 А << 10 кА.

*Выбор АВ для питания оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №1.:*

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq I_{\text{пт.нг.}} + I_{\text{вр.нг.}} + 0,4 \cdot I_{\text{кр.нг.}} = \frac{20}{220} + 0 + 0 = 0,091 \text{ А},$$

Применяем АВ номиналом 4 А, с характеристикой срабатывания Z.

Проверка АВ на отключающую способность осуществляется согласно условиям таблицы 8.1 СТО 56947007-29.120.40.216-2016. Максимальный ток в точке К4 составляет 565,2 А << 10 кА.

Для остальных электропотребителей выбор АВ выполняется аналогично и представлен в таблице 6.3.

Ид. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									29	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2	

Таблица 6.3 – Выбор АВ для электропотребителей системы СОПТ

Наименование потребителя	$I_{пт.нг.}, A$	$I_{вр.нг.}, A$	$0,4 \cdot I_{кр.нг.}, A$	Сумма $I, A$	$I_{ном.АВ}, A$	Ток КЗ, А (метал.)	Предельная откл. способность АВ, кА
1	2	3	4	5	6	7	8
1 с.ш.							
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2 + ЭНИП	0,182	0	0	0,182	4	565,2	< 10,0
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №1	0,454	0	0	0,454	4	565,2	< 10,0
Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №1	0,091	0	0	0,091	4	565,2	< 10,0
Взвод пружин РП-35 кВ, ячейка №1	0	0	0,908	0,908	4	565,2	< 10,0
Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №1	0,36	0	0	0,36	4	565,2	< 10,0
Шкаф РАС (ввод 1)	2,045	0	0	2,045	4	565,2	< 10,0
2 с.ш.							
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2 + ЭНИП	0,182	0	0	0,182	4	565,2	< 10,0
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №4	0,454	0	0	0,454	4	565,2	< 10,0
Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №4	0,091	0	0	0,091	4	565,2	< 10,0
Взвод пружин РП-35 кВ, ячейка №4	0	0	0,908	0,908	4	565,2	< 10,0
Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №4	0,36	0	0	0,36	4	565,2	< 10,0
Шкаф РАС (ввод 2)	2,045	0	0	2,045	4	565,2	< 10,0

Проводники в зоне защиты аппарата должны удовлетворять условию:

$$I_{ном.АВ} \leq I_{длит.доп.}$$

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

Все защитные аппараты удовлетворяют условию отключающей способности.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

30

### 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 Z.

### 6.2.3 Проверка коммутационных аппаратов на селективную работу

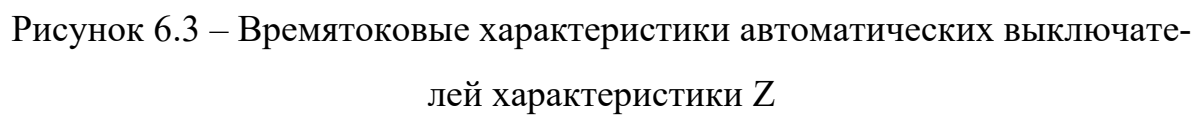
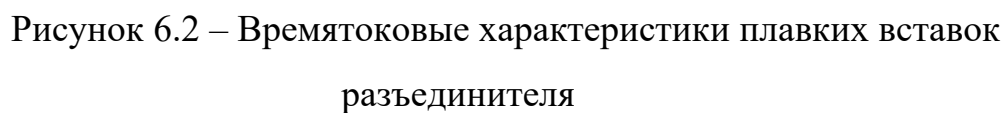
Под «селективностью» понимают совместную работу последовательно включенных аппаратов защиты электрических цепей (автоматические выключатели, плавкие предохранители) в случае возникновения аварийной ситуации.

Селективность используется при выборе номинала устройств защиты электроустановок для отключения от общей системы питания только той ее части, где 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.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2				31



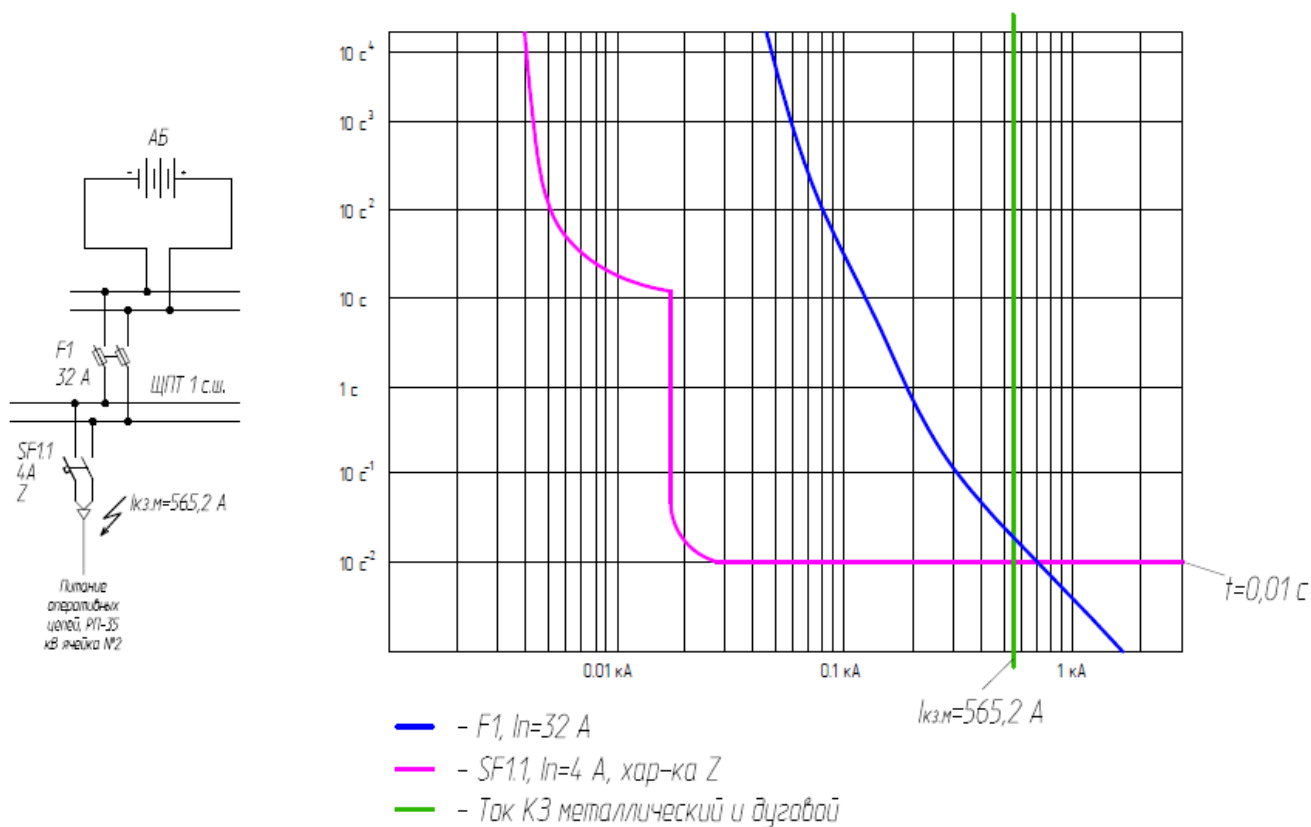


Рисунок 6.4 – Схема для проверки селективности работы коммутационных аппаратов

#### 6.2.4 Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности

Система оперативного постоянного тока предусматривается с трехступенчатым уровнем защиты:

- верхний уровень – защита разъединитель-предохранителями на вводах от АБ;
- средний уровень – защита автоматическими выключателями на вводах от ЗУ;
- нижний уровень – защита автоматическими выключателями без выдержки времени.

Чувствительность защитных элементов:

- вводных – при КЗ в основной зоне защиты и в зоне резервирования коэффициент чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ) не менее 2;
- среднего уровня – при КЗ на вводе не менее 2, в зоне резервирования не менее 1,3;

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

33

- нижнего уровня – при КЗ на входе Кч не менее 2.

Расчеты токов КЗ в системе ОПТ выполняются с учетом сопротивления дуги в месте повреждения.

Коэффициент чувствительности рассчитывается:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.min}}}{I_{\text{н.ап.}}},$$

где  $I_{\text{КЗ.min}}$  – ток короткого замыкания в конце защищаемого аппаратом участка, А;

$I_{\text{н.ап.}}$  – для автоматических выключателей – ток мгновенного расцепления, для предохранителей – номинальный ток.

Определим падение напряжения от шкафа СОПТ до потребителей на примере «Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2»:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot \rho \cdot l}{S} \cdot I_{\text{нагр.}} = \frac{2 \cdot 0,0175 \cdot 15}{2,5} \cdot 0,182 = 0,038 \text{ В},$$

где  $I_{\text{нагр.}}$  – ток нагрузки в нормальном режиме, А.

Расчет сведен в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 – Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности, расчет падение напряжения в конце линии

Наименование потребителя	Защитный аппарат			Ток КЗ дуговой, А	Кч	Допустимое значение Кч	Длина кабеля, l, м	$I_{\text{нагр.}}$ , А	$\Delta U$ , В
	Обознач. АВ	$I_n$ , А	$I_{\text{м.р.}}$ , А						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 с.ш.									
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2 + ЭНИП	SF1.1	4	18	201,9	11,22	2	15	0,182	0,038
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №1	SF1.2	4	18	197,3	10,96	2	16	0,454	0,102
Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №1	SF1.3	4	18	197,3	10,96	2	16	0,091	0,020
Взвод пружин РП-35 кВ, ячейка №1	SF1.4	4	18	197,3	10,96	2	16	2,27	0,508
Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №1	SF1.5	4	18	197,3	10,96	2	16	0,36	0,081
Шкаф РАС (ввод 1)	SF1.6	4	18	184,7	10,26	2	19	2,045	0,544

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

34

Для выполнения проверки по провалам напряжения на клеммах электроприемников при КЗ на присоединении щита постоянного тока рассчитывается остаточное напряжение на сборках щита постоянного тока по формуле:

Продолжительность провала напряжения принимается по среднему значению продолжительности короткого замыкания, определенному по защитной характеристики аппарата. Продолжительность провала напряжения допускается



принимать по минимальному значению продолжительности КЗ с учетом анализа последствий возможных нарушений в работе электроприемников.

Проверка по провалам напряжения считается выполненной, если:

- продолжительность провала напряжения не превышает 0,5 с;
- продолжительность провала напряжения не превышает 1 с при остаточном напряжении провала не менее 0,7 номинального напряжения.

Для примера выполним расчет для точки К4 при дуговом коротком замыкании в начале основной зоны защиты:

$$U_{AB} = 12 \cdot 17 - 0,015 \cdot 17 \cdot 299,6 = 204 - 76,4 = 127,6 \text{ В}$$

$$U_{\text{ост.}} = 127,6 - 299,6 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot \frac{0,0175}{10} = 127,6 - 1,57 = 126,04 \text{ В}$$

Далее для точки К5 при металлическом коротком замыкании в конце основной зоны защиты:

$$U_{AB} = 12 \cdot 17 - 0,015 \cdot 17 \cdot 367,1 = 204 - 93,6 = 110,4 \text{ В}$$

$$U_{\text{ост.}} = 110,4 - 367,1 \cdot 2 \cdot 15 \cdot \frac{0,0175}{2,5} = 110,4 - 77,09 = 33,3 \text{ В}$$

Для остальных электропотребителей расчет аналогичен и представлен в таблицах 6.5 и 6.6.

Таблица 6.5 – Результаты определения глубины и продолжительности провала напряжения на СОПТ при дуговых КЗ

Защитный аппарат	Расчетное место КЗ	Ток дугового КЗ, А	Остаточное напряжение, В (%)	Длительность провала, мс
1	2	3	4	5
1 СШ				
SF1.1	К4	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF1.2	К6	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF1.3	К8	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF1.4	К10	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF1.5	К12	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF1.6	К14	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF1.8	К16	299,6	126,04 (61,8%)	10
2 СШ				
SF2.1	К18	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF2.2	К20	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF2.3	К22	299,6	126,04 (61,8%)	10

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

36

SF2.4	K24	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF2.5	K26	299,6	126,04 (61,8%)	10
SF2.6	K28	299,6	126,04 (61,8%)	10

Таблица 6.6 – Результаты определения глубины и продолжительности провала напряжения на СОПТ при металлических КЗ

Защитный аппарат	Расчетное место КЗ	Ток металлических КЗ, А	Остаточное напряжение, В (%)	Длительность провала, мс
1	2	3	4	5
1 СШ				
SF1.1	K5	367,1	33,3 (16,3%)	10
SF1.2	K7	358,7	32,16 (15,8%)	10
SF1.3	K9	358,7	32,16 (15,8%)	10
SF1.4	K11	358,7	32,16 (15,8%)	10
SF1.5	K13	358,7	32,16 (15,8%)	10
SF1.6	K15	335,7	29,07 (14,3%)	10
SF1.8	K17	328,7	28,13 (13,8%)	10
2 СШ				
SF2.1	K19	367,1	33,3 (16,3%)	10
SF2.2	K21	405,0	38,37 (18,8%)	10
SF2.3	K23	405,0	38,37 (18,8%)	10
SF2.4	K25	405,0	38,37 (18,8%)	10
SF2.5	K27	405,0	38,37 (18,8%)	10
SF2.6	K29	343,1	30,06 (14,7%)	10

### 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:

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

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

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

По расчетному току нагрузки выбираем тип кабеля.

Допускаемая нагрузка с учетом поправочного коэффициента 0,85 составит:

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

37

$$I_{дон} = I_{до} \cdot 0,85 ,$$

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

Проверка осуществляется по условию:

$$I_{дон} \geq I_{нагр.р} .$$

### 6.3.2 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:  $I_{пред.доп.} > I_{КЗ}$ , где:

$$I_{пред.доп.} = \frac{C_T \cdot s}{\sqrt{t_{откл.}}} = \frac{103 \cdot 2,5}{\sqrt{0,01}} = 2575 \text{ А},$$

где  $C_T$  – постоянная, для медных кабелей с ПВХ изоляцией, 103 А·с<sup>0,5</sup>/мм<sup>2</sup>;

$s$  – сечение жил медного кабеля, мм<sup>2</sup>;

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

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

Для остальных потребителей расчет аналогичен и приведен в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Таблица проверки кабеля на термическую стойкость

Наименование потреби- теля	$C_T$ , А·с <sup>0,5</sup> /мм <sup>2</sup>	$s$ , мм <sup>2</sup>	$t_{откл.}$ , с	$I_{пред.доп.}$ , А	$I_{КЗ}$ , А
1 с.ш.					
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2 + ЭНИП	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №1	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №1	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Взвод пружин РП-35 кВ, ячейка №1	103	2,5	0,01	2575 >	565,2

Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №1	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Шкаф РАС (ввод 1)	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Управление АВР, РУСН-0,4 кВ	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
2 с.ш.					
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2 + ЭНИП	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №4	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №4	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Взвод пружин РП-35 кВ, ячейка №6	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №4	103	2,5	0,01	2575 >	565,2
Шкаф РАС (ввод 2)	103	2,5	0,01	2575 >	565,2

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

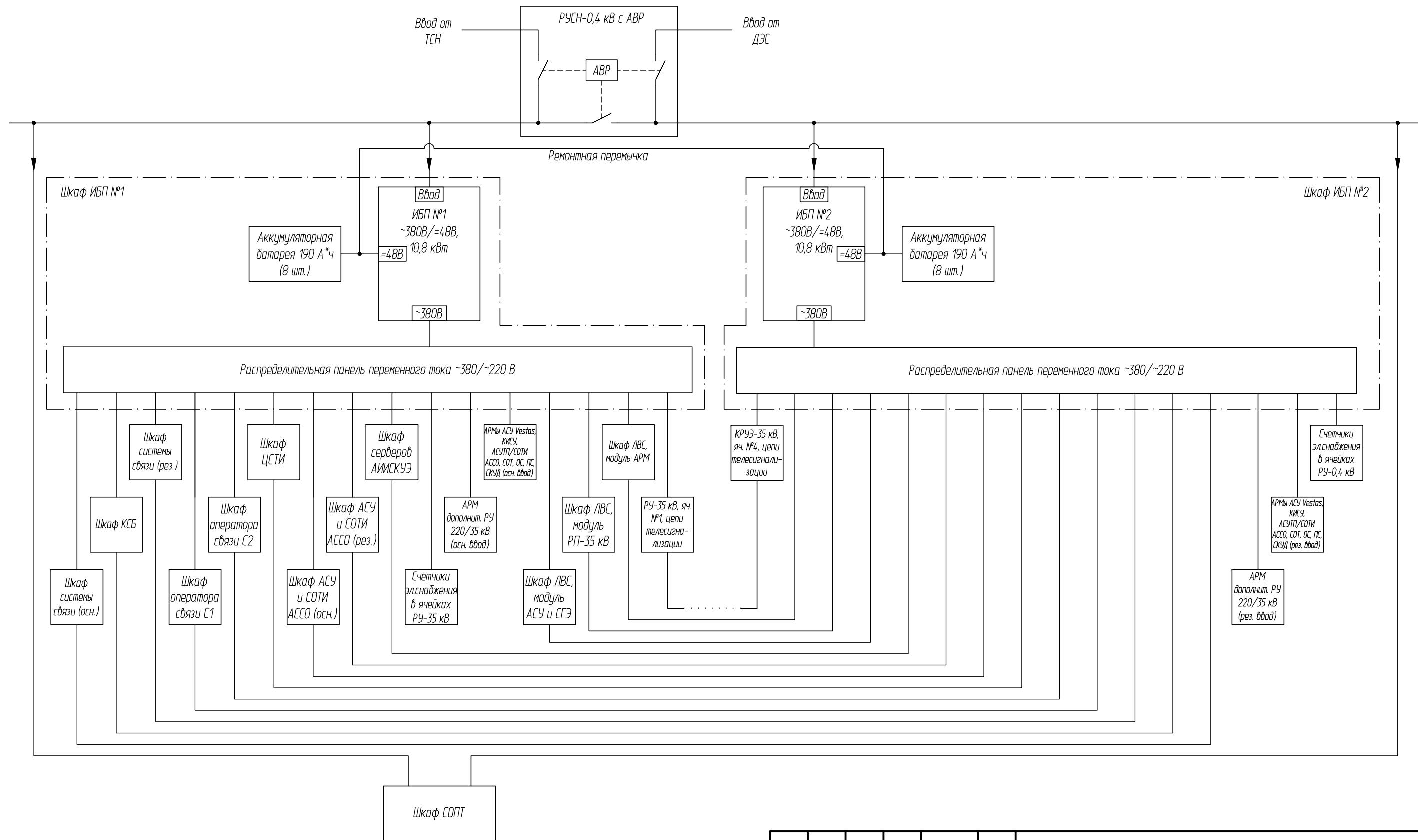
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛОЗ.2

Лист

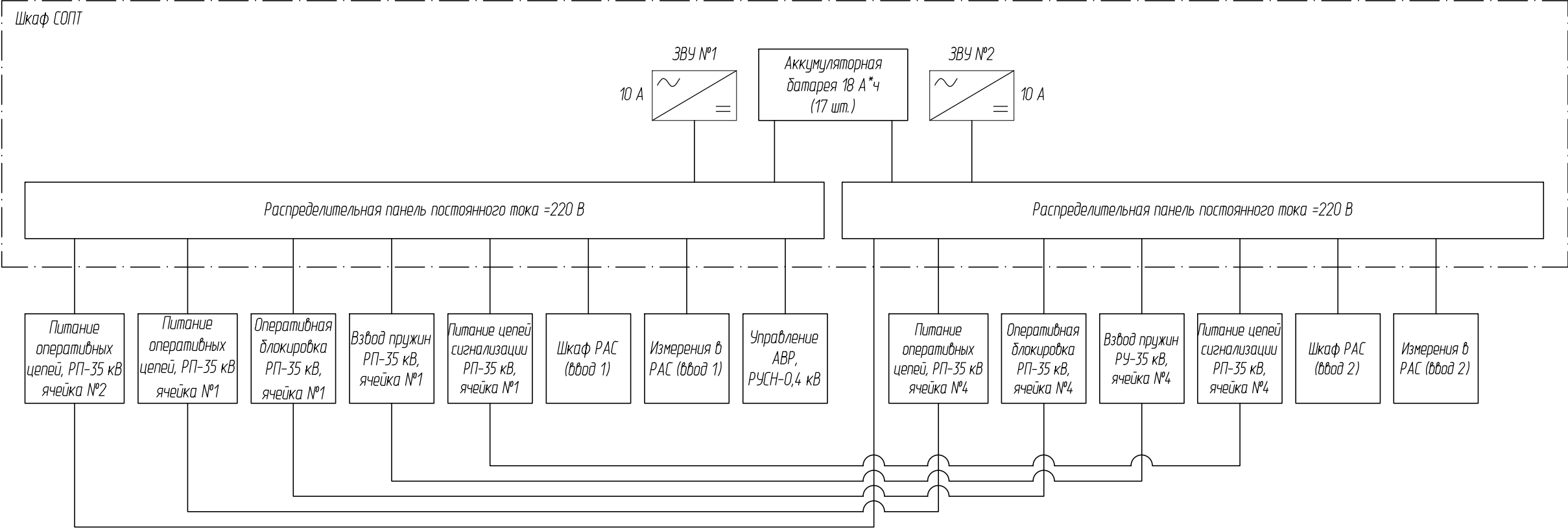
39





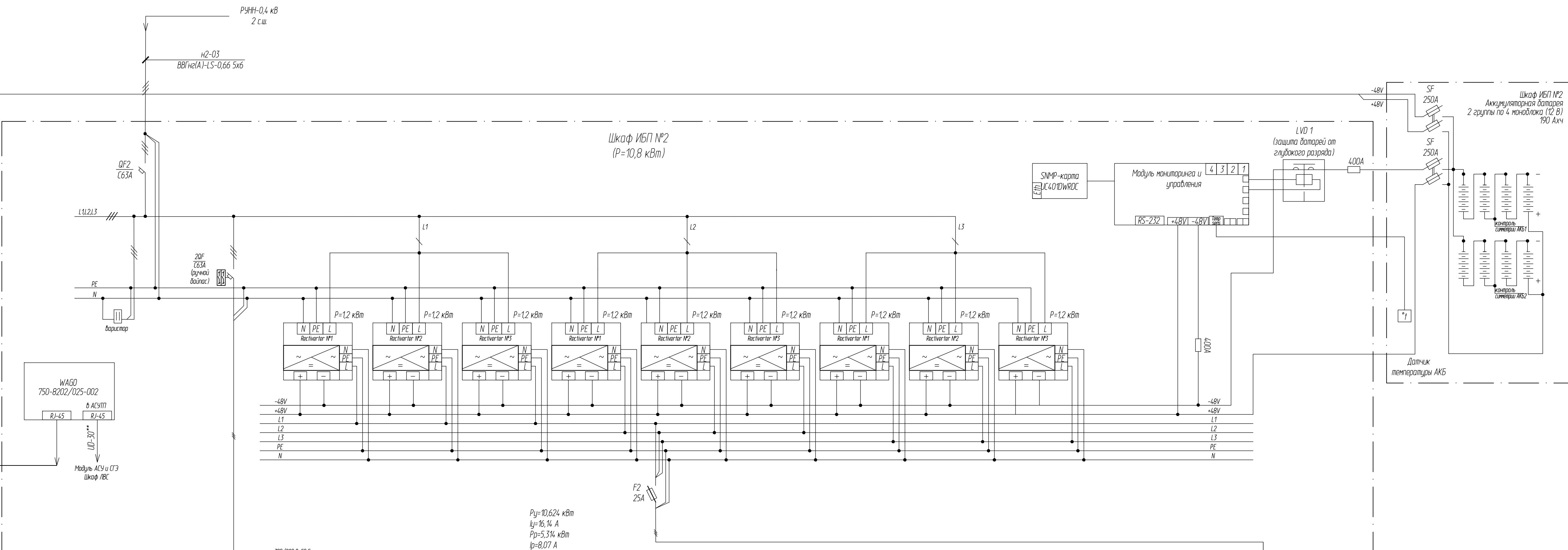
Согласовано				
Взам. инв. N				
Подл. и дата				
Инв. N подл.				

						ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛО3.2.01		
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Покровская ВЭС. Ветропарная электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги" "Второй этап строительства"	Стадия	Лист
Разработал		Белога			01.21			Листов
Проверил		Вершинин			01.21		П	1
Нач. отд.		Вершинин			01.21			
Н. контр.		Пирогова			01.21			
Утв.						Схема структурная системы гарантированного электропитания	ООО "ЕРСМ Сибдир"	
ГИП		Бондарчук			01.21			



Согласовано			
Взам. инв. N			
Подл. и дата			
Инв. N подл.			

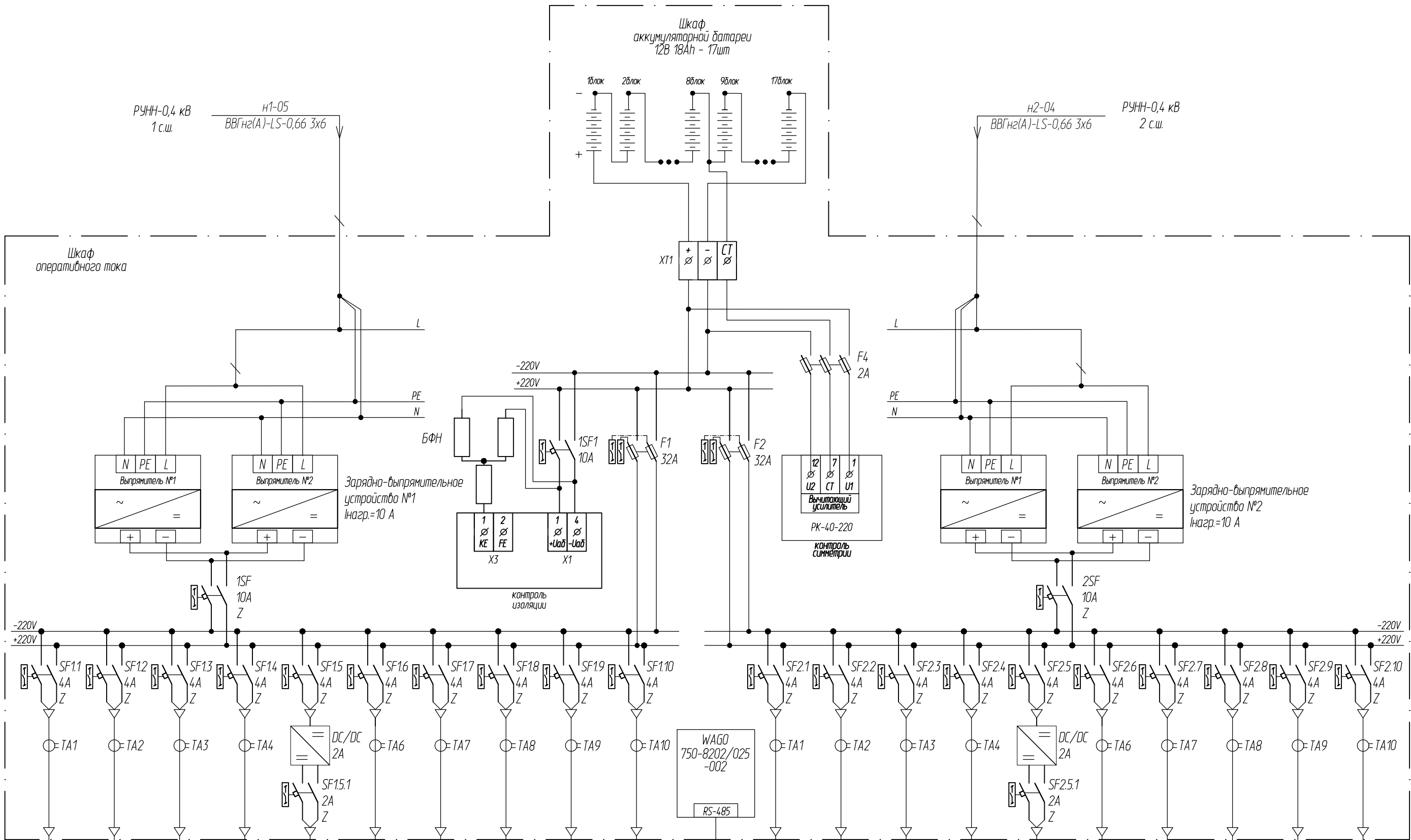
						ВЭС000107.356.2.12-И/ОЗ.2.02		
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Покровская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги" "Второй этап строительства"	Стадия	Лист
Разработал		Белова			01.21			
Проверил		Вершинин			01.21			
Нач. отд.		Вершинин			01.21		П	1
Н. контр.		Пирогова			01.21			
Утв.						Схема структурная системы оперативного тока	ООО "ЕРСМ Сибдери"	
ГИП		Бондарчук			01.21			

[illegible]

Ячейка №1	Ячейка №2	Ячейка №3	Ячейка №4

Φορτωτή Α3Χ5

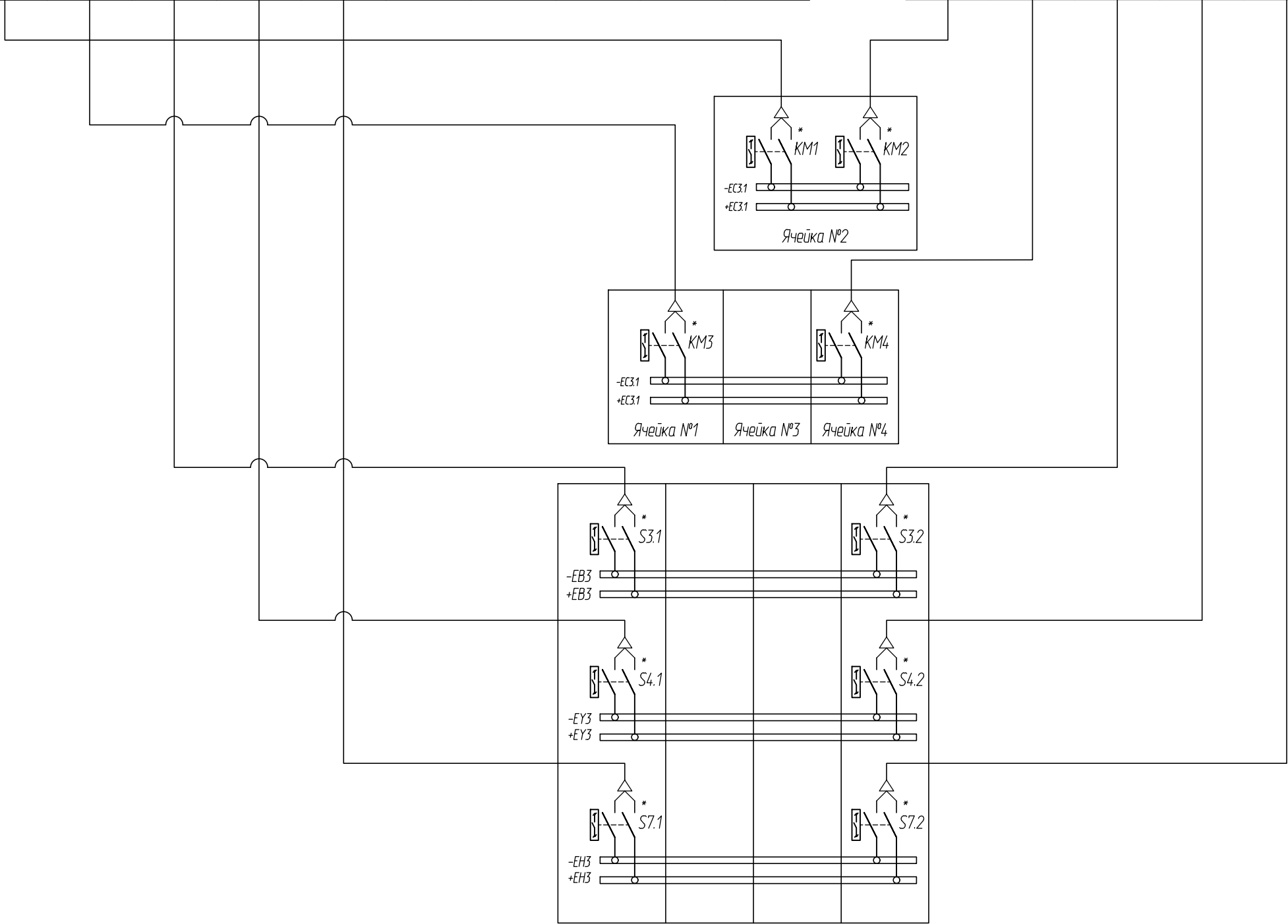




Номинальный ток, In, А; Характеристика АВ; Количество полюсов; Номинальная отключающая способность, кА	Маркировка участка Марка, сечение и длина проводника	
Руст., кВт		
трасч., А		
Наименование потребителя		

40 Вт	100 Вт	20 Вт	500 Вт	80 Вт	450 Вт	-	-	-	-
0,182	0,454	0,091	2,27	0,36	2,045	-	-	-	-
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2 + ЭНП	Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №1	Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №1	Ввод пружин РП-35 кВ, ячейка №1	Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №1	Шкаф РАС (ввод 1)	Измерения в РАС (ввод 1)	Управление АВР, РУСН-0,4 кВ	Резерв	Резерв

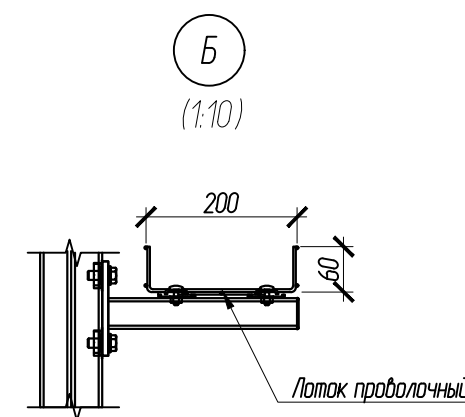
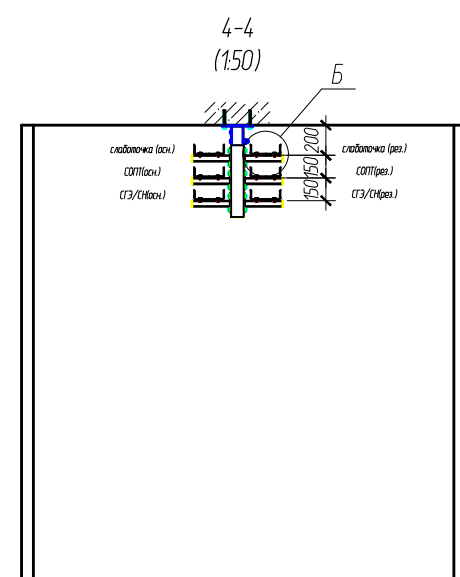
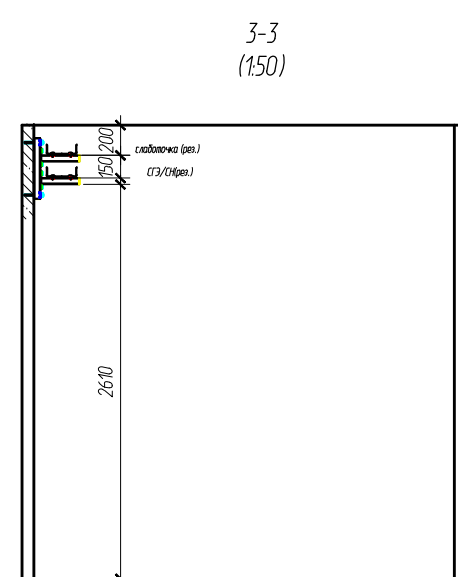
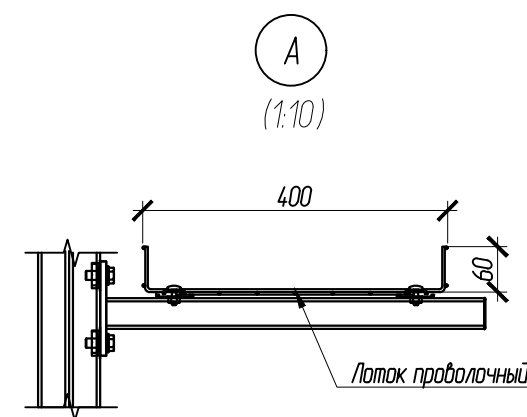
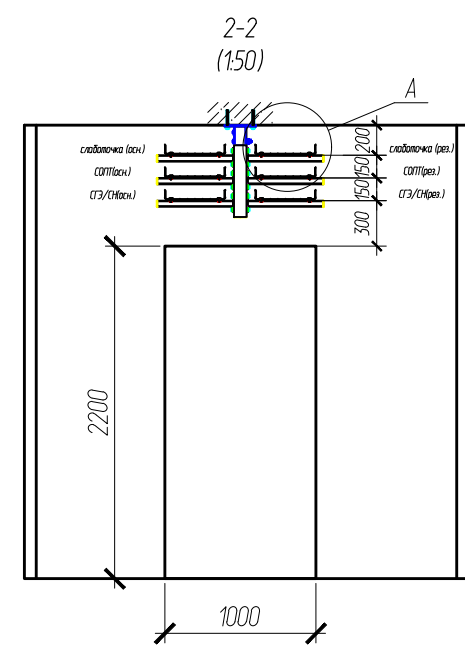
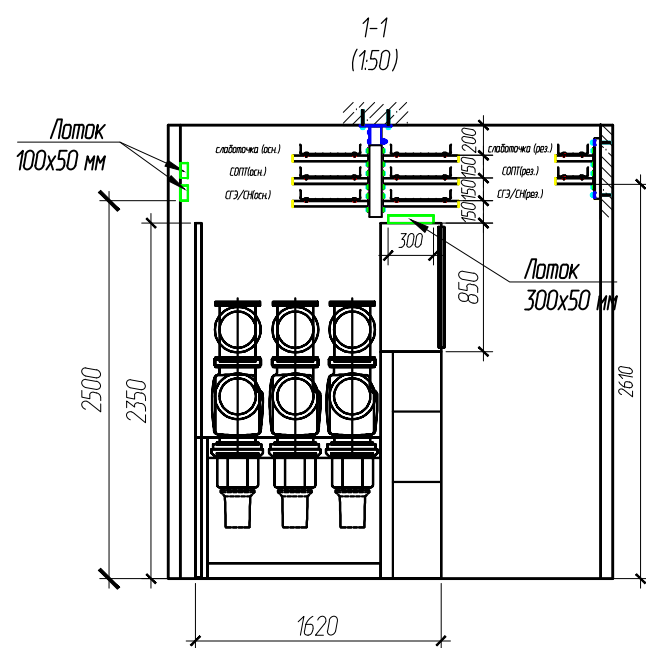
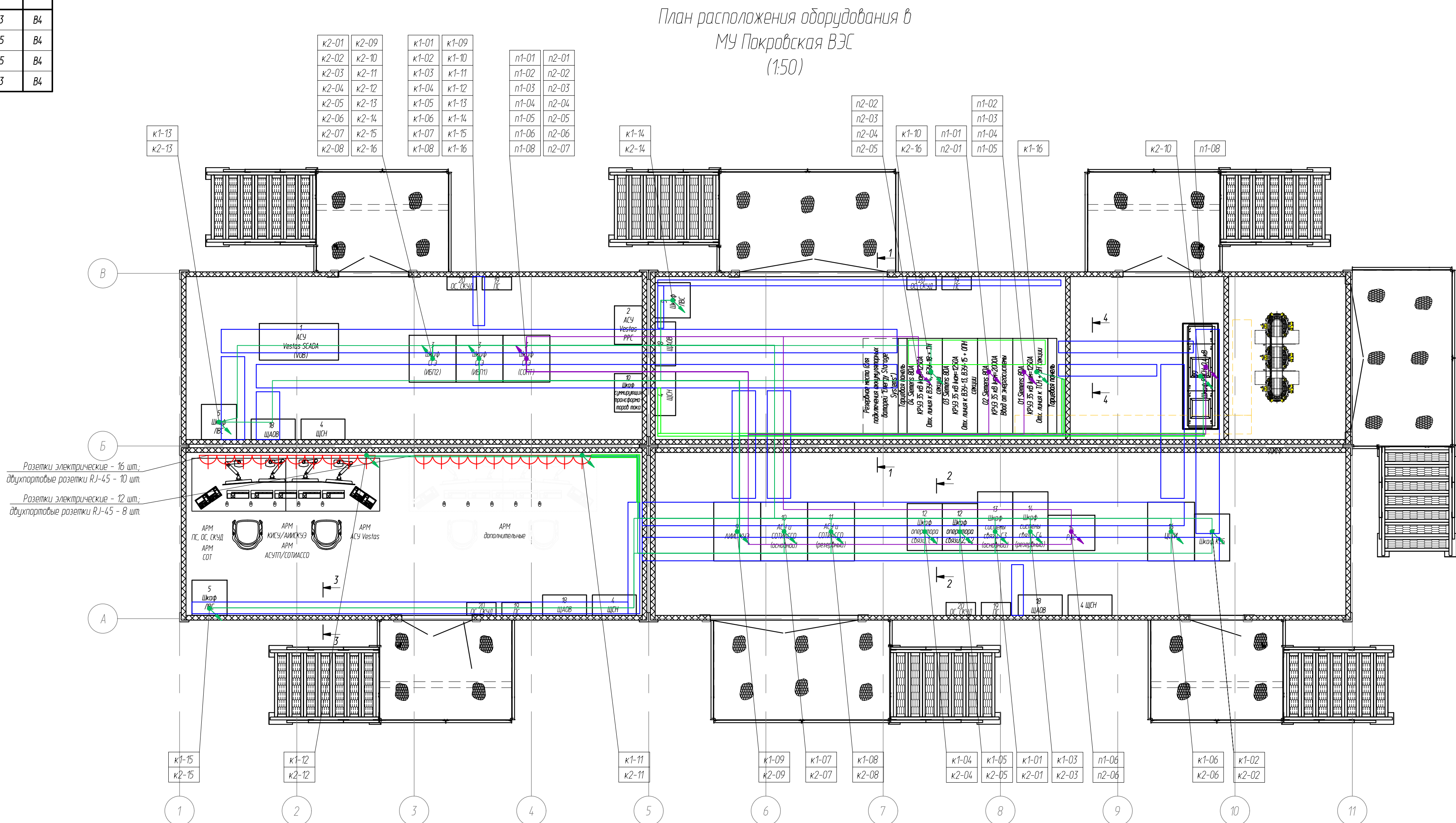
40 Вт	100 Вт	20 Вт	500 Вт	80 Вт	450 Вт	-	-	-	-
0,182	0,454	0,091	2,27	0,36	2,045	-	-	-	-
Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2 + ЭНП	Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №4	Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №4	Ввод пружин РП-35 кВ, ячейка №4	Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №4	Шкаф РАС (ввод 2)	Измерения в РАС (ввод 2)	Резерв	Резерв	Резерв



- 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, 4 предусматриваются модульные контакторы с дополнительными контактами положения  
"вкл./выкл." и выключатели нагрузки в соответствии с данной схемой;  
4 Для цепей оперативной блокировки после устройства DC/DC установить на каждую секцию систему общего контроля изоляции;  
5 \* - оборудование учтено в релейных панелях в составе КРУЗ-35 кВ;  
6 \*\* - кабели электропитания измерений для РАС учтены в теме ВЭС000107.356.2.12-ИЛО3.3;  
7 Кабели СН-0,4 кВ марки H1-05, H2-04 учтены в теме ВЭС000107.356.2.12-ИЛО3.1;  
8 Нумерация кабельных линий на схеме предварительная и будет уточнена на стадии рабочей документации.










						ВЭС000107.356.2.12-ИЛО3.2.04			
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Покровская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги" "Второй этап строительства"	Стация	Лист	Листов
Разработал		Белова			01.21		П		1
Проверил		Вершинин			01.21				
Нач. отд.		Вершинин			01.21				
Н. контр.		Пирогова			01.21				
Утв.						Схема электрическая системы оперативного тока	ООО "ЕПСМ Сибири"		
ГМП		Бондарчук			01.21				

Экспликация помещений			
№ помещения	Наименование помещения	Площадь, м²	Кол. пом.
1	Модуль АСУ и ОЗ	216,3	В4
2	Модуль РП-35 кВ	32,75	В4
3	Модуль систем	32,75	В4
4	Модуль МЩУ	216,3	В4








Поз.	Наименование	Ед	Кол-во	Производитель
1	Щкаф АСУ Vestas SCADA (VOB)	шт.	1	В паспорт ВЭУ
2	Щкаф АСУ Vestas PPS	шт.	2	В паспорт ВЭУ
3	Щкафы СЭЗ (системы гарантированного электроснабжения в составе ИБП №1, ИБП№2, СОВТ)	шт.	3	ВЭСО0007.356.2.12-И003.2
4	ЩСН модульного здания	шт.	5	В паспорт МУ
5	Щкаф ЛВС (для организации доступа к ЛВС)	шт.	4	ВЭСО0007.356.2.12-И004.1
6	ТСН типа ТСЛ-100/35-УЗ	шт.	2	В паспорт МУ
7	АРМ	шт.	5	ВЭСО0007.356.2.12-И004.1 ВЭСО0007.356.2.12-И003.4 ВЭСО0007.356.2.12-И003.5
8	Распределительное устройство 35кВ КРУЭ 80А Siemens	шт.	11	В паспорт МУ
9	АМИС КРУЭ Щкаф серверов	шт.	1	ВЭСО0007.356.2.12-И003.4
10	Щкаф АСУ и СОТИ АССО основной	шт.	1	ВЭСО0007.356.2.12-И003.5
11	Щкаф АСУ и СОТИ АССО Резервный	шт.	1	ВЭСО0007.356.2.12-И003.5
12	Системы связи. Щкаф оператора связи (С1, С2)	шт.	2	ВЭСО0007.356.2.12-И004.1
13	Щкаф системы связи Основной (С3)	шт.	1	ВЭСО0007.356.2.12-И004.1
14	Щкаф системы связи Резервный (С4)	шт.	1	ВЭСО0007.356.2.12-И004.1
15	Щкаф РАС (регистратор аварийных событий)	шт.	1	ВЭСО0007.356.2.12-И003.3
16	Щкаф ЦСИ (центра сбора технологической информации)	шт.	1	По отдельному плану
17	Щкаф КСБ	шт.	1	ВЭСО0007.356.2.12-И004.1
18	Щит автоматики отопления вентиляции (ЩАОВ)	шт.	5	В паспорт МУ
19	Щкаф пожарной сигнализации (ПС)	шт.	5	В паспорт МУ
20	Щкаф системы безопасности и охранной сигнализации (ОС, СКУД)	шт.	5	В паспорт МУ
21	Щкаф РУСН-0,4 кВ	шт.	1	В паспорт МУ
22	Щкаф тепловой защиты трансформатора (ШТЗ)	шт.	2	В паспорт МУ

Условные обозначения:

-  - кабельные конструкции в МУ;
-  - кабельные конструкции для КЛ-35 кВ;
-  - кабельные лотки;
-  - кабели системы СГЗ;
-  - кабели системы СМТ;
-  - кабели системы СГЗ, прокладываемые в кабельном лотке;
-  - подъем кабеля;
-  - спуск кабеля;
-  - силовая электрическая розетка, 16А, 250В.

Примечания:

2 Кабель, прокладываемый внутри одного модуля, поставляется комплектно с завода-изготовителя. Кабельные связи между модулями прокладываются под потолком модулями по кабельным конструкциям, поставляемым комплектно с завода-изготовителя.

						ВЭС000107.356.2.12-ИЛО3.2.05		
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Разработал	Белоба		0121			Ветропарк электрическая станция, вытуприлощадочные отдельные двора "Второй этап строительства"	Страница	Лист
Проверил	Вершинин		0121				П	
Нач. отд.	Вершинин		0121					1
И контр.	Пирогова		0121					
Учт.								
ГИП	Бондарчук		0121			План раскладки кабелей систем СГЭ и СОПТ в МУ Покровская ВЭС	ООО "ЕРСМ Сибдир"	

ВНИМАНИЕ!

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

Согласовано		
Взам. инв. N		
Подл. и дата		
Инв. N 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).

						ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛО3.2.КЖ			
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Покровская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги" "Второй этап строительства"	Стадия	Лист	Листов
Разработал		Белога			01.21		П	1	3
Проверил		Вершинин			01.21				
Нач. отд.		Вершинин			01.21				
Н. контр.		Пирогова			01.21				
Утв.						Кабельный журнал	ООО "ЕРСМ Сибдери"		
ГИП		Бондарчук			01.21				

Марка кабеля	Заводская марка кабеля				Число используемых жил		Направление кабеля		Способ прокладки					Длина, м		Примечание	50
	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																	
к1-01	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф системы связи, С3 (основной), вход 1				18		18			
к1-02	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф системы безопасности КСБ, вход 1				22		22			
к1-03	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф системы связи, С4 (резервный), вход 1				19		19			
к1-04	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф оператора связи С1, вход 1				16		16			
к1-05	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф оператора связи С2, вход 1				17		17			
к1-06	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф ЦСТИ, вход 1				21		21			
к1-07	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной), вход 1				14		14			
к1-08	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный), вход 1				15		15			
к1-09	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф серверов АИМСКУЭ, вход 1				12		12			
к1-10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Счетчики электроснабжения в ячейках РУ-35 кВ, ячейка №6				14		14			
к1-11	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	АРМ дополнит. РУ 220/35 кВ, осн. вход				22		22			
к1-12	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	АРМы АСУ Vestas, КИСУ, АСУТП/СОТИ АССО, СОТ, ОС, ПС, СКУД, осн. вход				17		17			
к1-13	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф ЛВС, модуль АСУ и СГЭ (вход 1)				11		11			
к1-14	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф ЛВС, модуль РП-35 кВ (вход 1)				10		10			
к1-15	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф ЛВС, модуль АРМ (вход 1)				24		24			
к1-16	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП1, модуль АСУ и СГЭ	РУ-35 кВ, яч. №1, цепи телесигнализации				18		18			
к2-01	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф системы связи, С3 (основной), вход 2				18		18			
к2-02	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф системы безопасности КСБ, вход 2				22		22			
к2-03	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф системы связи, С4 (резервный), вход 2				19		19			
к2-04	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф оператора связи С1, вход 2				17		17			
к2-05	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф оператора связи С2, вход 2				18		18			
к2-06	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф ЦСТИ, вход 2				22		22			
к2-07	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (основной), вход 2				14		14			
к2-08	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф АСУ и СОТИ АССО (резервный), вход 2				15		15			
к2-09	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф серверов АИМСКУЭ, вход 2				15		15			
к2-10	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Счетчики электроснабжения в ячейках РУ-0,4 кВ				22		22			
к2-11	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	АРМ дополнит. РУ 220/35 кВ, рез. вход				19		19			
к2-12	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	АРМы АСУ Vestas, КИСУ, АСУТП/СОТИ АССО, СОТ, ОС, ПС, СКУД, рез. вход				23		23			
Взам. инв. №	Подл. и дата	Инв. № подл.															Лист
			ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛО3.2.КЖ														2
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата												



Марка кабеля	Заводская марка кабеля				Число используемых жил		Направление кабеля		Способ прокладки					Длина, м		Примечание	51
	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	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф ЛВС, модуль АСУ и СГЭ (ввод 2)				10		10			
к2-14	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф ЛВС, модуль РП-35 кВ (ввод 2)				10		10			
к2-15	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	Шкаф ЛВС, модуль АРМ (ввод 2)				26		26			
к2-16	ВВГЭнг(А)-LS-0,66	3х2,5			3		Шкаф ИБП2, модуль АСУ и СГЭ	РУ-35 кВ, яч. №13, цепи телесигнализации				15		15			
Кабели системы оперативного постоянного тока																	
n1-01	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 1 с.ш.	Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2				15		15			
n1-02	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 1 с.ш.	Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №1				16		16			
n1-03	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 1 с.ш.	Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №1				16		16			
n1-04	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 1 с.ш.	Взвод пружин РП-35 кВ, ячейка №1				16		16			
n1-05	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 1 с.ш.	Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №1				16		16			
n1-06	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 1 с.ш.	Шкаф РАС (ввод 1)				19		19			
n1-08	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 1 с.ш.	Управление АВР, РУСН-0,4 кВ				20		20			
n2-01	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 2 с.ш.	Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №2				15		15			
n2-02	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 2 с.ш.	Питание оперативных цепей, РП-35 кВ ячейка №4				13		13			
n2-03	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 2 с.ш.	Оперативная блокировка РП-35 кВ, ячейка №4				13		13			
n2-04	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 2 с.ш.	Взвод пружин РУ-35 кВ, ячейка №4				13		13			
n2-05	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 2 с.ш.	Питание цепей сигнализации РП-35 кВ, ячейка №4				13		13			
n2-06	КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5			2		Шкаф СОПТ, 2 с.ш.	Шкаф РАС (ввод 2)				18		18			
Сводная спецификация кабеля																	
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	3х2,5	3	32				555		555								
КВВГЭнг(А)-LS-0,66	2х2,5	2	13				203		203								
Взам. инв. N	Подл. и дата	Инв. N подл.													Лист		
															3		
									Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	ВЭС000107.356.2.1.2-ИЛО3.2.КЖ		

