



**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»

«Ивановская ВЭС».

«Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».

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

## Проектная документация

Раздел 4 «Здания, строения и сооружения,  
входящие в инфраструктуру линейного объекта»

Подраздел 3 «Система электроснабжения»

Книга 1 «Электротехнические решения»

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

ООО «ЕРСМСибири»

Заказчик – ООО «ДЕВЯТЫЙ ВЕТРОПАРК ФРВ»

«Ивановская ВЭС».

«Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».

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

## Проектная документация

Раздел 4 «Здания, строения и сооружения,  
входящие в инфраструктуру линейного объекта»

Подраздел 3 «Система электроснабжения»

Книга 1 «Электротехнические решения»

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛО3.1

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

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

Технический директор

А.А. Лушников

Главный инженер проекта

Бондарчук А.Н.








*Handwritten signatures in blue ink.*

2021

## Содержание тома

Лист	Наименование	Примечание
2	Содержание тома	
4	Справка главного инженера проекта	
5	1 Общая часть	
5	1.1 Основания для разработки проектной документации	
5	1.2 Краткое содержание и общие сведения о Ивановская ВЭС	
6	2 Схема электрических соединений и основные компоновочные решения	
8	3 Собственные нужды	
8	3.1 Общие решения по системе СН	
10	3.2 Выбор автоматических выключателей	
13	3.3 Расчет токов КЗ	
21	3.4 Проверка коммутационных аппаратов на селективность	
26	3.5 Выбор и проверка кабелей 0,4 кВ	
34	4 Проверка оборудования 35 кВ на устойчивость к токам КЗ	
35	4.1 Выбор ячеек РУ-35 кВ МУ Ивановская ВЭС	
36	4.2 Выбор вакуумных выключателей ячеек 35 кВ	
37	4.3 Выбор трансформаторов тока ячеек КРУ 35 кВ	
38	4.4 Выбор индуктивных трансформаторов напряжения 35 кВ	
39	4.5 Выбор разъединителей 35 кВ	
40	5 Молниезащита и заземление	
40	5.1 Молниезащита	
41	5.2 Перечень мероприятий по заземлению (занулению)	
54	Схема электрическая главная. Ивановская ВЭС	

Взам инв. №		40	5 Молниезащита и заземление								
		40	5.1 Молниезащита								
		41	5.2 Перечень мероприятий по заземлению (занулению)								
		54	Схема электрическая главная. Ивановская ВЭС								
Подп. и дата											
								ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1-С			
		Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата				
Инв. № подл.		ГИП		Бондарчук			19.02.21	«Ивановская ВЭС». «Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги». Этап 2. «Ивановская ВЭС»: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС). Электротехнические решения. Содержание тома	Стадия	Лист	Листов
		Н.контр.		Пирогова			19.02.21		П	1	2
		Нач. отд.									
		Пров.		Вершинин			19.02.21				
		Разраб.		Егоров			19.02.21				



EPSCM Сибирь  
Engineering Procurement Construction Management

			3
55	Схема электрическая СН-0,4 кВ МУ Ивановская ВЭС		
56	Расчет ТСН 35/0,4 100 кВА		
57	План расположения оборудования в МУ Ивановская ВЭС		
58	Фасады модуля управления		
59	План раскладки кабелей системы СН-0,4 кВ в здании МУ Ивановская ВЭС		
60	План заземления МУ Ивановская ВЭС и ДЭС		
61	Кабельный журнал		
64	Спецификация оборудования, изделий и материалов		
66	Приложение А – Опросный лист РУ 35 кВ		

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

						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1-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

Бондарчук А.Н.

Взам инв. №		Подп. и дата								
Инв. № подл.								ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1-СГИ		
		Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата			
		ГИП	Бондарчук				19.02.21	«Ивановская ВЭС». «Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги». Этап 2. «Ивановская ВЭС»: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС). Электротехнические решения. Справка главного инженера		
		Н.контр.	Пирогова				19.02.21			
		Нач. отд.								
Пров.	Вершинин				19.02.21					
Разраб.	Егоров				19.02.21					
		Стадия	Лист	Листов						
		П	1	1						
		 <b>ЕРСМ Сибири</b> Engineering Procurement Construction Management								

## 1 Общая часть

### 1.1 Основания для разработки проектной документации

Проектная документация «Ивановская ВЭС». «Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги» Этап 2. «Ивановская ВЭС»: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС) выполнена на основании следующих документов:

- Договор подряда на выполнение проектно-изыскательских работ №244/2020-ВФРВ от 22.12.2020г.

- Техническое задание на выполнение проектно-изыскательских работ по Объектам «Покровская ВЭС», «Ивановская ВЭС» располагаемых на территории Красноармейского муниципального района Самарской области.


- Задание на проектирование на разработку проекта «Ивановская ВЭС». «Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги».

В настоящей части проектной документации рассмотрены электротехнические решения II этапа строительства «Ивановская ВЭС» максимальной мощностью 50,05 МВт, располагается на территории Красноармейского муниципального района Самарской области в составе:

- модуль управления ВЭС;
- кабельные линии 35 кВ и 0,4 кВ;
- дизельная электростанция (ДЭС) 0,4 кВ.

Административно участок проектируемой ВЭС расположен на территории Красноармейского муниципального района Самарской области.

Решения по КЛ 35 кВ приведены в томе ВЭС000107.356.3.1.2-ТКР «Кабельные сети».

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1			
Изм. № подл.	ГИП	Бондарчук			19.02.21	«Ивановская ВЭС». «Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги». Этап 2. «Ивановская ВЭС»: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС). Электротехнические решения.	Стадия	Лист	Листов
	Н.контр.	Пирогова			19.02.21		П	1	47
	Нач. отд.								
	Пров.	Вершинин			19.02.21				
	Разраб.	Егоров			19.02.21				



Модуль управления ВЭС представляет собой комплектно-блочный модуль, разделённый на транспортировочные блоки-контейнеры с подготовленными межблочными и внешними связями.

МУ ВЭС поставляется полностью укомплектованным инженерными системами в составе ОПС, СКУД, СОВН, ОВиК и системами собственных нужд.

План расположения оборудования в МУ ВЭС представлен на чертеже ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1.07 данного тома.

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

						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							3
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

### 3 Собственные нужды

#### 3.1 Общие решения по системе СН

Основное питание потребителей 0,4 кВ МУ ВЭС предусматривается от ТСН 35/0,4 кВ, устанавливаемого в МУ ВЭС. ТСН 35/0,4 кВ получает питание с РП-35 кВ МУ Гражданская ВЭС по кабелю АПвВнг(А)-LS-35 3(1×120/16).

В связи с наличием в МУ ВЭС потребителей 1 категории, предусматривается резервный источник питания – дизельная электростанция (ДЭС), расположенная в блок-контейнере на двухосном прицепе, установленная рядом с модулем управления ВЭС.

Запуск ДЭС и перевод питания СН на ДЭС осуществляется в автоматическом режиме при пропадании питания по основному вводу (от ТСН).

Полная нагрузка собственных нужд модуля управления ВЭС в зимний период составляет:

$$S_p=72,885 \text{ кВА}, I_p.=110,8 \text{ А}.$$

Расчет мощности ТСН представлен на чертеже ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1.03 данного тома.

Мощность ДЭС выбирается с возможностью включения на полную нагрузку СН.

Принята к установке ДЭС мощностью 100 кВА.

Требования к ДЭС:

- номинальная мощность 100 кВА;
- напряжение ~400/230 В;
- исполнение в утепленном блок-контейнере типа "СЕВЕР"
- 2-я степень автоматизации в соответствии с ГОСТ 33105-2014.
- бак запаса топлива ДЭС рассчитан на 24 часа непрерывной работы при автономной работе на расчетной нагрузке без дозаправки.
- возможность запуска на полную нагрузку СН ( $\approx 80$  кВА).
- установка на двухосном прицепе.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

4



### 3.2 Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели выбраны и проверены по номинальному напряжению, по номинальному току, по отключающей способности и проверены на динамическую и термическую стойкости при КЗ, по чувствительности к токам КЗ в конце защищаемой линии. Уставка отсечки на автоматических выключателях вводных и отходящих линий приведена ниже на карте уставок автоматических выключателей.

В соответствии с п.1.7.79 и п. 7.3.139 ПУЭ в системе TN время автоматического отключения питания не должно превышать значений для номинального фазного напряжения 230 В – 0,4 с, для номинального фазного напряжения 400 В – 0,2 с.

Автоматические выключатели предназначены для защиты цепей переменного тока с сохранением рабочих характеристик при многократных срабатываниях.

Выбор автоматических выключателей (далее АВ) произведен исходя из условий (А.В. Беляев «Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ», п.5 (Москва: Энергоатомиздат, 1988)):

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}},$$

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

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

Ток срабатывания отсечки электронного (электромагнитного) расцепителя определяется:

$$I_{\text{со.АВ}} > I_{\text{н.расч.}} \cdot n,$$

где  $n$  – значение кратности (с учетом пусковых токов для двигательной нагрузки);

$I_{\text{со.АВ}}$  – ток срабатывания отсечки, А;

$I_{\text{н.расч.}}$  – ток расчетный, А.

Проверка автоматических выключателей производится по условиям:

1. Отключающей способности

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} < I_{\text{откл.АВ}},$$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

6





№	Наименование потребителя	U <sub>ном</sub> , В	Ток нагруз-ки, А	I <sub>ном.</sub> АВ, А	I <sub>со.АВ</sub> , А	I <sub>кз</sub> <sup>(3)</sup> , А	I <sub>откл.АВ</sub> , кА	i <sub>уд.</sub> <sup>(3)</sup> , кА	i <sub>дин.АВ</sub> , кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
При питании РУСН-0,4 кВ от ТСН									
25	Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	230	0,55	6	30	3064,33	< 4,5	5,03	< 6,0
26	Освещение панелей КРУ-35 кВ	230	0,64	6	30	3064,33	< 4,5	5,03	< 6,0
27	Освещение шкафов модуля систем	230	0,91	6	30	3064,33	< 4,5	5,03	< 6,0
28	Антиконденсетный обогрев КРУЭ-35 кВ	230	0,2	6	60	3064,33	< 4,5	5,03	< 6,0
29	ШТЗ	230	0,1	6	60	3064,33	< 4,5	5,03	< 6,0
При питании РУСН-0,4 кВ от ДЭС									
1	РУСН-0,4 кВ	400	113,44	160	640	1359,00	<4,5	1,36	< 6,0
2	Шкаф АСУ Vestas PPC	230	5,1	16	160	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
3	Шкаф АСУ Vestas SCADA	230	17,73	32	320	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
4	Шкаф ИБП №1	400	15,95	32	320	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
5	Шкаф ИБП №2	400	15,95	32	320	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
6	ЗВУ1	230	10,45	32	320	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
7	ЗВУ2	230	10,45	32	320	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
8	ЩСН Модуля систем	400	9,12	16	160	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
9	ЩСН Модуля РП-35 кВ	400	9,12	16	160	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
10	ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	400	8,27	16	160	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
11	ЩСН Модуля АРМ	400	8,27	16	160	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
12	ЩАОВ Модуля систем	400	27,17	40	400	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
13	ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	400	7,51	16	160	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
14	ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	400	18,23	32	320	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
15	ЩАОВ Модуля АРМ	400	11,98	32	320	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
16	Шкаф СН ДЭС	230	20,20	32	320	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
17	ПС Модуля систем	230	0,45	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
18	ПС Модуля РП-35 кВ	230	0,45	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
19	ПС Модуля АСУ и СГЭ	230	0,45	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
20	ПС Модуля АРМ	230	0,45	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
21	СКУД Модуля систем	230	0,45	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
22	СКУД Модуля РП-35 кВ	230	0,45	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
23	СКУД Модуля АСУ и СГЭ	230	0,45	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
24	СКУД Модуля АРМ	230	0,45	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
25	Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	230	0,55	6	30	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
26	Освещение панелей КРУ-35 кВ	230	0,64	6	30	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
27	Освещение шкафов модуля систем	230	0,91	6	30	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
28	Антиконденсетный обогрев КРУЭ-35 кВ	230	0,2	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0
29	ШТЗ	230	0,1	6	60	1317,40	< 4,5	1,32	< 6,0

Требования к отключающей способности автоматических выключателей приведены на чертеже ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛО3.1.02.

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛО3.1

Лист

8

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

### 3.3 Расчет токов КЗ

Расчет выполнен в соответствии с «ГОСТ 28249-93. Межгосударственный стандарт. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ» (принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации 21.10.1993).

Расчеты токов КЗ для проверки оборудования на термическую и динамическую стойкости и выбора аппаратуры по отключающей способности выполняются расчеты металлических КЗ, т.к. в этом случае значения токов КЗ являются максимальными. При проверке чувствительности защитных аппаратов выполняются расчеты дуговых КЗ, т.к. при этом значения токов КЗ являются минимальными.

Расчет и выбор коммутационных аппаратов системы электроснабжения технологических потребителей Объекта выполнен с учетом обеспечения требуемого селективного срабатывания и отключению защищаемых участков сети при аварийных режимах работы.

#### Расчет токов КЗ

Расчетная схема для токов короткого замыкания приведена на рисунке 3.1.

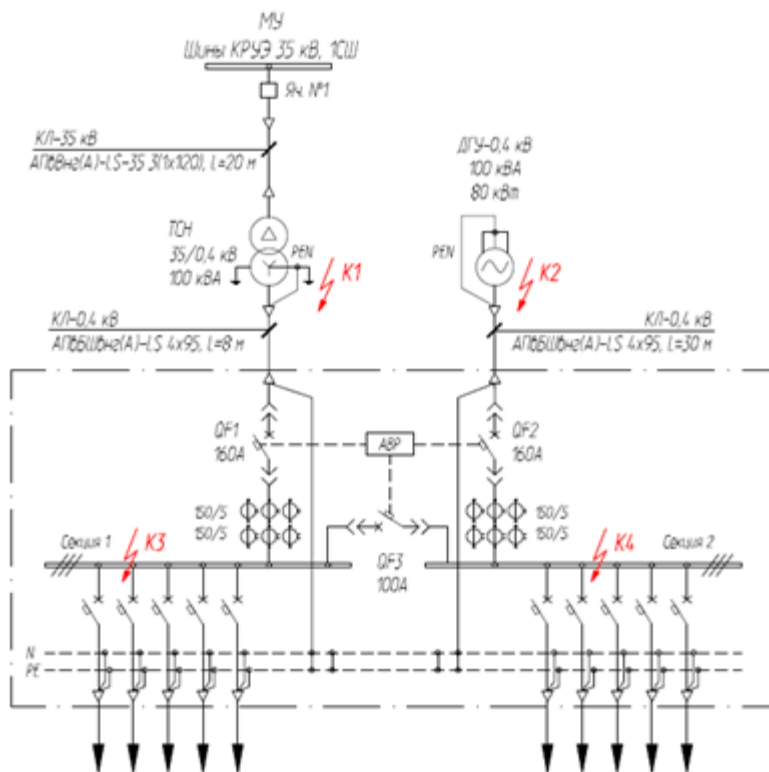


Рисунок 3.1 – Расчетная схема для токов КЗ

Ниже приведены расчетные параметры схемы:

Сопротивление трансформатора собственных нужд представлено в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Сопротивление ТСН

Мощность ТСН, кВА	$u_k$ , %	$X_{1T}=X_{2T}$ , МОм	$X_{0T}$ , МОм	$R_{1T}=R_{2T}$ , МОм	$R_{0T}$ , МОм
D/YH-11					
100	4,0	60,24	60,24	21,6	21,6

Сопротивления катушек и контактов автоматических выключателей представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Сопротивления катушек и контактов автоматических выключателей

Наименование выключателя	$I_{ном.}$ , А	$R_{кв}$ , МОм	$X_{кв}$ , МОм
QF1	160	1,3	0,7
QF2	160	1,3	0,7
QF3	160	1,3	0,7
QF (отходящий)	$\leq 50$	7,0	4,5

Значения активных сопротивлений разъемных контактов автоматических выключателей представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Значения активных сопротивлений разъемных контактов автоматических выключателей

Номинальный тока АВ	$R_{к.кв}$ , МОм
160	0,65
$\leq 40$	1,30

Сопротивления кабеля представлены в таблице 3.5.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							10

Таблица 3.5 – Сопротивления кабеля

Тип кабеля, класс напряжения	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Сопротивление кабеля, мОм/м			
		$R_1=R_2$	$R_0$	$X_1=X_2$	$X_0$
АПВнг(А)-LS-35	3(1×120)	0,411	-	0,407	-
АПВБШнг(А)-LS-1	4×95	0,405	1,665	0,064	0,559
ВВГнг(А)-LS-0,66	5×10	2,13	2,88	0,095	1,34
ВВГнг(А)-LS-0,66	5×6	3,54	4,24	0,1	1,49

Таблица 3.6 – Параметры ДЭС

Параметры генератора	
$P_{Г\text{ ном}}$ , кВт	80
$U_{Г\text{ ном}}$ , кВ	0,4
$\cos(\varphi_{Г})$	0,8
$\eta$ , о.е.	0,91
$x''_{дГ}$ , о.е.	0,13
$S_{Г\text{ ном}}$ , кВА	100
$x''_{дГ}$ , мОм	151,42
$r_{Г}$ , мОм	22,71
$U_{\phi(0)}$ , кВ	0,2309
$I_{(0)}$ , А	198,27
$E''_{\phi(0)}$ , кВ	0,2501
$E''_{(0)}$ , кВ	0,4332

Для определения наихудших условий выбора электротехнического оборудования необходимо выполнить расчет максимального тока КЗ от ТСН и от ДЭС.

Расчёт максимального тока КЗ от ТСН в точке К1.

Сумма активных сопротивлений прямой последовательности для точки К1:

$$\begin{aligned} \sum R I &= R I_{КЛЗ5} + R I_{ТСН} = \\ &= 0,00107 + 21,6 = 21,601 \text{ мОм} \end{aligned}$$

Сумма индуктивных сопротивлений прямой последовательности для точки

К1:

$$\begin{aligned} \sum X I &= X_{СЭ} + X I_{КЛЗ5} + X I_{ТСН} = \\ &= 0,145 + 0,00106 + 60,24 = 60,386 \text{ мОм} \end{aligned}$$

Полное сопротивление рассматриваемого участка цепи:

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{\sum R_1^2 + \sum X_1^2} = \sqrt{21,601^2 + 60,386^2} = 64,25 \text{ мОм}$$

Максимальный ток трехфазного короткого замыкания на выходе ТСН:

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

						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							11
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



$$Xl_{KЛI}=0,064 \cdot 8=0,512 \text{ мОм}$$

- 5) Автоматический выключатель  $QF1$ ,  $In=160 \text{ А}$ , сопротивление катушек автоматического выключателя и активное сопротивление разъемных контактов АВ:

$$Rl_{QF1.TCH}=1,3+0,65=1,95 \text{ мОм}$$

$$Xl_{QF1.TCH}=0,7 \text{ мОм}$$

- 6) Сопротивление первичной обмотки трансформатора тока 150/5 А:

$$Rl_{TT}=0,33 \text{ мОм}$$

$$Xl_{TT}=0,3 \text{ мОм}$$

Сумма активных сопротивлений прямой последовательности для точки КЗ:

$$\begin{aligned} \sum Rl &= Rl_{KЛ35} + Rl_{TCH} + Rl_{KЛI} + Rl_{QF1.TCH} + Rl_{TT} = \\ &= 0,00107 + 21,6 + 3,24 + 1,95 + 0,33 = 27,12 \text{ мОм} \end{aligned}$$

Сумма индуктивных сопротивлений прямой последовательности для точки КЗ:

$$\begin{aligned} \sum Xl &= X_{CЭ} + Xl_{KЛ35} + Xl_{TCH} + Xl_{KЛI} + Xl_{QF1.TCH} + Xl_{TT} = \\ &= 0,145 + 0,00106 + 60,24 + 0,512 + 0,7 + 0,3 = 61,914 \text{ мОм} \end{aligned}$$

Полное сопротивление рассматриваемого участка цепи:

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{\sum R_1^2 + \sum X_1^2} = \sqrt{27,12^2 + 61,914^2} = 67,64 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного короткого замыкания на шинах РУСН-0,4 кВ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 67,64} = 3,418 \text{ кА}$$

Ударный коэффициент  $Ky$  равен 1,2 и определяется по характеристике

$$Ky=f(X/R) \text{ и соответствует отношению } \frac{\sum X_1}{\sum R_1} = \frac{61,914}{27,12} = 2,28.$$

Ударный ток КЗ определяется как:

$$i_{уд.} = Ky \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,418 = 5,74 \text{ кА.}$$

Ток трехфазного дугового КЗ будет равен

$$\text{При } Z_{\Sigma}^{(3)} = 67,69 \text{ мОм и определяется как } I_{КД}^{(3)} = I_{K3}^{(3)} \cdot K_c;$$

$$K_{c1} = 0,839 \text{ при } t_{K3} < 0,05 \text{ с; } K_{c2} = 0,748 \text{ при } t_{K3} > 0,05 \text{ с.}$$

$$I_{КД}^{(3)} = 3,418 \cdot 0,839 = 2,867 \text{ кА, } t_{K3} \approx 0;$$

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1		Лист
									13
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

$$I_{\text{КД}}^{(3)} = 3,418 \cdot 0,748 = 2,355 \text{ кА}, t_{\text{КЗ}} > 0,5 \text{ с.}$$

Полное сопротивление рассматриваемого участка цепи до места двухфазного КЗ:

$$Z_{\Sigma}^{(2)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\sum R_1^2 + \sum X_1^2} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{27,12^2 + 61,914^2} = 78,16 \text{ мОм.}$$

Ток двухфазного короткого замыкания на шинах РУСН-0,4 кВ:

$$I_{\text{КЗ}}^{(2)} = \frac{U_{\text{Н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}^{(2)}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 78,16} = 2,955 \text{ кА.}$$

Ток двухфазного дугового КЗ будет равен:

$$\text{При } Z_{\Sigma}^{(2)} = 78,16 \text{ мОм и определяется как } I_{\text{КД}}^{(2)} = I_{\text{КЗ}}^{(2)} \cdot K_c;$$

$$K_{c1} = 0,857 \text{ при } t_{\text{КЗ}} < 0,05 \text{ с}; K_{c2} = 0,765 \text{ при } t_{\text{КЗ}} > 0,05 \text{ с.}$$

$$I_{\text{КД}}^{(2)} = 2,955 \cdot 0,856 = 2,529 \text{ кА}, t_{\text{КЗ}} \approx 0;$$

$$I_{\text{КД}}^{(2)} = 2,955 \cdot 0,765 = 2,260 \text{ кА}, t_{\text{КЗ}} > 0,5 \text{ с.}$$

Активные и индуктивные сопротивления нулевой последовательности для расчета токов КЗ в точке КЗ (на шинах РУСН-0,4 кВ):

б) Трансформатор собственных нужд:

$$R0_{\text{TCH}} = 21,6 \text{ мОм}$$

$$X0_{\text{TCH}} = 60,24 \text{ мОм}$$

7) Кабель от ТСН до РУСН-0,4 кВ, АПвБШвнг(А)-LS-1 4×95, L=8 м:

$$R0_{\text{КЛЛ}} = 1,665 \cdot 8 = 13,32 \text{ мОм}$$

$$X0_{\text{КЛЛ}} = 0,559 \cdot 8 = 4,47 \text{ мОм}$$

Сумма активных сопротивлений нулевой последовательности:

$$\sum R0 = R0_{\text{TCH}} + R0_{\text{КЛЛ}} = 21,6 + 13,32 = 34,92 \text{ мОм}$$

Сумма индуктивных сопротивлений нулевой последовательности:

$$\sum X0 = X0_{\text{TCH}} + X0_{\text{КЛЛ}} = 60,24 + 4,47 = 64,71 \text{ мОм}$$

Полное сопротивление нулевой последовательности рассматриваемого участка цепи:

$$Z_{\Sigma} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot \sum R_1 + \sum R_0)^2 + (2 \cdot \sum X_1 + \sum X_0)^2} =$$

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1				14

$$= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot 27,12 + 34,92)^2 + (2 \cdot 62,02 + 64,72)^2} = 69,59 \text{ мОм}$$

Ток однофазного короткого замыкания на шинах РУСН-0,4 кВ:

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{U_{\text{Н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 69,59} = 3,319 \text{ кА}$$

Ток однофазного дугового КЗ будет равен:

При  $Z_{\Sigma}^{(1)} = 69,59 \text{ мОм}$  и определяется как  $I_{\text{КД}}^{(1)} = I_{\text{КЗ}}^{(1)} \cdot K_{\text{с}}$ :

$K_{\text{с}1} = 0,842$  при  $t_{\text{КЗ}} < 0,05 \text{ с}$ ;  $K_{\text{с}2} = 0,751$  при  $t_{\text{КЗ}} > 0,05 \text{ с}$ .

$$I_{\text{КД}}^{(1)} = 3,319 \cdot 0,842 = 2,794 \text{ кА}, t_{\text{КЗ}} \approx 0;$$

$$I_{\text{КД}}^{(1)} = 3,319 \cdot 0,751 = 2,492 \text{ кА}, t_{\text{КЗ}} > 0,5 \text{ с}.$$

Расчет остальных точек КЗ аналогичен. Результаты расчетов токов КЗ сведен в таблицу 3.6.

По условию чувствительности автоматического выключателя к КЗ в конце защищаемой линии, отношение наименьшего значения тока КЗ (однофазное дуговое КЗ) к току срабатывания защиты от КЗ АВ, не должно быть меньше значения 1,2:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КД}}^{(1)}}{I_{\text{с0}}} \geq 1,2,$$

где  $I_{\text{с.0}}=n \cdot I_{\text{тепл.расц.}}$  – ток срабатывания отсечки, А.

Проверка автоматических выключателей на установленную нагрузку и по чувствительности представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Сводная таблица проверки АВ на установленную нагрузку и проверки АВ на чувствительность в конце питающей линии при двухфазном дуговом КЗ и однофазном дуговом КЗ

№	Потребитель	Марка кабеля, сечение, длина	Ток нагрузки, А	$I_{\text{ном. АВ}}$ , А	$I_{\text{кд(2)}}$ , кА	$I_{\text{кд(1)}}$ , кА	Кратность АВ	$K^{(2)}_{\text{ч}}$	$K^{(1)}_{\text{ч}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
При питании РУСН-0,4 кВ от ТСН									
1	РУСН-0,4 кВ	АПвБШвнг(А)-LS 4×95, L=8 м	113,44	160	2260,24	2492,40	4	3,53	3,89
2	Шкаф АСУ Vestas РРС	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=26 м	5,1	16	1034,51	1089,68	10	6,47	6,81
3	Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=26 м	17,73	32	1034,51	1089,68	10	3,23	3,41

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1					



№	Потребитель	Марка кабеля, сечение, длина	Ток нагруз ки, А	$I_{ном. АВ, А}$	$I_{кл(2), кА}$	$I_{кл(1), кА}$	Крат-ность АВ	$K^{(2)}_ч$	$K^{(1)}_ч$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=23 м	15,95	32	1106,18	1166,76	10	3,46	3,65
5	Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=24 м	15,95	32	1081,36	1140,00	10	3,38	3,56
6	ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=24 м	10,45	32	1081,36	1140,00	10	3,38	3,56
7	ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=24 м	10,45	32	1081,36	1140,00	10	3,38	3,56
8	ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=15 м	9,12	16	1343,64	1428,12	10	8,40	8,93
9	ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=9 м	9,12	16	1574,83	1695,49	10	9,84	10,60
10	ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=25 м	8,27	16	1057,49	1114,32	10	6,61	6,96
11	ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=23 м	8,27	16	1106,18	1166,76	10	6,91	7,29
12	ЩАОВ Модуля си-стем	ВВГнг(А)-LS 5×10, L=15 м	27,17	40	1567,66	1646,20	10	3,92	4,12
13	ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=9 м	7,51	16	1574,83	1695,49	10	9,84	10,60
14	ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=26 м	18,23	32	1034,51	1089,68	10	3,23	3,41
15	ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=27 м	11,98	32	1012,39	1066,01	10	3,16	3,33
16	Шкаф СН ДЭС	ВВШнг(А)-LS 3×6, L=30 м	20,20	32	950,79	1000,38	10	2,97	3,13
17	ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=15 м	0,45	6	1343,64	1428,12	10	22,39	23,80
18	ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=10 м	0,45	6	1532,96	1645,82	10	25,55	27,43
19	ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=22 м	0,45	6	1131,97	1194,68	10	18,87	19,91
20	ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=28 м	0,45	6	991,09	1043,27	10	16,52	17,39
21	СКУД Модуля си-стем	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=15 м	0,45	6	1343,64	1428,12	10	22,39	23,80
22	СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=10 м	0,45	6	1532,96	1645,82	10	25,55	27,43
23	СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=22 м	0,45	6	1131,97	1194,68	10	18,87	19,91
24	СКУД Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=32 м	0,45	6	913,33	960,65	10	15,22	16,01
25	Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=30 м	0,55	6	950,79	1000,38	5	11,89	12,51
26	Освещение панелей КРУ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=12 м	0,64	6	1453,19	1552,83	5	18,17	19,41
27	Освещение шкафов модуля систем	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=45 м	0,91	6	723,70	761,05	5	9,05	9,51
28	Антиконденсетный обогрев КРУЭ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=12 м	0,795	6	1453,19	1552,83	10	24,22	25,88
29	ШТЗ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=15 м	0,45	6	1343,64	1428,12	10	22,39	23,80

При питании РУСН-0,4 кВ от ДЭС

1	РУСН-0,4 кВ	АПвБШнг(А)-LS 4×95, L=30 м	113,44	160	882,70	1427,35	4	1,38	2,23
2	Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=26 м	5,1	16	712,70	906,08	10	4,45	5,66
3	Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=26 м	17,73	32	712,70	906,08	10	4,45	5,66
4	Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=23 м	15,95	32	733,10	950,54	10	2,29	2,97
5	Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=24 м	15,95	32	726,32	935,40	10	2,27	2,92
6	ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=24 м	10,45	32	726,32	935,40	10	2,27	2,92
7	ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=24 м	10,45	32	726,32	935,40	10	2,27	2,92
8	ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=15 м	9,12	16	785,27	1082,89	10	4,91	6,77
9	ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=9 м	9,12	16	819,45	1192,66	10	5,12	7,45
10	ЩСН Модуля АСУ и	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=25 м	8,27	16	719,52	920,58	10	4,50	5,75

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

16

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.

Кол.уч.

Лист

№ док.

Подп.

Дата

№	Потребитель	Марка кабеля, сечение, длина	Ток нагрузки, А	$I_{ном. АВ, А}$	$I_{кл(2), кА}$	$I_{кл(1), кА}$	Кратность АВ	$K^{(2)}_ч$	$K^{(1)}_ч$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	СГЭ	L=25 м							
11	ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=23 м	8,27	16	733,10	950,54	10	4,58	5,94
12	ЩАОВ Модуля систем	ВВГнг(А)-LS 5×10, L=15 м	27,17	40	817,09	1167,76	10	2,04	2,92
13	ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=9 м	7,51	16	819,45	1192,66	10	5,12	7,45
14	ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=26 м	18,23	32	712,70	906,08	10	2,23	2,83
15	ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS 5×6, L=27 м	11,98	32	705,88	891,91	10	2,21	2,79
16	Шкаф СН ДЭС	ВВШнг(А)-LS 3×6, L=30 м	20,20	32	685,45	851,26	10	2,14	2,66
17	ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=15 м	0,45	6	785,27	1082,89	10	13,09	18,05
18	ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=10 м	0,45	6	814,19	1173,99	10	13,57	19,57
19	ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=22 м	0,45	6	739,85	966,00	10	12,33	16,10
20	ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=28 м	0,45	6	699,06	878,05	10	11,65	14,63
21	СКУД Модуля систем	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=15 м	0,45	6	785,27	1082,89	10	13,09	18,05
22	СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=10 м	0,45	6	814,19	1173,99	10	13,57	19,57
23	СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=22 м	0,45	6	739,85	966,00	10	12,33	16,10
24	СКУД Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=32 м	0,45	6	671,93	825,69	10	11,20	13,76
25	Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=30 м	0,55	6	685,45	851,26	5	8,57	10,64
26	Освещение панелей КРУ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=12 м	0,64	6	803,11	1137,00	5	10,04	14,21
27	Освещение шкафов модуля систем	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=45 м	0,91	6	588,65	685,91	5	7,36	8,57
28	Антиконденсатный обогрев КРУЭ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=12 м	0,795	6	796,36	1129,57	10	13,34	18,89
29	ШТЗ	ВВГнг(А)-LS 3×6, L=15 м	0,45	6	784,34	1079,82	10	13,03	18,05

### 3.4 Проверка коммутационных аппаратов на селективность

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

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

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

17

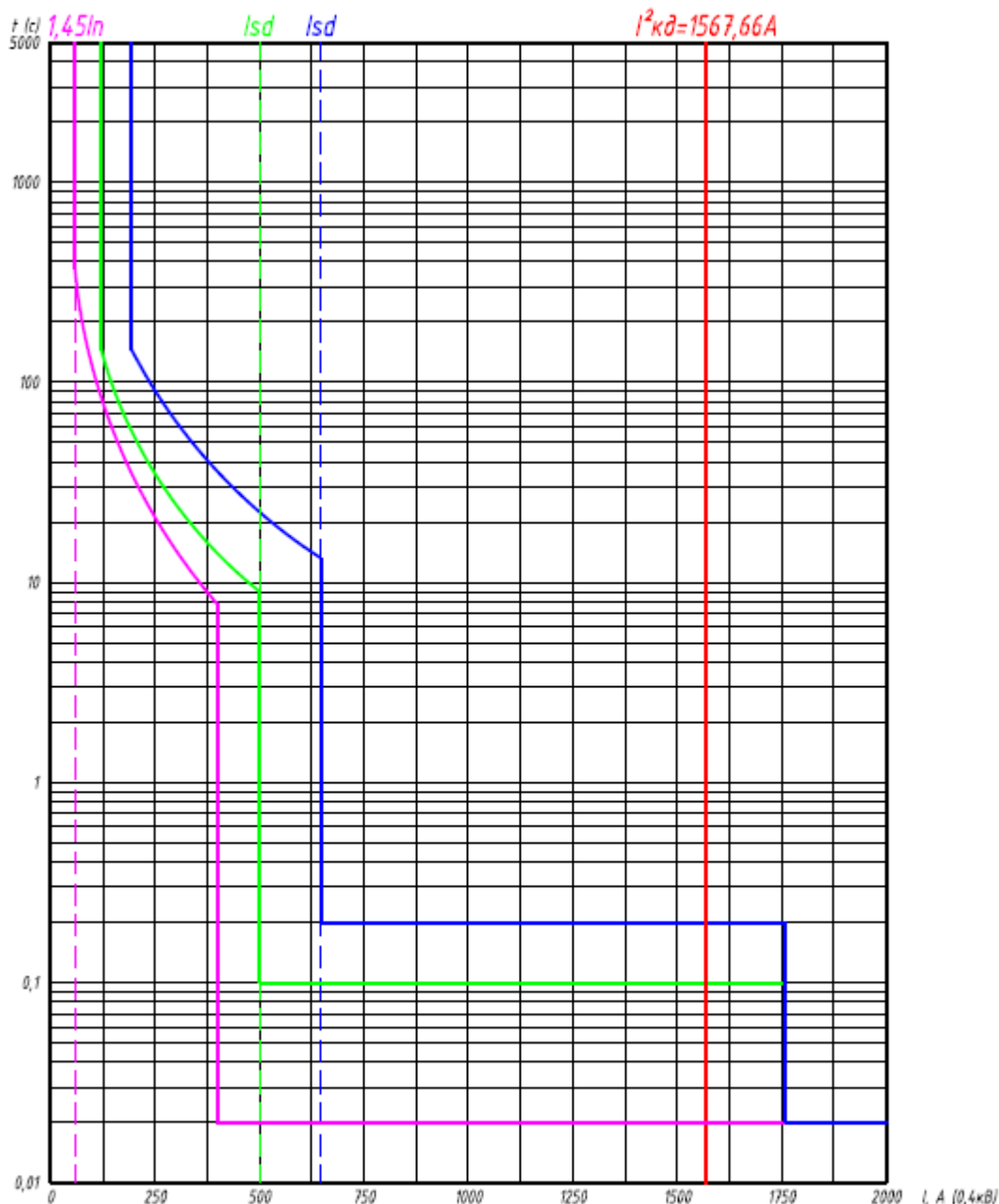
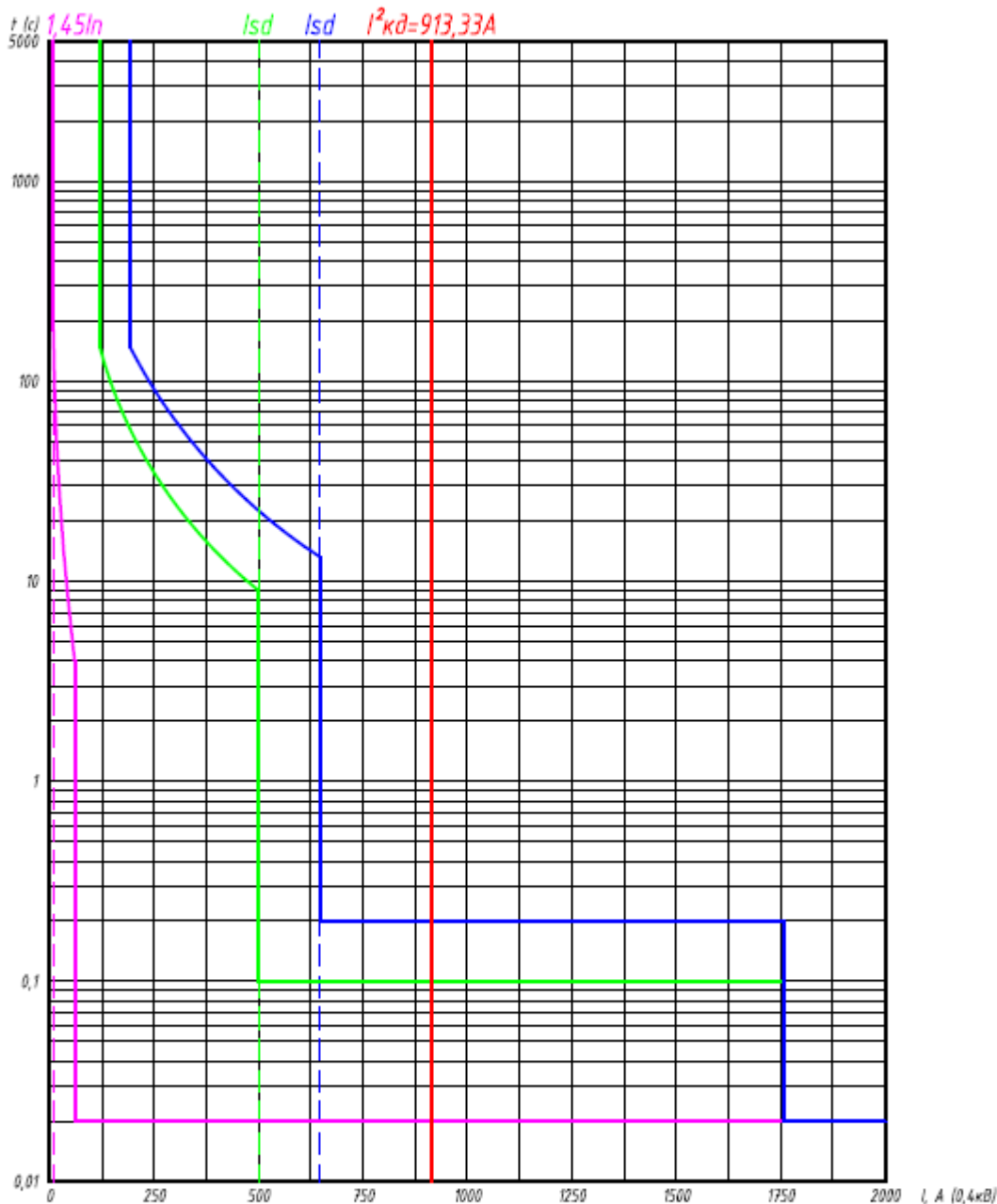


Рисунок 3.2 – Времятоковая характеристика при электроснабжении от ТСН 35/0,4 кВ автоматических выключателей рабочего ввода РУСН-0,4 кВ QF1 с  $I_n=160$  А ( $I_r=160$  А), секционного QF3 с  $I_n=160$  А ( $I_r=100$  А) и отходящего 1QF4 с  $I_n=40$  А, питающего шкаф ЩАОВ модуля систем

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

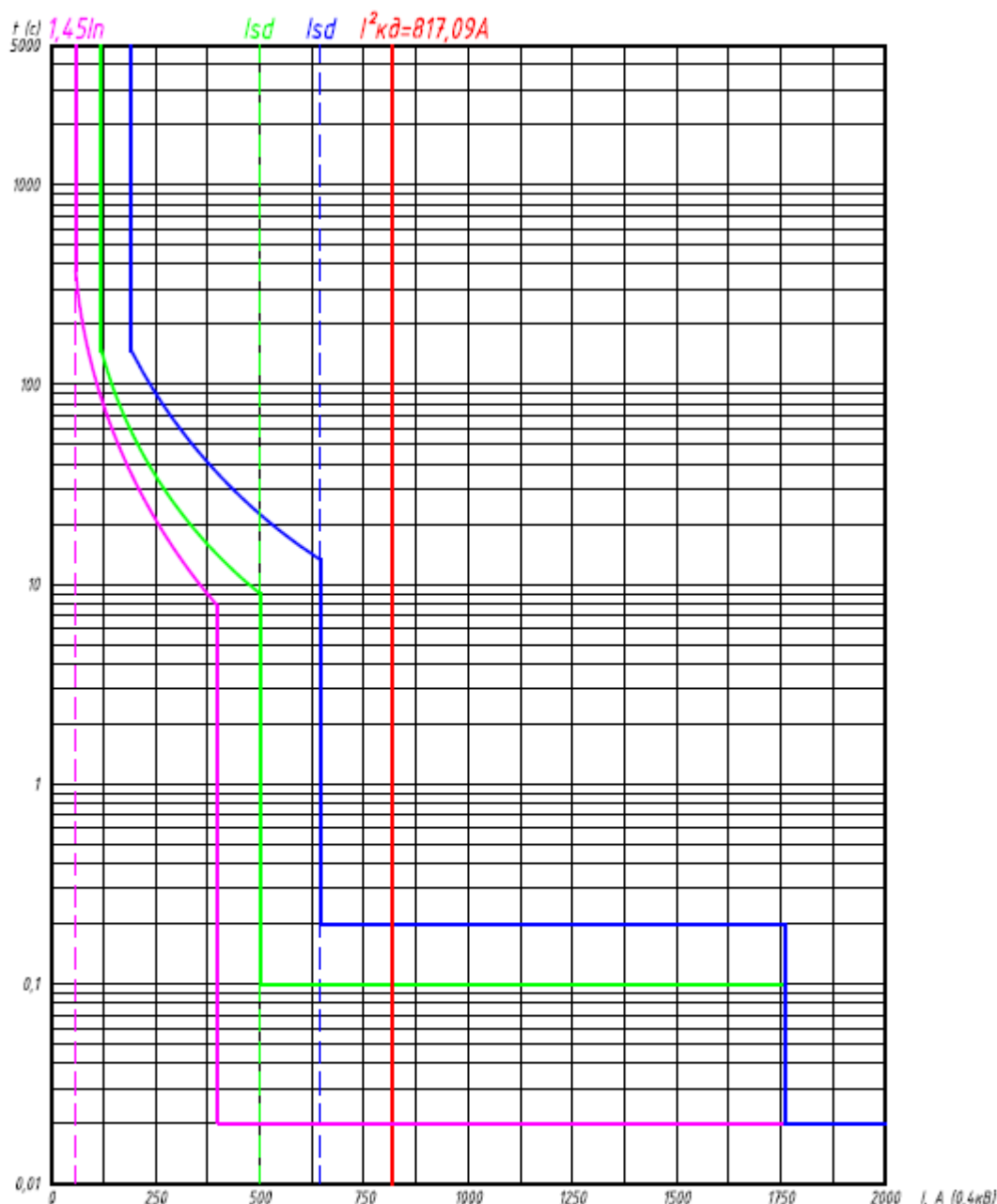


- Ампер-секундные характеристики на карте селективности защиты:
- Вводной выключатель РУНН-0,4 кВ, QF1=160 А,  $I_r=160\text{A}$ ,  $I_{sd}=4\text{A}$ ,  $t_{sd}=0,2\text{ c}$ ;
  - Секционный выключатель РУНН-0,4 кВ, QF3=160 А,  $I_r=100\text{A}$ ,  $I_{sd}=5\text{A}$ ,  $t_{sd}=0,1\text{ c}$ ;
  - Отходящий от РУНН-0,4 кВ выключатель, 2QF15=6 А (Щит ОС, СКУД модуля АРМ);
  - Так КЗ при электроснабжении от ТСН.

Рисунок 3.3 – Времятоковая характеристика при электроснабжении от ТСН 35/0,4 кВ автоматических выключателей рабочего ввода РУСН-0,4 кВ QF1 с  $I_n=160\text{ A}$  ( $I_r=160\text{ A}$ ), секционного QF3 с  $I_n=160\text{ A}$  ( $I_r=100\text{ A}$ ) и отходящего 2QF15 с  $I_n=6\text{ A}$ , питающего щит ОС, СКУД модуля АРМ

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



Ампер-секундные характеристики на карте селективности защиты:

- Вводной выключатель РУНН-0,4 кВ, QF1=160 А,  $I_r=160A$ ,  $I_{sd}=4xI_r$ ,  $t_{sd}=0,2$  с;
- Секционный выключатель РУНН-0,4 кВ, QF3=160 А,  $I_r=100A$ ,  $I_{sd}=5xI_r$ ,  $t_{sd}=0,1$  с;
- Отходящий от РУНН-0,4 кВ выключатель, 10F4=40 А (шкаф ЩАОВ модуля систем);
- Ток КЗ при электроснабжении от ДЭС.

Рисунок 3.4 – Времятоковая характеристика при электроснабжении от ДЭС автоматических выключателей рабочего ввода РУСН-0,4 кВ QF1 с  $I_n=160$  А ( $I_r=160$  А), секционного QF3 с  $I_n=160$  А ( $I_r=100$  А) и отходящего 1QF4 с  $I_n=40$  А, питающего шкаф ЩАОВ модуля систем

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

20

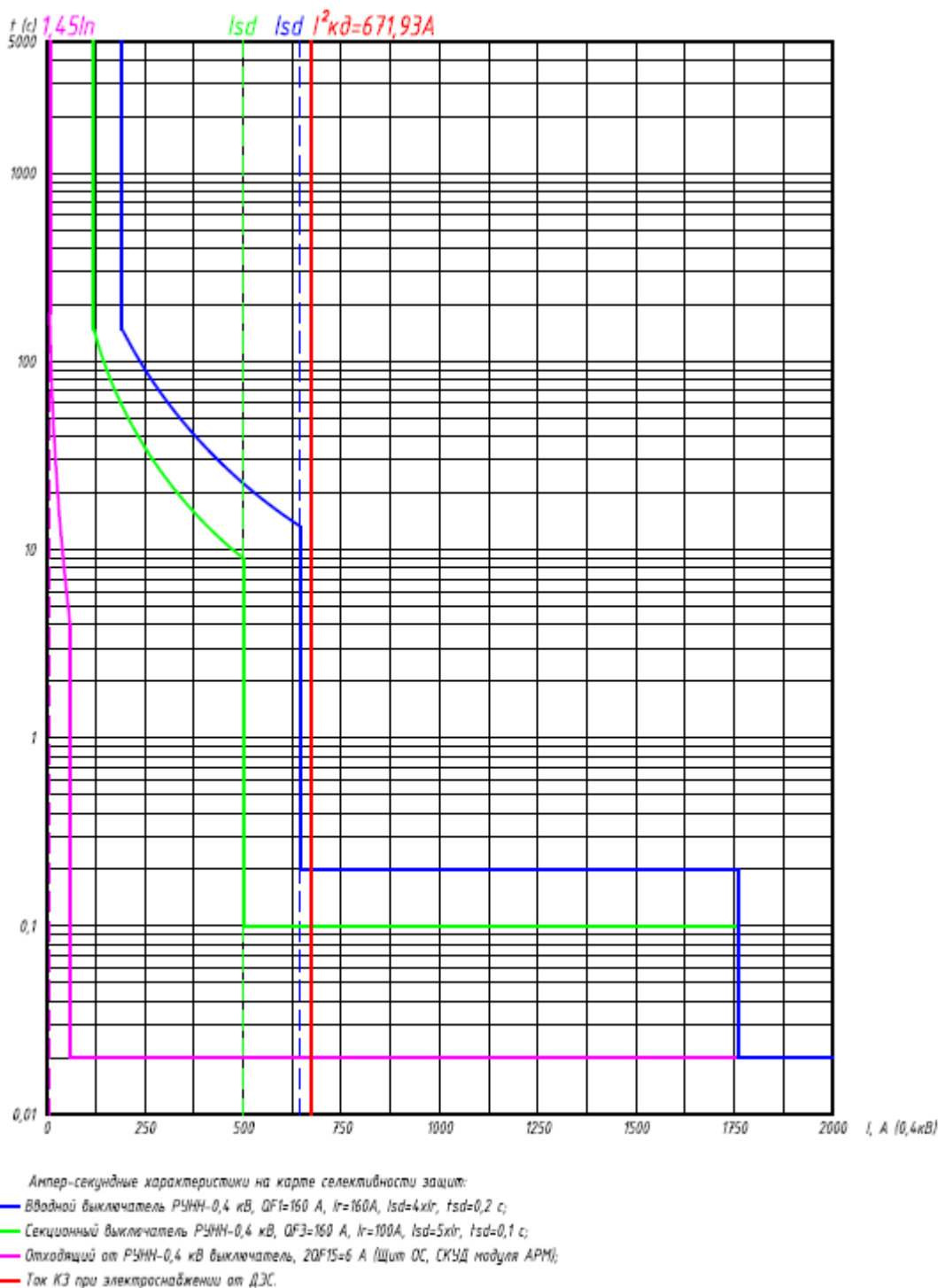


Рисунок 3.5 – Времятоковая характеристика при электроснабжении от ДЭС автоматических выключателей рабочего ввода РУСН-0,4 кВ QF1 с  $I_n=160$  А ( $I_r=160$  А), секционного QF3 с  $I_n=160$  А ( $I_r=100$  А) и отходящего 2QF15 с  $I_n=6$  А, питающего щит ОС, СКУД модуля АРМ

По вышеприведенным характеристикам видно, что выбранные автоматические выключатели являются селективными.

### 3.5 Выбор и проверка кабелей 0,4 кВ

#### Проверка по длительно допустимому току

Для КЛ-0,4 кВ, приведенных в таблице 3.6, необходимо произвести проверку на длительно допустимый ток при заданных условиях прокладки. Для проверки выбранных сечений кабелей принимаются следующие условия:

1. Прокладка в воздухе в кабельном сооружении, расчетная температура воздуха:  $+25^{\circ}\text{C}$ ;

2. Прокладка в земле в траншее, расчетная температура:  $+15^{\circ}\text{C}$ .

В соответствии с ГОСТ 31996-2012 длительно допустимая токовая нагрузка для кабеля 0,4 кВ с алюминиевой жилой с изоляцией из сшитого полиэтилена для направления РП-35 кВ – РУСН-0,4 кВ кабель типа АПвБШвнг(А)-LS сечением  $4\times 95$  в условиях воздушной прокладки:

$$I_{\text{р.ддТвозд}} = 183,31 \cdot 0,85 = 155,72 \text{ А},$$

где 0,85 – поправочный коэффициент групповой прокладки.

Максимальный ток нагрузки на стороне 0,4 кВ ТСН 35/0,4 кВ:

$$I_{\text{нагр.}} = \frac{P_{\text{нагр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}} \cdot \cos(\varphi)} = \frac{70,04}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,961} = 105,2 \text{ А}.$$

Выбранный кабель АПвБШвнг(А)-LS  $4\times 95$  удовлетворяет условию пропускной способности тока максимальной нагрузки:

$$I_{\text{р.ддТвозд}} > I_{\text{нагр.}}$$

Проверка на длительно допустимый ток для остальных КЛ-0,4 кВ выполнена аналогично и приведена в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Проверка на длительно допустимый ток КЛ-0,4 кВ

Наименование потребителя	Тип кабеля	Сечение кабеля	$I_{\text{ддТвозд}}$ , А	$K_{\text{г}}$	$I_{\text{р.ддТвозд}}$ , А	Сравнение	$I_{\text{нагр.}}$ , А
1	2	3	4	5	6	7	8
При питании РУСН-0,4 кВ от ТСН							
РУСН-0,4 кВ	АПвБШвнг(А)-LS	$4\times 95$	183,20	0,85	155,72	>	105,2
Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS	$3\times 6$	46	0,85	39,10	>	5,1
Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS	$3\times 6$	46	0,85	39,10	>	17,73
Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS	$5\times 6$	42,78	0,85	36,36	>	15,95
Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS	$5\times 6$	42,78	0,85	36,36	>	15,95
ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS	$3\times 6$	46	0,85	39,10	>	10,45
ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS	$3\times 6$	46	0,85	39,10	>	10,45
ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	$5\times 6$	42,78	0,85	36,36	>	9,12
ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	$5\times 6$	42,78	0,85	36,36	>	9,12
ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	$5\times 6$	42,78	0,85	36,36	>	8,27
ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	$5\times 6$	42,78	0,85	36,36	>	8,27

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

22

Наименование потребителя	Тип кабеля	Сечение кабеля	$I_{дв\text{возд.}}$ , А	$K_{п}$	$I_{р,дд\text{Твозд.}}$ , А	Сравнение	$I_{нагр.}$ , А
1	2	3	4	5	6	7	8
ЩАОВ Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×10	58,59	0,85	49,80	>	27,17
ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	36,36	>	7,51
ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	36,36	>	18,23
ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	36,36	>	11,98
Шкаф СН ДЭС	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	20,20
ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
СКУД Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
СКУД Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,55
Освещение панелей КРУ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,64
Освещение шкафов модуля систем	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,91
Антиконденсатный обогрев КРУЭ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,91
ШТЗ	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,91
При питании РУСН-0,4 кВ от ДЭС							
РУСН-0,4 кВ	АПвБШвнг(А)-LS	4×95	183,20	0,85	155,73	>	113,44
Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	5,1
Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	17,73
Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	36,36	>	15,95
Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	39,10	>	15,95
ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	36,36	>	10,45
ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	36,36	>	10,45
ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	36,36	>	9,12
ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	36,36	>	9,12
ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	39,10	>	8,27
ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	39,10	>	8,27
ЩАОВ Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×10	58,59	0,85	39,10	>	27,17
ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	39,10	>	7,51
ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	39,10	>	18,23
ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	42,78	0,85	39,10	>	11,98
Шкаф СН ДЭС	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	20,20
ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
СКУД Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
СКУД Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,45
Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,55
Освещение панелей КРУ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,64
Освещение шкафов модуля систем	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,91
Антиконденсатный обогрев КРУЭ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,91
ШТЗ	ВВГнг(А)-LS	3×6	46	0,85	39,10	>	0,91

### Проверка на термическую стойкость при КЗ

Выбранные сечения КЛ-0,4 кВ также следует проверить на термическую стойкость при коротких замыканиях.

В соответствии с ГОСТ 31996-2012 ток односекундного короткого замыкания кабелей 0,4 кВ с алюминиевой жилой с изоляцией из поливинилхлоридного пластика для сечения 95 мм<sup>2</sup> составляет:

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

23

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм. Кол.уч. Лист № док. Подп. Дата



$$I_{K3-1c} = 6,86 \text{ кА.}$$

Допустимый ток короткого замыкания, при пересчете на время действия защиты составит:

$$I_{p, \text{доп}}^{K3} = I_{K3-1c} \cdot k = 6,86 \cdot 1,58 = 10,84 \text{ кА,}$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий продолжительность короткого замыкания, с.

$$k = \frac{1}{\sqrt{t}} = \frac{1}{\sqrt{0,4}} = 1,58,$$

где  $t$  – продолжительность короткого замыкания, с.

Проверка на термическую стойкость для остальных КЛ-0,4 кВ выполнена аналогично и приведена в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Проверка на термическую стойкость КЛ-0,4 кВ

Наименование потребителя	Тип кабеля	Сечение кабеля	$I_{(3)K3}$ , А	$I_{K3-1c}$ , кА	$k$	$I_{p, \text{доп}}^{K3}$ , кА
1	2	3	4	6	7	8
При питании РУСН-0,4 кВ от ТЧН						
РУСН-0,4 кВ	АПвБШвнг(А)-LS	4×95	3411,64	6,86	1,58	10,84
Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЩАОВ Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×10	3064,33	1,09	7,07	7,706
ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
Шкаф СН ДЭС	ВБШвнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
СКУД Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
СКУД Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
Освещение панелей КРУ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
Освещение шкафов модуля систем	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
Антиконденсатный обогрев КРУЭ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
ШТЗ	ВВГнг(А)-LS	3×6	3064,33	0,65	7,07	4,58
При питании РУСН-0,4 кВ от ДЭС						
РУСН-0,4 кВ	АПвБШвнг(А)-LS	4×95	1359,00	6,86	1,58	10,84
Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS	3×6	1317,40	0,65	7,07	4,58
Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS	3×6	1317,40	0,65	7,07	4,58
Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS	5×6	1317,40	0,65	7,07	4,58

### Проверка падения напряжения в конце линии

$$\Delta U = \frac{(P_T \cdot r_{0\ 90^\circ\text{C}} + Q_T \cdot x_0) \cdot L}{U_H} = \frac{(78,28 \cdot 0,527 + 28,41 \cdot 0,064) \cdot 0,008}{0,4} = 0,71\text{ B,}$$

$Q_T$  – реактивная мощность ТСН, квар:

$$r_{0\ 90^{\circ}\text{C}} - \text{удельное активное сопротивление КЛ при температуре жилы } 90^{\circ}\text{C}$$

$$r_{90^{\circ}\text{C}} = r_{20^{\circ}\text{C}} \cdot \left(1 + \alpha_{\rho Al} \cdot (T - 20)\right) = 0,405 \cdot \left(1 + 0,00431 \cdot (90 - 20)\right) \\ = 0,527 \text{ OM/KM};$$

$x_0$  – удельное реактивное сопротивление КЛ, Ом/км.

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100}{U_{\text{н}}} = \frac{0,71 \cdot 100}{400} = 0,177 \, \%.$$

						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							25
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Применение КЛ-0,4 кВ марки АПвБШвнг(А)-LS-1 4×95 обеспечивает соблюдение норм качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ 32144-2013.

Для проверки других кабелей, учтенных в данном проекте произведены аналогичные расчеты, которые сведены в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Проверка падения напряжения в конце линии

Наименование потребителя	Тип кабеля	Сечение кабеля, длина	$r$ , Ом/км	$x$ , Ом/км	$\Delta U$ , В	$\Delta U$ , %
1	2	3	4	5	6	7
При питании РУСН-0,4 кВ от ТСН						
РУСН-0,4 кВ	АПвБШвнг(А)-LS	4×95, l=8 м	0,405	0,064	0,71	0,186
Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=26 м	3,54	0,1	0,47	0,213
Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=26 м	3,54	0,1	1,63	0,742
Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=23 м	3,54	0,1	2,25	0,592
Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=24 м	3,54	0,1	2,35	0,618
ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=24 м	3,54	0,1	0,89	0,404
ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=24 м	3,54	0,1	0,89	0,404
ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=15 м	3,54	0,1	0,76	0,201
ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=9 м	3,54	0,1	0,46	0,121
ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=25 м	3,54	0,1	1,16	0,304
ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=23 м	3,54	0,1	1,06	0,280
ЩАОВ Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×10, l=15 м	2,13	0,095	1,31	0,346
ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=9 м	3,54	0,1	0,36	0,094
ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=26 м	3,54	0,1	2,51	0,662
ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=27 м	3,54	0,1	1,71	0,451
Шкаф СН ДЭС	ВБШвнг(А)-LS	3×6, l=30 м	3,54	0,1	1,96	0,890
ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=15 м	3,54	0,1	0,02	0,011
ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=10 м	3,54	0,1	0,02	0,007
ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=22 м	3,54	0,1	0,07	0,032
ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=28 м	3,54	0,1	0,09	0,041
СКУД Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=15 м	3,54	0,1	0,05	0,022
СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=10 м	3,54	0,1	0,03	0,015
СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=22 м	3,54	0,1	0,07	0,032
СКУД Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=32 м	3,54	0,1	0,10	0,047
Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=30 м	3,54	0,1	0,12	0,053
Освещение панелей КРУ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=12 м	3,54	0,1	0,05	0,025
Освещение шкафов модуля систем	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=45 м	3,54	0,1	0,14	0,066
Антиконденсатный обогрев КРУЭ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=12 м	3,54	0,1	0,05	0,025
ШТЗ	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=15 м	3,54	0,1	0,02	0,011
При питании РУСН-0,4 кВ от ДЭС						
РУСН-0,4 кВ	АПвБШвнг(А)-LS	4×95, l=30 м	0,405	0,064	2,65	0,696
Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=26 м	3,54	0,1	0,63	0,285
Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=26 м	3,54	0,1	0,63	0,285
Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=23 м	3,54	0,1	2,25	0,592
Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=24 м	3,54	0,1	2,35	0,618
ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=24 м	3,54	0,1	1,25	0,566
ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS	3×6, l=24 м	3,54	0,1	1,25	0,566
ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=15 м	3,54	0,1	0,76	0,201
ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=9 м	3,54	0,1	0,46	0,121
ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=25 м	3,54	0,1	1,16	0,304
ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=23 м	3,54	0,1	1,06	0,280
ЩАОВ Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×10, l=15 м	2,13	0,095	1,31	0,346
ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=9 м	3,54	0,1	0,36	0,094
ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=26 м	3,54	0,1	2,51	0,662
ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6, l=27 м	3,54	0,1	1,71	0,451
Шкаф СН ДЭС	ВБШвнг(А)-LS	3×6, l=30 м	3,54	0,1	1,96	0,890
ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=15 м	3,54	0,1	0,02	0,011
ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=10 м	3,54	0,1	0,02	0,007
ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=22 м	3,54	0,1	0,07	0,032
ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=28 м	3,54	0,1	0,09	0,041
СКУД Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=15 м	3,54	0,1	0,05	0,022
СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=10 м	3,54	0,1	0,03	0,015
СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6, l=22 м	3,54	0,1	0,07	0,032

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

26

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

27

Значение начальной температуры жилы до КЗ можно определить по формуле, °C:

$$Q_H = Q_0 + (Q_{\text{доп.}} - Q_{\text{окр.}}) \cdot \left( \frac{I_{\text{раб.}}}{I_{\text{доп.}}} \right)^2 = 25 + (70 - 25) \cdot \left( \frac{113,44}{183,2} \right)^2 = 42,25,$$

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

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

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

$I_{\text{раб.}}$  – 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, °C:

$$Q_K = Q_H \cdot e^k + a \cdot (e^k - 1) = 42,25 \cdot e^{0,013} + 228 \cdot (e^{0,013} - 1) = 45,84,$$

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

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

Вывод: кабель АПвБШвнг(А)-LS-1 4×95 не сгорит и годен к эксплуатации после КЗ.

Для остальных кабелей расчет аналогичен и все результаты сведены в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Проверка кабеля по невозгораемости

Наименование потребителя	Тип кабеля	Сечение кабеля	Ток дуговой КЗ, $I_{\text{к.д.}}^{(3)}$ , кА	Время срабатывания рез. защиты	$Q_K$ , °C	Допустимый предел по температуре
1	2	3	4	5	6	7
При питании РУСН-0,4 кВ от ТСН						
РУСН-0,4 кВ	АПвБШвнг(А)-LS	4×95	2,552	0,4	45,84	< 350
Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS	4×95	2,298	0,2	222,39	< 350
Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	233,29	< 350
Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	232,53	< 350
Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS	5×6	2,298	0,2	232,53	< 350
ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS	5×6	2,298	0,2	225,54	< 350
ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	225,54	< 350
ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	225,05	< 350
ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6	2,298	0,2	225,05	< 350
ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	2,298	0,2	224,40	< 350

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

28

Наименование потребителя	Тип кабеля	Сечение кабеля	Ток дуговой КЗ, $I_{к.д}^{(3)}$ , кА	Время срабатывания рез. защиты	$Q_{к.}$ , °С	Допустимый предел по температуре
1	2	3	4	5	6	7
ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	2,298	0,2	224,40	< 350
ЩАОВ Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×6	2,298	0,2	95,04	< 350
ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×10	2,298	0,2	223,88	< 350
ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	2,298	0,2	235,93	< 350
ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	2,298	0,2	227,68	< 350
Шкаф СН ДЭС	ВВШнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	236,83	< 350
ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	2,298	0,2	221,42	< 350
ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	2,298	0,2	221,42	< 350
ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	2,298	0,2	221,42	< 350
ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	2,298	0,2	221,42	< 350
СКУД Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	2,298	0,2	221,42	< 350
СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	2,298	0,2	221,42	< 350
СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	2,298	0,2	221,42	< 350
СКУД Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	2,298	0,2	221,42	< 350
Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	221,43	< 350
Освещение панелей КРУ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	221,43	< 350
Освещение шкафов модуля систем	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	221,45	< 350
Антиконденсетный обогрев КРУЭ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	221,45	< 350
ШТЗ	ВВГнг(А)-LS	3×6	2,298	0,2	221,45	< 350

При питании РУСН-0,4 кВ от ДЭС

РУСН-0,4 кВ	АПвВШнг(А)-LS	4×95	1,019	1,0	43,68	< 350
Шкаф АСУ Vestas PPC	ВВГнг(А)-LS	4×95	0,9881	0,2	54,44	< 350
Шкаф АСУ Vestas SCADA	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	54,44	< 350
Шкаф ИБП №1	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	60,30	< 350
Шкаф ИБП №2	ВВГнг(А)-LS	5×6	0,9881	0,2	60,30	< 350
ЗВУ1	ВВГнг(А)-LS	5×6	0,9881	0,2	58,43	< 350
ЗВУ2	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	58,43	< 350
ЩСН Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	55,62	< 350
ЩСН Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×6	0,9881	0,2	55,62	< 350
ЩСН Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	0,9881	0,2	55,22	< 350
ЩСН Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	0,9881	0,2	55,22	< 350
ЩАОВ Модуля систем	ВВГнг(А)-LS	5×6	0,9881	0,2	44,91	< 350
ЩАОВ Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	5×10	0,9881	0,2	54,89	< 350
ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	5×6	0,9881	0,2	62,43	< 350
ЩАОВ Модуля АРМ	ВВГнг(А)-LS	5×6	0,9881	0,2	57,27	< 350
Шкаф СН ДЭС	ВВШнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	63,00	< 350
ПС Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
ПС Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
ПС Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
ПС Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
СКУД Модуля систем	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
СКУД Модуля РП-35 кВ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
СКУД Модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
СКУД Модуля АРМ	ВВГнг(А)-FRLS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
Освещение панелей КРУ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
Освещение шкафов модуля систем	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	53,36	< 350
Антиконденсетный обогрев КРУЭ-35 кВ	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350
ШТЗ	ВВГнг(А)-LS	3×6	0,9881	0,2	53,35	< 350

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

29

#### 4 Проверка оборудования 35 кВ на устойчивость к токам КЗ

Выбор основного электротехнического оборудования подстанции выполняется исходя из следующих условий:

- максимального длительного тока в нормальных, послеаварийных и ремонтных режимах, с учетом перегрузочной способности оборудования;
- напряжения присоединений;
- отключающей способности оборудования;
- термической и электродинамической стойкости к токам короткого замыкания.

Параметры токов КЗ на шинах 35 кВ на 2026 г. представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Параметры токов КЗ на шинах 35 кВ на 2026 г.

Наименование ПС	Шины	Токи короткого замыкания, кА		$k_{уд}$	$t_{откл.}, с$	$T_a, с$	$B_K, кА^2 \cdot с$
		3-ф. КЗ	ударный				
МУ Ивановская ВЭС РП-35 кВ СШ	35 кВ	18,18	39,9	1,759	1	0,036	363,8

Ударный ток КЗ на стороне 35 кВ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_K^{(3)}.$$

где  $k_{уд}$  - ударный коэффициент.

$$k_{уд} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}},$$

где  $T_a$  – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, с.

$$T_a = \frac{X_{эк}}{\omega \cdot R_{эк}};$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f,$$

где  $f$  - частота сети;

Тепловой импульс от тока КЗ на стороне 35 кВ:

$$B_K = I_T^2 \cdot (t_{откл.} + T_a) кА^2 \cdot с;$$

$$t_{откл.} = t_{р.з.} + t_{о.в.} \text{ с,}$$

где  $t_{р.з.}$  – время действия релейной защиты;

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

30

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							31
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



теля и эквивалентной постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ,

- по электродинамической стойкости  $i_y \leq i_{\text{пр.с.}}$ ,

где  $I_{\text{пр.с}}$  – действующее значение предельного сквозного тока КЗ по каталогу (номинальный кратковременный ток),

$i_{\text{пр.с.}}$  – амплитудное значение предельного сквозного тока КЗ по каталогу.

Технические характеристики и выбор главных цепей и сборных шин представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Технические характеристики и выбор главных цепей и сборных шин

Наименование	Расчетные данные						Технические данные				
	$U_{\text{уст}}$ , кВ	$I_{\text{макс.раб.}}$ , А	$I_{\text{п0}}$ , кА	$t_{\text{р.з.}}$ , с	$i_y$ , кА	$B_k$ , кА <sup>2</sup> с	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$I_{\text{ном}}$ , А	$I_T$ , кА	$i_{\text{пр.с.}}$ , кА	$I_T^2 \cdot t_T$ , кА <sup>2</sup> с
Сборные шины РП-35 кВ СШ 35 кВ	35	843,92	18,18	0,64	39,9	244,1	35	1250	25	63	1875
Главные цепи КРУ 35 кВ СШ 35 кВ	35	843,92	18,18	0,94	39,9	342,2	35	1250	25	63	1875

## 4.2 Выбор вакуумных выключателей ячеек 35 кВ

Условия проверки выключателя:

- по напряжению  $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$ ;

- по току  $I_{\text{мах}} \leq I_{\text{ном}}$ ;

- проверка на симметричный ток отключения  $I_{\text{пт}} \leq I_{\text{отк.ном}}$ ;

- проверка на электродинамическую стойкость  $i_y \leq i_{\text{пр.с.}}$ ,

где  $I_{\text{пр.с}}$  – действующее значение предельного сквозного тока КЗ по каталогу (номинальный кратковременный ток),

$i_{\text{пр.с.}}$  – амплитудное значение предельного сквозного тока КЗ по каталогу;

- проверка на термическую стойкость  $B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$ ,

где  $I_T$  – предельный ток термической стойкости по каталогу,

$t_T$  – длительность протекания тока термической стойкости по каталогу.

Технические характеристики и выбор выключателей 35 кВ представлены в таблице 4.4.

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

						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							32
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Таблица 4.4 – Технические характеристики и выбор выключателей 35 кВ

Наименование	Расчетные данные						Технические данные					
	$U_{уст}$ , кВ	$I_{макс.раб.}$ , А	$I_{п0}$ , кА	$i_y$ , кА	$t_{р.з.}$ , с	$B_k$ , кА <sup>2</sup> с	$U_{ном}$ , кВ	$I_{ном}$ , А	$I_{отк. ном}$ , кА	$i_{пр.с.}$ , кА	$I_{отк.полн'}$ , кА	$I_T^2 \cdot t_T$ , кА <sup>2</sup> с
ВВ-КЛ 35 кВ Ивановская ВЭС - РУ 220 кВ Гражданской ВЭС	35	843,92	18,18	39,9	0,94	342,2	35	1250	25	63	33,75	1875
ВВ-35-ТСН	35	1,65	18,18	39,9	0,64	244,1	35	1250	25	63	33,75	1875

Примечания:

\* Устанавливаемые в КРУЭ-35 кВ выключатели имеют возможность отключения ТКЗ с относительным содержанием апериодической составляющей в токе 35 %

Проверка выключателей на отключающую способность с учетом содержания апериодической составляющей.

В соответствии с ГОСТ Р 52565-2006 п.6.6.1.2 определим апериодическую составляющую тока в момент отключения выключателя РЗ:

$$i_a = \frac{\beta \cdot I_{п0} \cdot \sqrt{2}}{100},$$

где  $\beta$  – относительное содержание апериодической составляющей в токе в процентах, определяется по рисунку 3 ГОСТ Р 52565-2006.  $\beta = 35\%$  при времени отключения = 50 мс.

$$i_a = \frac{35 \cdot 18,18 \cdot \sqrt{2}}{100} = 8,91 \text{ кА}$$

Полный ток КЗ в момент отключения выключателя РЗ составляет

$$I_{полн} = I_{п0} + i_a = 18,18 + 8,91 = 27,09 \text{ кА.}$$

$I_{отк,полн}$  Выключателя 35 кВ РУ-35 кВ МУ ВЭС составляет 33,75 кА.

$$I_{полн} = 27,09 \text{ кА} < I_{отк.ном} = 33,75 \text{ кА}$$

### 4.3 Выбор трансформаторов тока ячеек КРУ 35 кВ

Условия выбора ТТ:

- по напряжению  $U_{уст} \leq U_{ном}$ ;
- по току  $I_{ном} \leq I_{1ном}$ ;  $I_{max} \leq I_{1ном}$ ;
- по электродинамической стойкости;
- по термической стойкости  $B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$ ,

где  $I_T$  – предельный ток термической стойкости по каталогу,

$t_T$  – длительность протекания тока термической стойкости по каталогу;

ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Лист

33

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

- по вторичной нагрузке  $S_{\text{ном}} > S_{\text{нагр}}$  (рассматривается в томе ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.3).

Параметры обмоток трансформатора тока 35 кВ представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Параметры обмоток трансформатора тока

Наименование ТТ	Первичный ток ТТ, А	Вторичный ток ТТ, А	Класс точности ТТ
ТТ-35 ТСН	200	5	5P/0,5
ТТ-35 ВЭУ №8 ВЭУ №11	1000	5	5P/0,5/0,2S
ТТ-КЛ 35 кВ Ивановская ВЭС - РУ 220 кВ Гражданской ВЭС	1000	5	5P/0,5/0,2S

Результаты выбора трансформаторов тока и их технические характеристики представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Технические характеристики

Наименование ТТ	Расчетные данные					Технические параметры ТТ			
	$U_{\text{уст}}$ , кВ	$I_{\text{макс.раб}}$ , А	$I_{\text{п0}}$ , кА	$t_{\text{р.з.}}$ , с	$B_k$ , кА <sup>2</sup> ·с	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$I_{\text{ном}}$ , А	$I_{\text{T(3)}}$ , кА	$I_T^2 \cdot t_T$ , кА <sup>2</sup> ·с
ТТ-35 ТСН	35	1,65	18,18	0,1	33,05	35	200	12	144
ТТ-35 ВЭУ №8 ВЭУ №11	35	843,92	18,18	0,34	143,9	35	1000	40	1600
ТТ-КЛ 35 кВ Ива- новская ВЭС - РУ 220 кВ Граждан- ской ВЭС	35	843,92	18,18	0,94	342,2	35	1000	40	1600

Расчет по определению нагрузок трансформаторов тока представлен в томе «Релейная защита и регистрация аварийных событий» ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.3.

#### 4.4 Выбор индуктивных трансформаторов напряжения 35 кВ

В ячейках 35 кВ к установке приняты антирезонансные индуктивные трансформаторы напряжения 35 кВ с тремя вторичными обмотками.

Условия выбора ТН:

- по напряжению  $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$ ;
- по конструкции и схеме соединения обмоток;

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

						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							34
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

- по классу точности (рассматривается в томе ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.3);
- по вторичной нагрузке  $S_{\text{ном}} > S_{\text{нагр}}$  (рассматривается в томе ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.3).

Параметры обмоток трансформаторов напряжения 35 кВ представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Параметры обмоток трансформатора напряжения 35 кВ

Наименование ТН	Параметры обмоток	Класс точности ТН
ТН-35-СП	$\frac{35}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{3}$ кВ	0,5/0,5/3Р

Расчет по определению нагрузок трансформаторов напряжения представлен в томе ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.3 «Релейная защита и регистрация аварийных событий».

#### 4.5 Выбор разъединителей 35 кВ

Условия выбора:

- по напряжению  $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$ ;
- по току  $I_{\text{мах}} \leq I_{\text{ном}}$ ;
- проверка на электродинамическую стойкость  $i_y \leq i_{\text{пр.с.}}$ ,  
 $i_{\text{пр.с.}}$  – амплитудное значение предельного сквозного тока КЗ по каталогу;
- проверка на термическую стойкость  $B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$ ,  
где  $I_T$  – предельный ток термической стойкости по каталогу;  
 $t_T$  – длительность протекания тока термической стойкости по каталогу.

Технические характеристики и выбор разъединителей 35 кВ представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Технические характеристики и выбор разъединителей 35 кВ

Наименование	Расчетные данные					Технические данные			
	$U_{\text{уст}}$ , кВ	$I_{\text{мах}}$ , А	$i_y$ , кА	$t_{\text{р.л.}}$ , с	$B_k$ , кА <sup>2</sup> сек	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$I_{\text{ном}}$ , А	$i_{\text{пр.с.}}$ , кА	$I_T^2 \cdot t_T$ , кА <sup>2</sup> ·с
Р-35 ВЭУ №8 ВЭУ №11	35	843,92	39,9	0,64	243,1	35	1250	63	625
Р-35 КЛ 35 кВ Ива- новская ВЭС - РУ 220 кВ Граждан- ской ВЭС	35	843,92	39,9	0,64	243,1	35	2000	63	625



кровлю. Используемые материалы для крыши ДЭС соответствуют требованиям СО 153-34.21.122-2003. Естественным токоотводом является металлический каркас контейнера, имеющий жесткую металлическую связь с внешним контуром заземления. Металлический каркас ДЭС отвечает требованиям, предъявляемым к естественным токоотводам согласно СО 153-34.21.122-2003.

Для снижения уровня помех во вторичных цепях предусматриваются следующие мероприятия:

- применение экранированных кабелей и кабелей с металлической бронёй;
- заземление экранов контрольных кабелей с обеих сторон с применением специальных зажимов или разъемов;
- установка специальной медной шины внутри шкафов с МП терминалами для заземления экранов кабелей, корпусов терминалов и других устройств.

## 5.2 Перечень мероприятий по заземлению (занулению)

В состав ВЭУ входит КРУЭ 35 кВ. Сборные шины, токоведущие части и коммутационные аппараты каждой ячейки с элегазовой изоляцией расположены в герметичном необслуживаемом отсеке, заполненном элегазом, открытые проводящие части отсутствуют - обслуживающий ВУЭ персонал не имеет доступа к токоведущим частям и сборным шинам данных ячеек.

Входящий в состав КРУЭ измерительный трансформатор напряжения с литой изоляцией расположен в ячейке с воздушной изоляцией, присоединение данного ТН к сборным шинам выполнено кабелем с использованием герметичных кабельных адаптеров (бушингов), открытые проводящие части также отсутствуют.

В качестве защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции применены следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- уравнивание потенциалов.

Взам. инв. №							
	Подп. и дата						
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС 000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							37

Разработка дополнительных мероприятий по обеспечению безопасности работ, в рамках требований пункта 21.6 «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», выполняется эксплуатирующей организацией до пробного пуска ВЭУ.

Каждая из ВЭУ и Модуль управления ВЭС имеют заземляющее устройство (далее ЗУ), используемое одновременно для электроустановок до 1 кВ и выше 1 кВ установленных в своем составе (ПУЭ пункт 1.7.55).

Для обеспечения электробезопасности к ЗУ ВЭУ и МУ присоединены:

- нейтраль и корпус трансформатора 35/0,72 кВ (для ВЭУ);
- нейтраль и корпус трансформатора 35/0,4 кВ (для МУ);
- металлические оболочки и броня кабелей напряжением до 1 кВ и выше, в том числе предусмотрено эквипотенциальное соединение экранов кабелей, входящих в ВЭУ или выходящих из нее, к главной заземляющей шине;
- открытые проводящие части электроустановок напряжением до 1 кВ и выше;
- сторонние проводящие части, в том числе металлическая башня ВЭУ и входная металлическая лестница;

Проектируемая сеть 35 кВ является сетью напряжением выше 1 кВ с заземленной через резистор нейтралью.

Проектируемая сеть 0,4 кВ является сетью напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью.

Для электроустановок напряжением до 1 кВ принята система заземления TN-S.

Учитывая тот факт, что имеются установки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью, так и установки напряжением выше 1 кВ в сетях с заземленной нейтралью через резистор, при выборе параметров ЗУ необходимо руководствоваться наиболее жесткими требованиями.

Сопротивление ЗУ следует принять наименьшим исходя из следующих условий:

Ид. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									38	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	

- не более 10 Ом для выполнения требований производителя ВЭУ фирмы Vestas;
- не более 2 Ом для выполнения требований ПУЭ (пункт 1.7.101);
- требований по обеспечению электробезопасности по ГОСТ Р 50571-4-44-2011.

Для обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала требуется выполнение ЗУ с сопротивлением, которое обеспечит допустимые значения напряжения повреждения (напряжения на ЗУ) в системе низкого напряжения при ОЗЗ в системе высокого напряжения в любое время года.

Формула напряжения повреждения, возникающего на заземляющем устройстве при повреждении в сетях выше 1 кВ примет следующий вид:

$$U_{\text{пов.на зу}} = R_{\text{зу}} \cdot I_{\text{озз}},$$

где  $I_{\text{озз}}$  - значение расчетного тока однофазного замыкания на землю (величина тока замыкания на землю должна быть определена для той из возможной в эксплуатации схемы сети, при которой величина тока замыкания на землю имеет наибольшее значение);

$R_{\text{зу}}$  - сопротивление ЗУ с учетом всех естественных и искусственных ЗУ (имеющих гальванические связи внешних контуров заземления);

$$I_{\text{озз}} = \sqrt{(I_{\Sigma C})^2 + (I_{R_N})^2},$$

где

$I_{R_N}$  - активный ток, создаваемый резистором;

$I_{\Sigma C}$  - емкостной ток сети;

$$I_{R_N} = \frac{U_{\text{вн}}}{\sqrt{3} \cdot R_N},$$

где  $R_N$  - сопротивление заземляющего резистора.

В расчетах  $I_{R_N}$ , при схеме включения резистора в нейтраль через фильтр нулевой последовательности (ФНП), допускается пренебрегать сопротивлением ФНП ( $Z_{\text{ФНП}} = R_N$ ). Сопротивление ФНП практически не оказывает влияние на модуль сопротивления нейтрали и угол между током и напряжением (не превы-

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата





Произведем упрощенный расчет без использования емкостных значений сборных шин 35 кВ и силовых трансформаторов, в расчете будем учитывать только кабельные линии 35 кВ.

Суммарный емкостный ток КЛ 35 кВ составляет 82,33А. Наибольший емкостный ток присоединения составляет 82,33 А. Для обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ должно выполняться следующее условие:

$$I_R \geq 4 \cdot I_{\text{Сфид}},$$

где  $I_R$  – ток, создаваемый резистором в месте замыкания;

4 – коэффициент, обеспечивающий надежное срабатывание защиты от ОЗЗ, определенный по выражению  $K_{\text{ч}} \times I_{\text{сз}} = K_{\text{ч}} \times K_{\text{н}} \times K_{\text{бр}} \times I_{\text{Сфид}} = 1,5 \times 1,2 \times 2,0 \times I_{\text{Сфид}} \approx 4 \cdot I_{\text{Сфид}}$ ;

$I_{\text{Сфид}}$  – наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ МУ Ивановская ВЭС.

$$I_R \geq 4 \cdot 82,33 = 329,32 \text{ А.}$$

Наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ РУ-220 кВ, на данном этапе, составляет 82,33 А. Для обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ должно выполняться следующее условие:

$$I_R \geq 2 \cdot I_{\text{Сфид}},$$

где  $I_R$  – ток, создаваемый резистором в месте замыкания;

2 – коэффициент, обеспечивающий надежное срабатывание защиты от ОЗЗ, определенный по выражению  $K_{\text{ч}} \times I_{\text{сз}} = K_{\text{ч}} \times K_{\text{н}} \times K_{\text{бр}} \times I_{\text{Сфид}} = 1,5 \times 1,2 \times 1,0 \times I_{\text{Сфид}} \approx 2 \cdot I_{\text{Сфид}}$ ;

$I_{\text{Сфид}}$  – наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ РУ 220 кВ.

$$I_R \geq 2 \cdot 82,33 = 164,66 \text{ А.}$$

Рекомендуется к установке резистор с номинальным током 400 А сопротивлением 50 Ом.

$$I_{R_N} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 50} = 404,14 \text{ А.}$$

И.в. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									41
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1

Рекомендуется в проекте строительства РУ 220 кВ Гражданской ВЭС (не рассматривается по данному титулу) уточнить суммарный емкостный ток с учетом всех отходящих ЛЭП от РУ-35 кВ РУ 220 кВ, уточнить номера секций шин и выполнить выбор сопротивления заземления нейтрали с учетом приведенных рекомендаций и с учетом обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ на отходящих ЛЭП от РУ-35 кВ РУ 220 кВ.

Подключать резистор рекомендуется к 1СШ 35 кВ ПС 220 кВ Гражданская.

$$I_{\Sigma C} = 230,62 \text{ A},$$

$$I_{R_N} = 404,14 \text{ A}.$$

$$I_{\text{озз}} = \sqrt{230,62^2 + 404,14^2} = 465,31 \text{ A}.$$

$I_{\Sigma C}$  - суммарный емкостной ток ВЭС.

Таблица 5.2 – Суммарные ёмкостные токи КЛ 35 кВ ВЭС

Наименование ВЭС	Суммарный ёмкостной ток короткого замыкания на землю, А
Покровская ВЭС	109,38
Покровская ВЭС	148,29
Покровская ВЭС	82,33

Для определения параметров допустимого сопротивления (ЗУ МУ) в любое время года при прохождении расчетного тока замыкания на землю с учетом всех естественных и искусственных заземлителей получим следующее неравенство:

$$R_{\text{зу}} \leq \frac{U_{\text{пов.на зу}}}{I_{\text{озз}}},$$

Для определения допустимого значения напряжения повреждения воспользуемся с кривой приведенной на рисунке 44.А2 ГОСТ Р 50571-4-44-2011 (МЭК 60364-4-44:2007) при заданном времени полного отключения ОЗЗ ( $t_{\text{озз}} = 0,36 \text{ с}$ ) находим значение  $U_{\text{пов.на зу}} = 375 \text{ В}$ , тогда:

$$R_{\text{зу}} \leq \frac{375}{465,31} = 0,806 \text{ Ом}.$$

Взам. инв. №	находим значение $U_{\text{пов.на зу}}=375 \text{ В}$ , тогда:											
	$R_{\text{зу}} \leq \frac{375}{465,31} = 0,806 \text{ Ом.}$											
Подп. и дата	№ п/п		Участок КЛ 35 кВ		Марка кабеля АПвПуг-35, сечение		Удельный ем- костной ток ко- роткого замыкания на землю, А/км		Длина КЛ, км		Емкостной ток ко- роткого замыкания на зем- лю, А	
	1. Ивановская ВЭС											
Инв. № подл.	1.1	ВЭУ №1-ВЭУ №2		3×(1×95МК/16)		3,428		1,38		4,73		
	1.2	ВЭУ №2-ВЭУ №3		3×(1×95МК/16)		3,428		1,21		4,15		
	1.3	ВЭУ №3-ВЭУ №4		3×(1×150МК/25)		3,809		1,19		4,53		
	1.4	ВЭУ №4-ВЭУ №5		3×(1×240МК/25)		4,571		2,05		9,37		
	1.5	ВЭУ №5-ВЭУ №6		3×(1×400МК/35)		5,523		0,82		4,53		
							ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1					
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	Лист 42					

№ п/п	Участок КЛ 35 кВ	Марка кабеля АПвПуг-35, сечение	Удельный ем- костной ток ко- роткого замыкания на землю, А/км	Длина КЛ, км	Емкостной ток ко- роткого замыкания на зем- лю, А
1.6	ВЭУ №6-ВЭУ №7	3×(1×500мк/35)	6,094	1,37	8,35
1.7	ВЭУ №7-ВЭУ №8	3×(1×500мк/35)	6,094	1,01	6,15
1.8	ВЭУ №8-РУ-35 кВ СШ МУ Ивановская ВЭС	3×(1×630мк/35)	6,666	1,56	10,40
1.9	ВЭУ №9-ВЭУ №10	3×(1×95мк/16)	3,428	0,73	2,50
1.10	ВЭУ №10-ВЭУ №11	3×(1×95мк/16)	3,428	0,80	2,74
1.11	ВЭУ №11-РУ-35 кВ СШ МУ Ивановская ВЭС	3×(1×150мк/25)	3,809	5,89	22,44
1.12	<b>РУ-35 кВ СШ МУ Иванов- ская ВЭС – РУ 35 кВ РУ 220 кВ Гражданской ВЭС</b>	<b>3×3×(1×500мк/35)</b>	<b>6,094</b>	<b>0,2</b>	2,44
Итого:					82,33

Произведем упрощенный расчет без использования емкостных значений сборных шин 35 кВ и силовых трансформаторов, в расчете будем учитывать только кабельные линии 35 кВ.

Суммарный емкостный ток КЛ 35 кВ составляет 82,33А. Наибольший емкостный ток присоединения составляет 82,33 А. Для обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ должно выполняться следующее условие:

$$I_R \geq 4 \cdot I_{\text{Сфид}},$$

где  $I_R$  – ток, создаваемый резистором в месте замыкания;

4 – коэффициент, обеспечивающий надежное срабатывание защиты от ОЗЗ, определенный по выражению  $K_{\text{ч}} \times I_{\text{сз}} = K_{\text{ч}} \times K_{\text{н}} \times K_{\text{бр}} \times I_{\text{Сфид}} = 1,5 \times 1,2 \times 2,0 \times I_{\text{Сфид}} \approx 4 \cdot I_{\text{Сфид}}$ ;

$I_{\text{Сфид}}$  – наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ МУ Ивановская ВЭС.

$$I_R \geq 4 \cdot 82,33 = 329,32 \text{ А.}$$

Наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ РУ-220 кВ, на данном этапе, составляет 82,33 А. Для обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ должно выполняться следующее условие:

$$I_R \geq 2 \cdot I_{\text{Сфид}},$$

где  $I_R$  – ток, создаваемый резистором в месте замыкания;

Взам. инв. №						
	Подп. и дата					
Инв. № подл.						
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1
						Лист 43

2 – коэффициент, обеспечивающий надежное срабатывание защиты от ОЗЗ, определенный по выражению  $K_{\text{ч}} \times I_{\text{сз}} = K_{\text{ч}} \times K_{\text{н}} \times K_{\text{бр}} \times I_{\text{сфид}} = 1,5 \times 1,2 \times 1,0 \times I_{\text{сфид}} \approx 2 \cdot I_{\text{сфид}}$ ;

$I_{\text{сфид}}$  – наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ РУ 220 кВ.

$$I_R \geq 2 \cdot 82,33 = 164,66 \text{ А.}$$

Рекомендуется к установке резистор с номинальным током 400 А сопротивлением 50 Ом.

$$I_{R_N} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 50} = 404,14 \text{ А.}$$

Рекомендуется в проекте строительства РУ 220 кВ Гражданской ВЭС (не рассматривается по данному титулу) уточнить суммарный емкостный ток с учетом всех отходящих ЛЭП от РУ-35 кВ РУ 220 кВ, уточнить номера секций шин и выполнить выбор сопротивления заземления нейтрали с учетом приведенных рекомендаций и с учетом обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ на отходящих ЛЭП от РУ-35 кВ РУ 220 кВ.

Подключать резистор рекомендуется к 1СШ 35 кВ ПС 220 кВ Гражданская.

$$I_{\Sigma C} = 230,62 \text{ А,}$$

$$I_{R_N} = 404,14 \text{ А.}$$

$$I_{\text{ОЗЗ}} = \sqrt{230,62^2 + 404,14^2} = 465,31 \text{ А.}$$

$I_{\Sigma C}$  – суммарный емкостной ток ВЭС.

Таблица 5.2 – Суммарные ёмкостные токи КЛ 35 кВ ВЭС

Взам инв. №	Наименование ВЭС						Суммарный ёмкостной ток короткого замыкания на землю, А						
	Покровская ВЭС						109,38						
	Покровская ВЭС						148,29						
	Покровская ВЭС						82,33						
Подп. и дата	Для определения параметров допустимого сопротивления (ЗУ МУ) в любое время года при прохождении расчетного тока замыкания на землю с учетом всех естественных и искусственных заземлителей получим следующее неравенство:												
	$R_{\text{зу}} \leq \frac{U_{\text{пов.на зу}}}{I_{\text{озз}}},$												
Инв. № подл.							ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1						Лист
													44
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата							



$I_{\text{Сфид}}$  – наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ МУ Ивановская ВЭС.

$$I_R \geq 4 \cdot 79,89 = 319,56 \text{ А.}$$

Наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ РУ-220 кВ, на данном этапе, составляет 82,33 А. Для обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ должно выполняться следующее условие:

$$I_R \geq 2 \cdot I_{\text{Сфид}},$$

где  $I_R$  – ток, создаваемый резистором в месте замыкания;

2 – коэффициент, обеспечивающий надежное срабатывание защиты от ОЗЗ, определенный по выражению  $K_{\text{ч}} \times I_{\text{сз}} = K_{\text{ч}} \times K_{\text{н}} \times K_{\text{бр}} \times I_{\text{Сфид}} = 1,5 \times 1,2 \times 1,0 \times I_{\text{Сфид}} \approx 2 \cdot I_{\text{Сфид}}$ ;

$I_{\text{Сфид}}$  – наибольший емкостный ток присоединения, отходящего от РУ-35 кВ РУ 220 кВ.

$$I_R \geq 2 \cdot 82,33 = 164,66 \text{ А.}$$

Рекомендуется к установке резистор с номинальным током 400 А сопротивлением 50 Ом.

$$I_{R_N} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 50} = 404,14 \text{ А.}$$

Рекомендуется в проекте строительства РУ 220 кВ Гражданской ВЭС (не рассматривается по данному титулу) уточнить суммарный емкостный ток с учетом всех отходящих ЛЭП от РУ-35 кВ РУ 220 кВ, уточнить номера секций шин и выполнить выбор сопротивления заземления нейтрали с учетом приведенных рекомендаций и с учетом обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ на отходящих ЛЭП от РУ-35 кВ РУ 220 кВ.

Подключать резистор рекомендуется к 1СШ 35 кВ ПС 220 кВ Гражданская.

$$I_{\Sigma\text{С}} = 230,62 \text{ А,}$$

$$I_{R_N} = 404,14 \text{ А.}$$

$$I_{\text{ОЗЗ}} = \sqrt{230,62^2 + 404,14^2} = 465,31 \text{ А.}$$

$I_{\Sigma\text{С}}$  – суммарный емкостной ток ВЭС.

Таблица 5.2 – Суммарные ёмкостные токи КЛ 35 кВ ВЭС

Взам. инв. №	Подп. и дата	комендаций и с учетом обеспечения надежного срабатывания защиты от ОЗЗ на отходящих ЛЭП от РУ-35 кВ РУ 220 кВ.					
		Подключать резистор рекомендуется к 1СШ 35 кВ ПС 220 кВ Гражданская.					
		$I_{\Sigma C} = 230,62 \text{ A},$ $I_{R_N} = 404,14 \text{ A}.$ $I_{033} = \sqrt{230,62^2 + 404,14^2} = 465,31 \text{ A}.$ $I_{\Sigma C}$ - суммарный емкостной ток ВЭС. Таблица 5.2 – Суммарные ёмкостные токи КЛ 35 кВ ВЭС					
Инв. № подл.							Лист
	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1						46
	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

Наименование ВЭС	Суммарный ёмкостной ток короткого замыкания на землю, А
Гражданская ВЭС	109,38
Покровская ВЭС	148,29
Ивановская ВЭС	82,33

Для определения параметров допустимого сопротивления (ЗУ МУ) в любое время года при прохождении расчетного тока замыкания на землю с учетом всех естественных и искусственных заземлителей получим следующее неравенство:

$$R_{\text{зу}} \leq \frac{U_{\text{пов.на зу}}}{I_{\text{озз}}},$$

Для определения допустимого значения напряжения повреждения воспользуемся с кривой приведенной на рисунке 44.А2 ГОСТ Р 50571-4-44-2011 (МЭК 60364-4-44:2007) при заданном времени полного отключения ОЗЗ ( $t_{\text{озз}} = 0,36 \text{ с}$ ) находим значение  $U_{\text{пов.на зу}} = 375 \text{ В}$ , тогда:

$$R_{\text{зу}} \leq \frac{375}{465,31} = 0,806 \text{ Ом.}$$

Согласно п. 1.7.114 ПУЭ. сечение шин магистрали заземления должно быть выбрано таким, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью или двухфазного КЗ в электроустановках с изолированной нейтралью, температура шин не превысила предельно допустимую температуру нагрева.

В таблице 5.3 приведены результаты расчета интеграла Джоуля для сетей Гражданская ВЭС, для однофазных или двухфазных коротких замыканий, в зависимости от режима заземления нейтрали сети.

Таблица 5.3 – Расчет интеграла Джоуля для выбора сечения шин магистрали заземления ВЭУ

		ВЭУ		МУ		
Номинальное напряжение сети, кВ		35	0,72	35	0,4	
Вид КЗ, выбранный для расчетов сечения шины заземления (в соответствии с п.1.7.114 ПУЭ)		Двухфазное	Однофазное	Двухфазное	Однофазное	
Длительность КЗ		0,4393	0,1	1,0393	0,4	
		ВЭС 000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1				Лист
						47
Изм.	Кол.уч					Лист

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



Интеграл Джоуля ( $B_k$ ),  
кА<sup>2</sup>с

95,67

172,8

257,63

4,4

Согласно РД 153-34.0-20.527-98, минимально допустимое сечение проводников по условию термической стойкости определяется по формуле:

$$S_{\text{терм}} = \sqrt{\frac{B_k}{A_{\theta_k} - A_{\theta_n}}},$$

где  $A_{\theta_k}, A_{\theta_n}$  - функция удельной теплоемкости материала проводника, его удельного сопротивления и температуры нагрева, определяемая по рис. 8.8-8.9 РД 153-34.0-20.527-98. исходя из материала шин, максимально допустимой и начальной температур нагрева соответственно. Для удобства расчета обозначим  $C_T = \sqrt{A_{\theta_k} - A_{\theta_n}}$ . Примем начальную температуру проводников 50 °С (максимально возможная температура в помещении). Для стали, при максимально допустимой температуре 400°С,  $C_T=70 \text{ Ас}^{1/2}/\text{мм}^2$ . Результаты расчета минимально допустимого сечения шин магистрали заземления приведены в таблице 5.4. Кривые для определения температуры нагрева проводников отражены на рисунке 5.1.

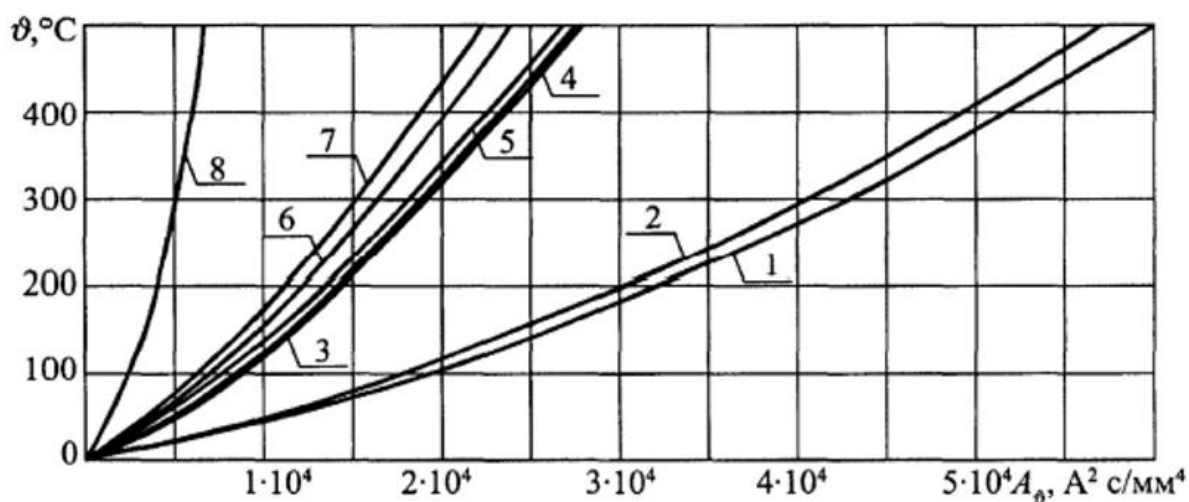


Рисунок 5.1 – Кривые для определения температуры нагрева проводников из различных материалов при коротких замыканиях.

Материалы проводников: 1- ММ; 2-МТ; 3-АМ; 4-АТ; 5-АДО, АСГ:  
6-АД31Т1; 7-АД31Т; 8-СтЗ

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Таблица 5.4 – Расчет минимально допустимого сечения шин заземления ВЭУ и МУ

Номинальное напряжение сети, кВ / точка КЗ	35/МУ Покровская ВЭС РУ-35 кВ СШ	0,72/шины НН трансформатора ВЭУ №22
Материал шины заземления	сталь	сталь
$C_t, \text{Ас}^{1/2}/\text{мм}^2$	70	70
Минимально допустимое сечение шин заземления, $\text{мм}^2$	229,29	187,8

В соответствии с результатами расчетов и с целью унификации решений, в качестве магистрали заземления МУ и ВЭУ проектом предусматривается использование стальной полосы горячего цинкования сечением площадью сечения  $5 \times 50 \text{ мм}^2$ .

В качестве ЗУ используются искусственный заземлитель (внешний заземляющий контур, представляющий собой электрически связанное соединение горизонтальных и вертикальных электродов заземления и расположенный по периметру края фундамента на расстоянии 1 м от края) и естественный заземлитель (фундамент).

Расчет сопротивления ЗУ выполняется по ГОСТ Р 54418.24-2013. При расчете сопротивление естественного заземлителя не учитывается, так как ГОСТ не устанавливает методику расчета сопротивления естественного заземлителя и значение его сопротивления возможно определить только на этапе строительства с помощью измерений.

При проведении строительно-монтажных работ на объекте к искусственному заземлителю с сопротивлением удовлетворяющим требованиям электробезопасности будут присоединен естественный заземлитель, что приведет к уменьшению общего сопротивления ЗУ.

### 5.2.1 Расчет ЗУ одной ВЭУ

В соответствии с отчетами по инженерно-геологическим изысканиям и инженерно-геологическим исследованиями в качестве исходных данных принято следующее:

- район проектирования ЗУ относится к III климатической зоне;
- все исследования ВЭЗ были произведены в период октябрь-ноябрь;

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									49
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1



$D$  – диаметр кольцевого электрода (м);

$a_{\text{пол.}} = 0,25 \times F$  – радиус для заземлителя, выполненного из стальной полосы, где  $F$  – ширина стальной полосы;

$$a_{\text{пол.}} = 0,25 \times 0,05 = 0,0125 \text{ м,}$$

Для горизонтального электрода, заглубленного на 1 м учитывая строение грунта (таблица 5.4) можно принять удельное сопротивление в 260 Ом·м, тогда:

$$R_1 = \frac{260}{\pi^2 \cdot 20} \cdot \ln \frac{4 \cdot 20}{\sqrt{2 \cdot 0,0125 \cdot 1}} = 3,5618 \text{ Ом.}$$

Расчет  $n$  заземляющих стержней равной длины, установленных по кругу диаметром  $D$ , с интервалом между соседними стержнями равным или превышающим длину стержня:

$$R_2 = \frac{\rho}{2 \cdot n \cdot \pi \cdot L} \cdot \left( \ln \frac{4 \cdot L}{a_{\text{кр.}}} - 1 + \frac{L}{D} \cdot \sum_{m=1}^{n-1} \frac{1}{\sin\left(\frac{\pi \cdot m}{n}\right)} \right),$$

где  $L$  - длина одного вертикального электрода (м);

$$a_{\text{кр.}} = \frac{0,018}{2} = 0,009 \text{ м;}$$

Для вертикального электрода, заглубленного на 1 м учитывая параметры грунта (таблица 5.2) необходимо привести эквивалентное значение удельного сопротивления двух верхних слоев, тогда:

$$\rho = \rho_{\text{эк.в}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \kappa_{\text{к}} \cdot L}{\rho_1 \cdot (d + \kappa_{\text{к}} \cdot L - h) + \rho_2 \cdot (h - d)},$$

где  $\kappa_{\text{к}} = 1$ , при  $\rho_1 > \rho_2$ ;

$\kappa_{\text{к}} = 1,2$ , при  $\rho_1 < \rho_2$ ;

$h$  – глубина первого слоя грунта (м);

$$\rho = \frac{260 \cdot 38 \cdot 1 \cdot 5}{260 \cdot (1 + 1 \cdot 5 - 2,6) + 38 \cdot (2,6 - 1)} = 52,29 \text{ Ом.}$$

$$R_2 = \frac{52,29}{2 \cdot 12 \cdot \pi \cdot 5} \cdot \left( \ln \frac{4 \cdot 5}{0,009} - 1 + \frac{5}{20} \cdot \sum_{m=1}^{12-1} \frac{1}{\sin\left(\frac{\pi \cdot m}{12}\right)} \right) = 3,05.$$

Расчет взаимного сопротивления заземления между кольцевым электродом и  $n$  числом заземляющих стержней, установленных по кругу диаметром  $D$ :

Изм. № подл.	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Взам. инв. №
								Подп. и дата
								Лист

$$R_3 = \frac{\rho}{\pi^2 \cdot D} \cdot \ln \frac{4 \cdot D}{\sqrt{2 \cdot \frac{L}{e} \cdot d}}$$

$$R_3 = \frac{52,29}{\pi^2 \cdot 20} \cdot \ln \frac{4 \cdot 20}{\sqrt{2 \cdot \frac{5}{2,718} \cdot 1}} = 0,429.$$

Расчет общего сопротивления базовой конструкции:

$$R_{\text{общ.}} = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_3^2}{R_1 + R_2 - 2 \cdot R_3};$$

$$R_{\text{общ.}} = \frac{3,562 \cdot 3,05 - 0,429^2}{3,562 + 3,05 - 2 \cdot 0,429} = 1,856 \text{ Ом.}$$

Для оценки сопротивления базовой конструкции ЗУ в любое время года, необходимо внести поправочный коэффициент на сезонные изменения в соответствии с РД 153-34.0-20.525-00. Методом линейной интерполяции находим значение поправочного коэффициента  $k_c = 1,28$ . Тогда общее сопротивление базовой конструкции ЗУ в расчетный период (расчётным периодом является время года с наихудшими показателями удельного сопротивления грунта) примет следующее значение:

$$R_{\text{ЗУ.баз.расч.}} = R_{\text{общ.}} \cdot k_c = 1,856 \cdot 1,28 = 2,376 \text{ Ом.}$$

Базовая конструкция не удовлетворяет требованиям по электробезопасности.

Для усиления базовой конструкции произведем дополнительный монтаж кольцевого заземлителя диаметром 29 м. Расчет кольцевого заземлителя выполняется аналогично.

Результаты расчета дополнительного кольцевого заземлителя сведены в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Результаты расчета дополнительного кольцевого заземлителя

Параметр	Ед. изм.	Значение
Диаметр кольцевого заземлителя	м	29
Количество заземляющих стержней	шт.	18
$R_1$	Ом	2,603
$R_2$	Ом	0,768
$R_3$	Ом	0,325
$R_{\text{общ.д}}$	Ом	0,696

Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							52

Учитывая, что дополнительные электроды соединены параллельно с базовой конструкцией, а базовая конструкция будет использоваться за счет экранирования не более чем на 95% то их суммарное сопротивление можно рассчитать по следующей формуле:

$$R_{\text{сумм.}} = \frac{R_{\text{общ.}} \cdot R_{\text{общ.д}}}{R_{\text{общ.}} + R_{\text{общ.д}}} = \frac{\left(\frac{1,856}{0,95}\right) \cdot 0,696}{\left(\frac{1,856}{0,95}\right) + 0,696} = 0,513.$$

$$R_{\text{ЗУ.сумм.расч.}} = R_{\text{сумм.}} \cdot \kappa_{\text{с}} = 0,513 \cdot 1,28 = 0,657 \text{ Ом.}$$

ЗУ удовлетворяет требованиям по электробезопасности.

### 5.2.2 Расчет ЗУ для ДЭС

В соответствии с п. 1. 7.101 ПУЭ Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генератора, в любое время года должно быть не более 4 Ом при линейных напряжениях 380 В источника трехфазного тока. Контур заземления ДЭС присоединяется к контуру МУ ВЭС не менее чем в двух местах. В соответствии с п 5.2.2 сопротивление ЗУ МУ ВЭС составляет 0,4223 Ом, что удовлетворяет требованиям п. 1. 7.101 ПУЭ. Отдельный расчет для контура заземления ДЭС не выполняется.

### 5.2.3 Внешнее ограждение

Настоящим проектом не предусмотрено размещение электроприемников на внешнем ограждении МУ ВЭС, при эксплуатации возможна установка дополнительного оборудования (электроприемников) на внешнем ограждении. На основании требований п.1.7.93 ПУЭ внешнее ограждение МУ ВЭС присоединено к контуру заземления, а с внешней стороны ограждения, на расстоянии 1 м от него и на глубине 1 м, проложен горизонтальный заземлитель для выравнивания потенциалов. Выполнение указанных мероприятий на этапе строительства позволит исключить риски повреждения КЛ-35 кВ отходящих от МУ ВЭС при монтаже заземлителя в случае реализации указанных мероприятий при эксплуатации объекта.

Взам. инв. №		<div style="text-align: right;">ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1</div>					Лист
Подп. и дата							53
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Также при выполнении заземления внешнего ограждения и прокладки горизонтального заземлителя с внешней стороны ограды уменьшается площадь благоустройства огороженной территории, за счет уменьшения периметра ограждения, согласно п.1.7.93 ПУЭ при отсутствии заземления ограждения расстояние от ограждения до элементов контура заземления расположенных с внутренней стороны ограждения должно быть не менее 2 м.

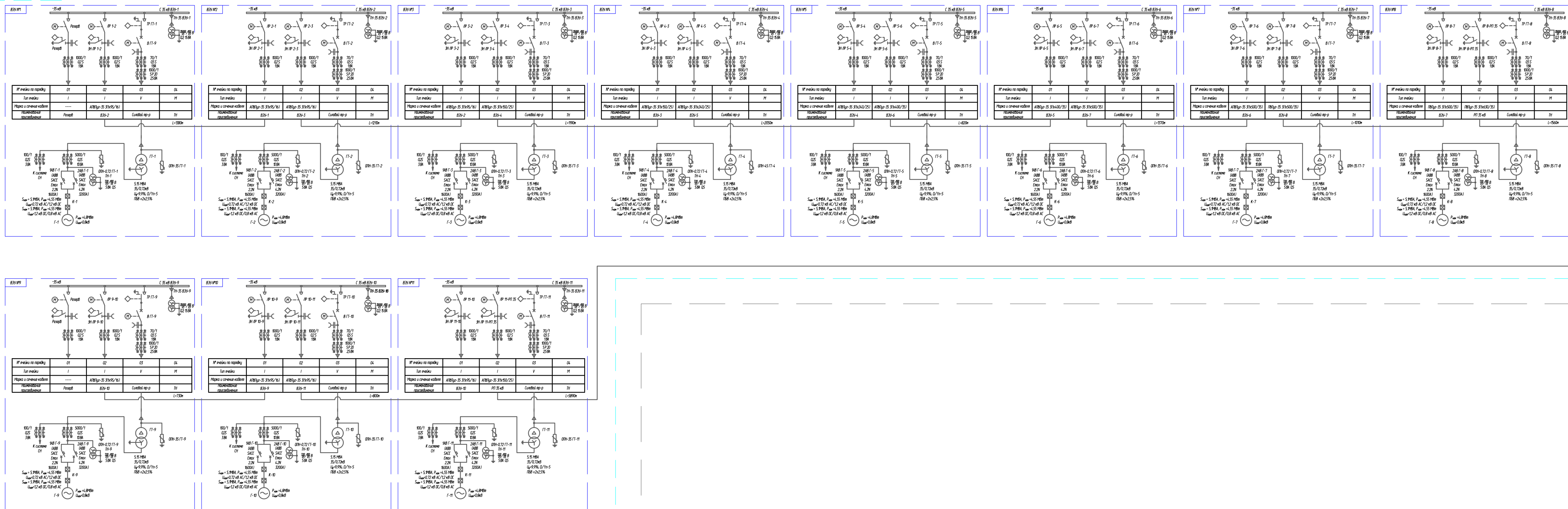
Установка с внешней стороны ограждения горизонтального заземлителя также обусловлена п.1.7.94 ПУЭ в связи с наличием связи между МУ ВЭС и РУ-35 РУ 220 кВ Гражданской ВЭС по экрану силовых кабелей, заземленных с двух сторон.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1	Лист
							54
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

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

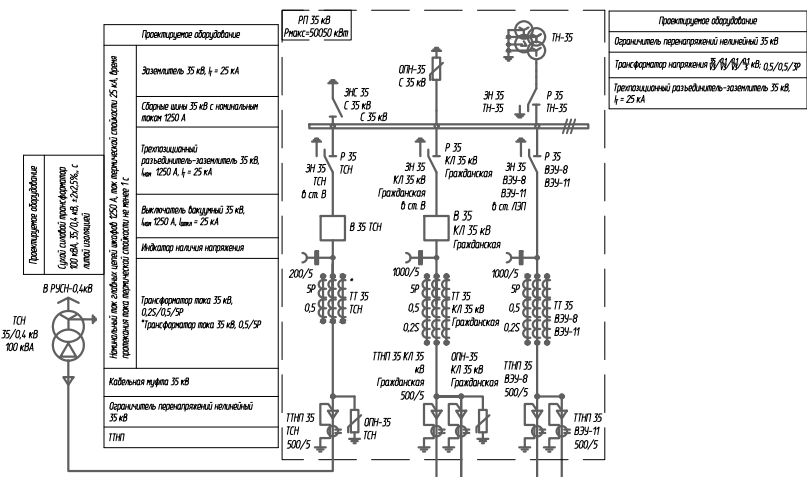
Ивановская ВЭС

III этап строительства код ГТН GIVE0650 (50,05 МВт)



II этап строительства

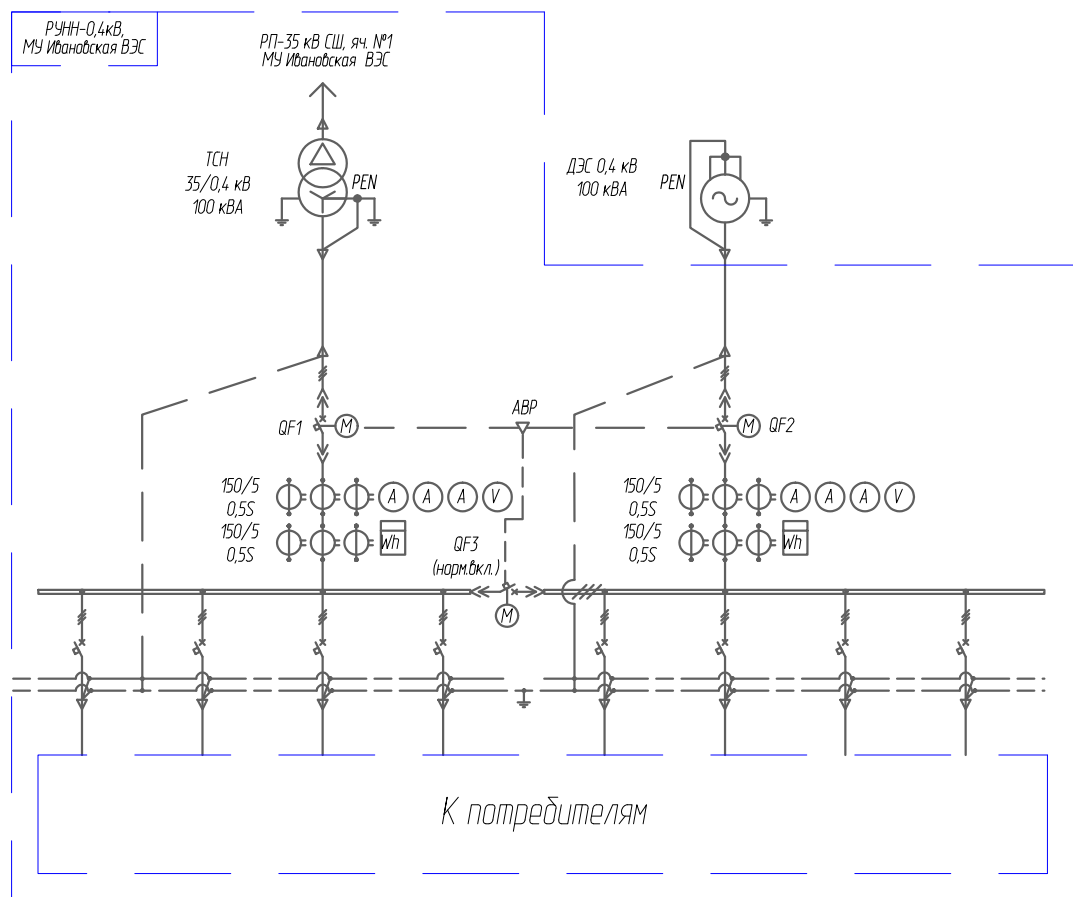
РП 35 кВ МУ  
Ивановской ВЭС



РУ 35 кВ Гражданской ВЭС

РУ 220 кВ Гражданской ВЭС

Схема организации РУНН-0,4 кВ  
МУ Ивановская ВЭС



Значения максимальных рабочих токов	
Участок КЛ	Максимальный рабочий ток участка, А
ВЗУ №1	76,72
ВЗУ №2	153,44
ВЗУ №3	230,16
ВЗУ №4	306,88
ВЗУ №5	383,60
ВЗУ №6	460,32
ВЗУ №7	537,04
ВЗУ №8	613,76
ВЗУ №9	76,72
ВЗУ №10	153,44
ВЗУ №11	230,16
РП-35 кВ Ш МУ Ивановская ВЭС - РУ-35 кВ РУ 220 кВ Гражданской ВЭС	843,92

Значения токов КЗ	
Наименование точки КЗ	$I_{K3}$ , кА
ВЗУ №1	10,94
ВЗУ №2	11,91
ВЗУ №3	12,91
ВЗУ №4	13,74
ВЗУ №5	15,03
ВЗУ №6	15,52
ВЗУ №7	16,37
ВЗУ №8	17,04
ВЗУ №9	11,11
ВЗУ №10	11,65
ВЗУ №11	12,35
РП-35 кВ Ш МУ Ивановская ВЭС	18,18

Условные обозначения:

- 2 этап строительства;

- 3 этап строительства.

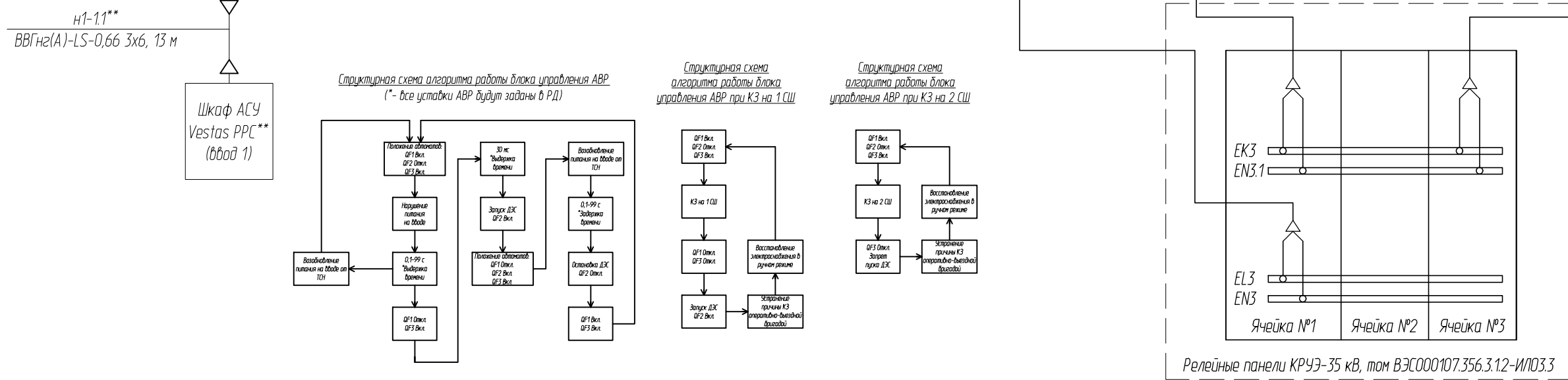
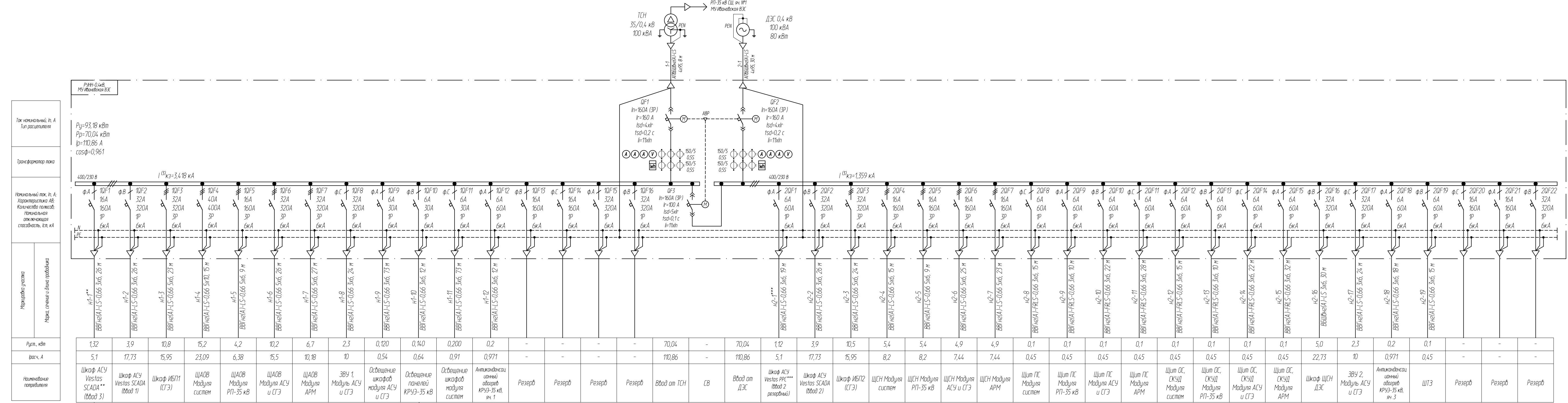
Примечание - Расчетный ток одной ВЗУ составляет 76,72 А

ВЭС000107.356.3.12-ИЛ03.101					
ООО "Дебятый Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработ	Егоров	19.02.21			
Проверил	Вершинин	19.02.21			
Нач. отд.	Вершинин	19.02.21			
ГИП	Бондарчук	19.02.21			
Н. контр.	Пирогова	19.02.21			
Утв.					
Ивановская ВЭС				Стация	
Ветропоя электрическая станция, двухфазно-однофазные автомобильные дороги; Этап 2, "Ивановская ВЭС"; Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС)				Лист	
Схема электрическая главная Ивановская ВЭС				Листов	
ООО "ЕРСМ Сибири"					








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

Так: номинальный, In, А; Тип распределителя	
Трансформатор тока	
Номинальный ток, In, А; Характеристика АВ; Количество полюсов; Номинальная отключающая способность, Iст, кА	
Маркировка участка	Марка, сечение и длина проводника
Ручн., кВт	
Ирасч., А	
Наименование потребителя	



Примечания:  
1 Щкаф РУНН-0,4 кВ входит в комплект поставки модуля управления ВЭС;  
2 QF3 щкафа РУНН-0,4 кВ нормально включен;  
3 Отключающая способность автоматических выключателей при КЗ, не менее 6 кА;  
4 Чертеж не является основанием для нарезки кабелей;  
5 Кабели нарезаются по фактически проложенной трассе;  
6 Питание электроприемников выполнять от сети 400/230 В с системой заземления TN-S;  
7 \* - оборудование учтено в релейных панелях в составе КРУЭ-35 кВ;  
8 Организация электроснабжения схемы управления АВР-0,4 кВ и электроснабжение электрообогревательных приборов автоматических выключателей QF1, 2, 3 осуществляется от СТП 1 СШ (том ВЭС000107.356.3.12-ИЛО3.2);  
9 Список сигналов передаваемых в АСУТП по Ethernet и протоколу МЭК 60870-5-104, представлен в том ВЭС000107.356.3.12-ИЛО3.5;  
10 \*\*\* - электроснабжение щкафа Vestas PPC осуществляется транзитом через щкаф Vestas SCADA, т.е. щкаф Vestas PPC запитывается с выхода ИБП в составе Vestas SCADA;  
11 \*\*\* - резервное электроснабжение напрямую щкафа Vestas PPC. Данный кабель закончить и использовать в качестве резерва при повреждении основного электроснабжения;  
12 Количество ОЛ и параметры АВ на ОЛ могут быть уточнены на стадии Рабочая документация.

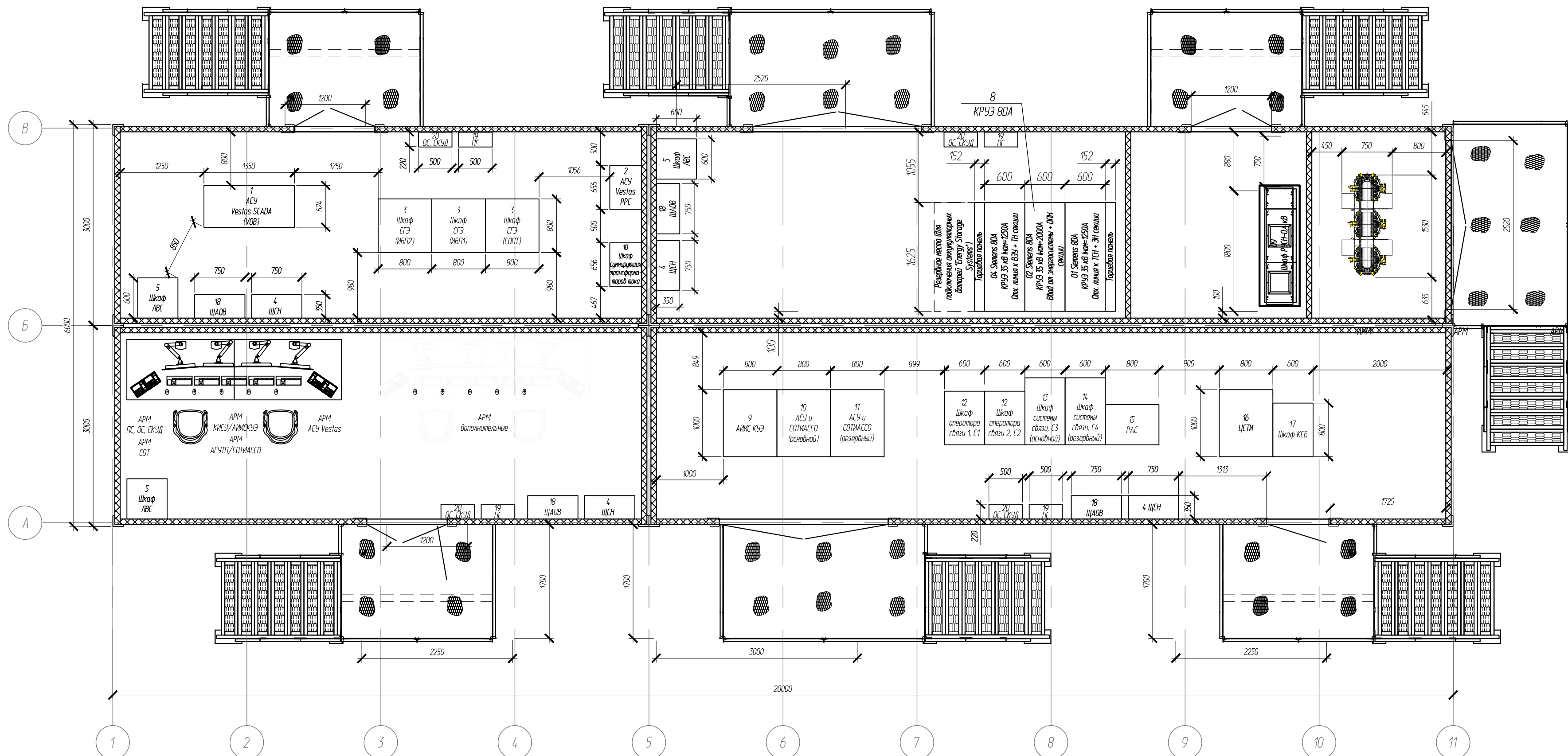
Условные обозначения:  
QFxx - порядковый номер АВ  
32А - номинальный ток АВ  
256А - установка распределителей токов короткого замыкания  
1Р, 3Р - количество полюсов  
6кА - отключающая способность  
Ⓜ - электрообогревательный прибор  
MOT 12UP ADC220, 220 В пост./пер. тока, 35 Вт

						ВЭС000107.356.3.12-ИЛО3.102			
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Ветропарная электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги, Этап 2 "Ивановская ВЭС": Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).	Стадия	Лист	Листов
Разработ.	Егоров				19.20.21		П		1
Проверил	Вершинин				19.20.21				
Нач. отд.	Вершинин				19.20.21				
ГИП	Бондарчук				19.20.21				
Н. контр.	Пирогова				19.20.21	Схема электрическая СН-0,4 кВ МУ Ивановская ВЭС	ООО "ЕРСМ Сибдир"		
Утв.									










Экспликация помещений			
№ помещения	Наименование помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. пом.
1	Модуль АСУ и СУЗ	2163	В4
2	Модуль РИ-35 кВ	32,75	В4
3	Модуль систем	32,75	В4
4	Модуль АРМ	2163	В4



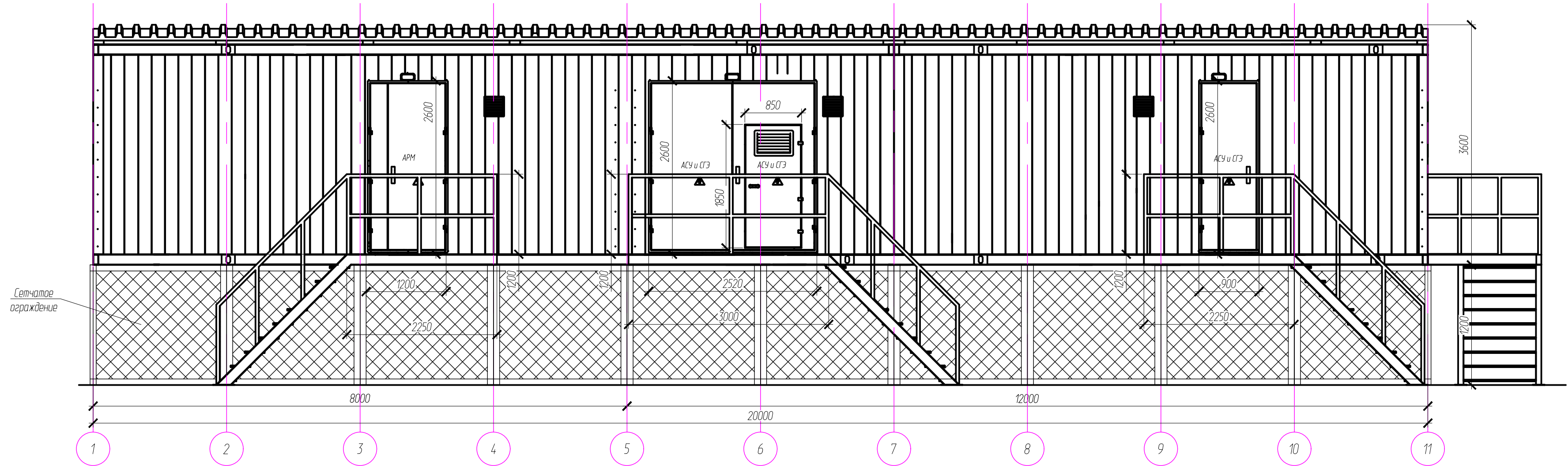
Поз.	Наименование	Ед	Кол-во	Производитель
1	Шкаф АСУ Vestas SCADA (VDB)	шт.	1	В паспорте ВЭУ
2	Шкаф АСУ Vestas PPC	шт.	1	В паспорте ВЭУ
3	Шкафы ГЭЗ (системы гарантированного электроснабжения в составе ИБП №1, ИБП №2, СОРТ)	шт.	3	83C00007.356.3.12-W003.2
4	ЩСН модульного здания	шт.	4	в паспорте МУ
5	Шкаф ЛВС (для организации доступа к ЛВС)	шт.	3	83C00007.356.3.12-W004.1
6	ТСН типа ТСЛ-100/35-УЗ	шт.	1	в паспорте МУ
7	АРМ	шт.	5	83C00007.356.3.12-W004.1 83C00007.356.3.12-W003.4 83C00007.356.3.12-W003.5
8	Распределительное устройство 35кВ КРУЭ 8DA Siemens	шт.	3	в паспорте МУ
9	АИИС КУЭ Шкаф серверов	шт.	1	83C00007.356.3.12-W003.4
10	Шкаф АСУ и СОТИ АССО Основной	шт.	1	83C00007.356.3.12-W003.5
11	Шкаф АСУ и СОТИ АССО Резервный	шт.	1	83C00007.356.3.12-W003.5
12	Системы связи Шкаф оператора связи (С1, С2)	шт.	2	83C00007.356.3.12-W004.1
13	Шкаф системы связи Основной (С3)	шт.	1	83C00007.356.3.12-W004.1
14	Шкаф системы связи Резервный (С4)	шт.	1	83C00007.356.3.12-W004.1
15	Шкаф РАС (регистратор аварийных событий)	шт.	1	83C00007.356.3.12-W003.3
16	Шкаф ЦСТИ (центра сбора технологической информации)	шт.	1	По отдельному договору
17	Шкаф КСБ	шт.	1	83C00007.356.3.12-W004.1
18	Щит автоматики отопления вентилизации (ЩАОВ)	шт.	4	в паспорте МУ
19	Шкаф пожарной сигнализации (ПС)	шт.	4	в паспорте МУ
20	Шкаф системы безопасности и охранной сигнализации (ОС, СКУД)	шт.	4	в паспорте МУ
21	Шкаф РУСН-0,4 кВ	шт.	1	в паспорте МУ

Примечания:

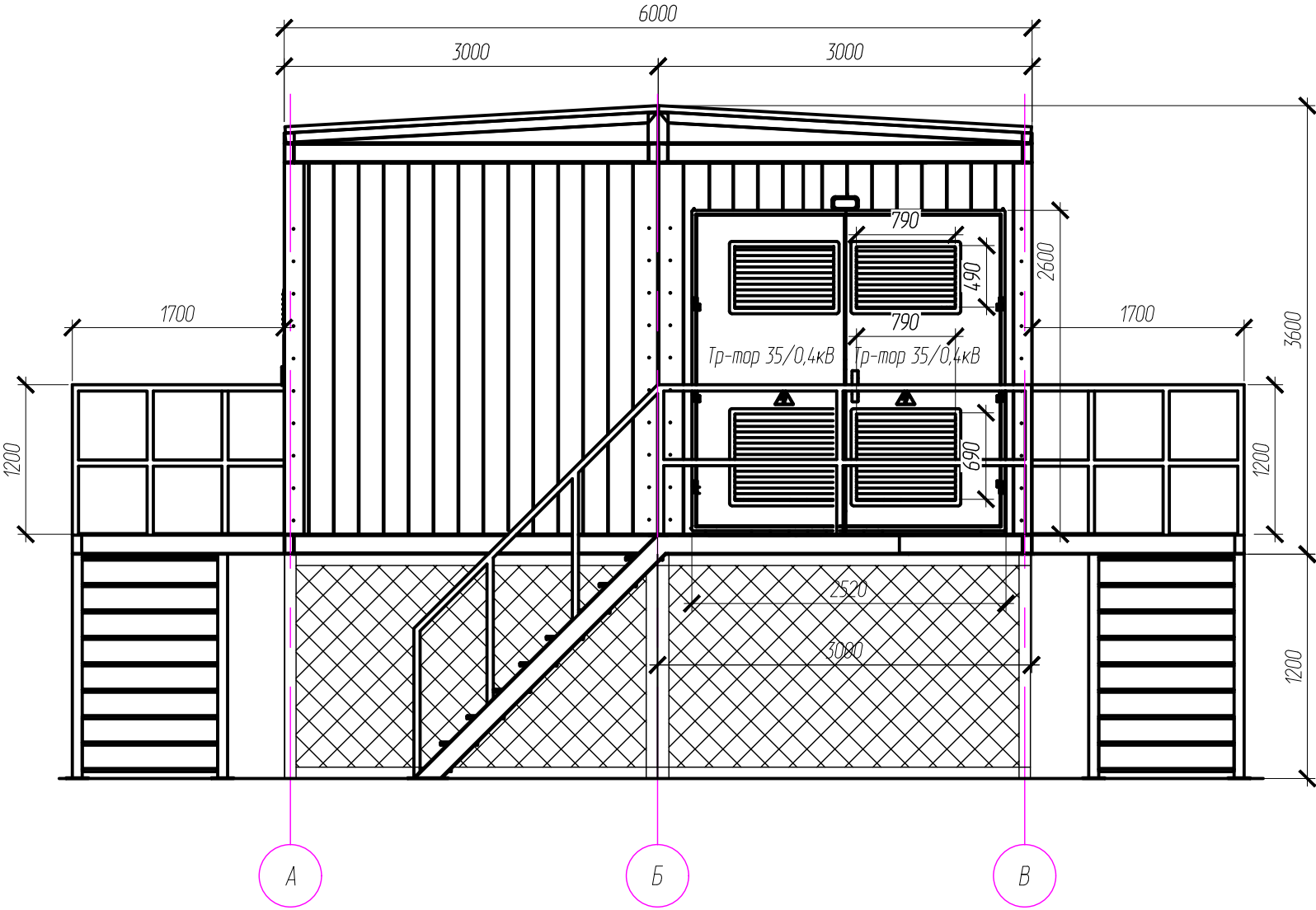
- 1 Место ввода кабеля в МУ ВЭС а также прассы внутри и под МУ ВЭС будут уточнены на стадии разработки РД.
- 2 Кабели инженерных систем модуля управления ВЭС поставляются комплектно с МУ ВЭС заводом-изготовителем.
- 3 Кабельные связи между модулями прокладываются под патолоном модулей по кабельным конструкциям, поставляемым комплектно с заводом-изготовителем.
- 4 Внешние кабели, силовые кабели выше 1 кВ и кабель 0,4 кВ от ТЧН прокладываются под модулями по кабельным конструкциям, поставляемым комплектно с заводом-изготовителя.
- 5 Высота помещений от пола до потолка 3000 мм.
- 6 Крыша всего здания плоскостная.
- 7 Габаритные размеры ЩСН, СКУД, ПС, ЩАОВ, РУСН-0,4 кВ могут быть уточнены на стадии РД.
- 8 Габаритные размеры проходов, расположение дверных проемов, ворот, шкафов и щитов могут быть уточнены на стадии РД.

						ВЭС007.107.356.3.12-И/03.104		
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"		
Изм	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Разработал		Езаров			19.02.21	Ветропарк электрическая станция, ветропринадлежащие автономные дороги. Этап 2, "Ивановская ВЭС". Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).	Страница	Лист
Проверил		Вершинин			19.02.21		П	
Нач. отд		Вершинин			19.02.21			1
Н. контр.		Пирогова			19.02.21	План расположения оборудования в МУ Ивановская ВЭС	ООО "ЕРСМ Сибирь"	
Учт.								
Гип		Бондарчук			19.02.21			

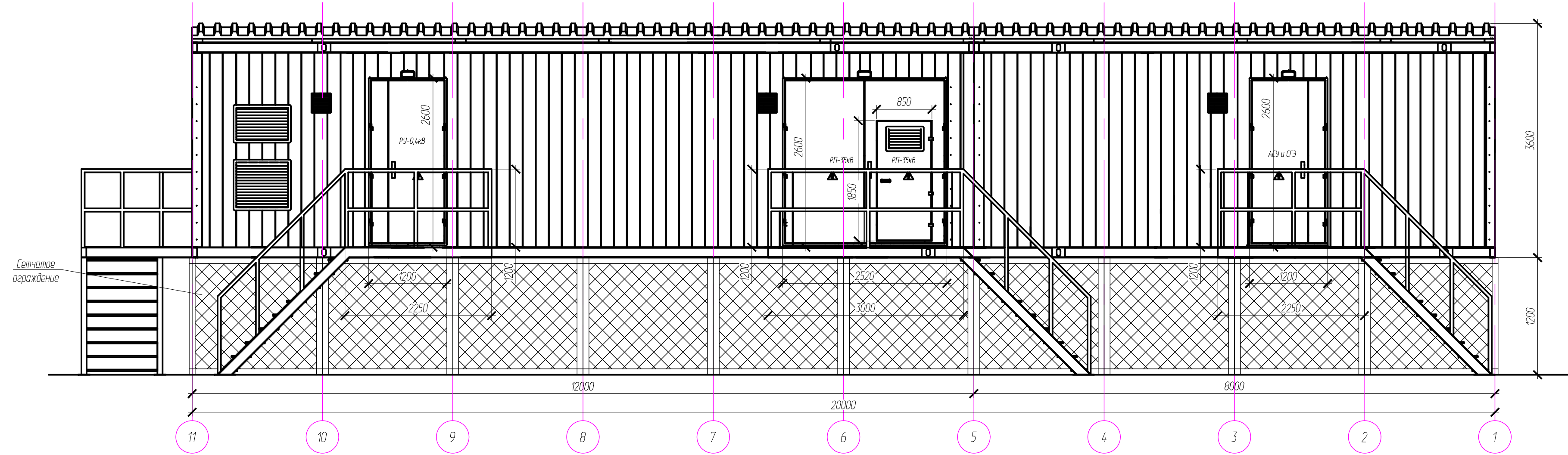
Фасад 1-11  
(1:50)



Фасад А-В  
(1:50)



Фасад 11-1  
(1:50)



Примечания:

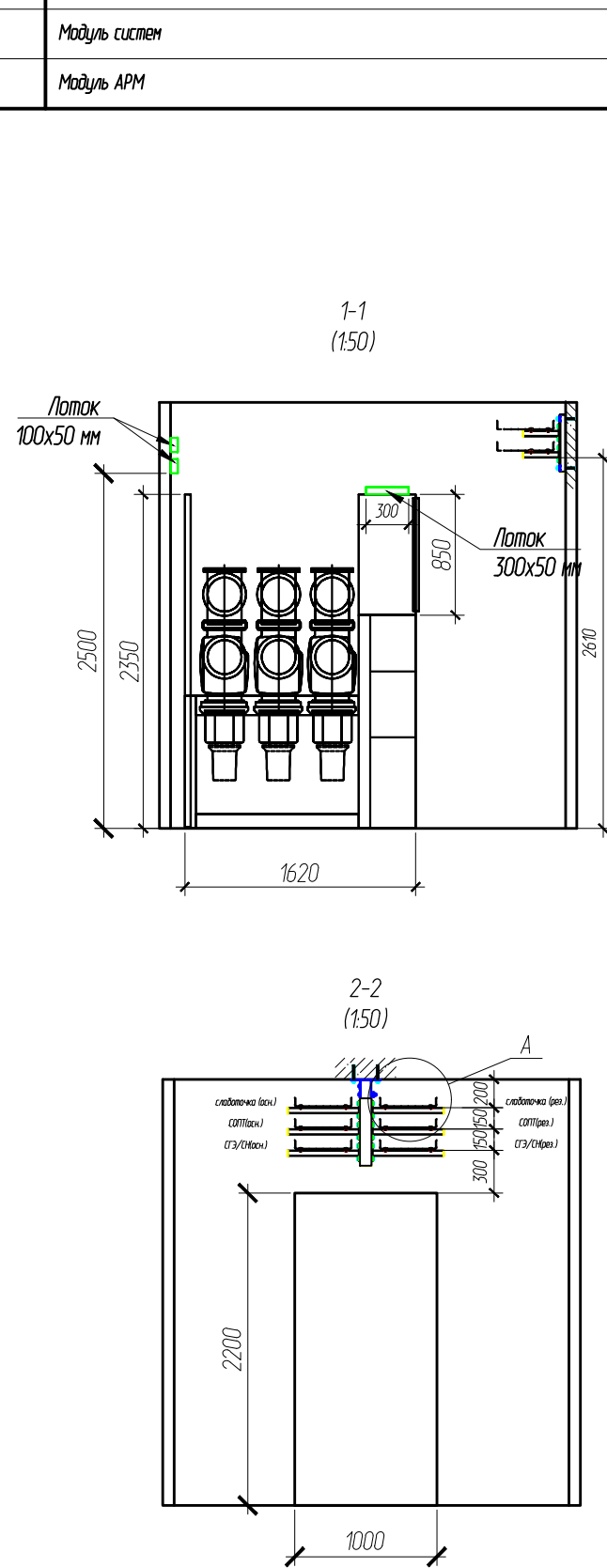
- 1 Крыша всего здания двускатная, транспортируется отдельным грузовым местом. Показана условно. Точный конструктив будет определен при разработке КД.
- 2 Требования к коррозионной стойкости конструктивных элементов. Коррозионная стойкость всех несущих и ограждающих конструкций здания должна соответствовать требованиям СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85" (с Изменением N 1).
- 3 Площадки обслуживания применены для высоты фундамента H=1,8 м.
- 4 Крепление блочно-модульного здания к фундаменту производится при помощи сварки.
- 5 Максимальная вертикальная нагрузка от блока на фундамент - равномерно распределенная и составляет q=1000 кг/м².
- 6 Стойки под площадки наружных лестниц не показаны.
- 7 Дверной проем шириной 1200 мм выполняется двусторонним с шириной створок 300 мм (фиксируемая часть) и 900 мм (открываемая часть).

						ВЭС000107.356.3.12-ИП03.104					
						ООО "Дебютный Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Ветропарковая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС". Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).	Студия	Лист	Листов		
Разработал				Егоров	19.02.21		П		1		
Проверил				Вершинин	19.02.21						
Нач. отд.				Вершинин	19.02.21						
И. контр.				Пирогова	19.02.21						
Учт.						Фасады модуля управления	ООО "ЕРСМ Сибири"				
ГИП				Бондарчук	19.02.21						



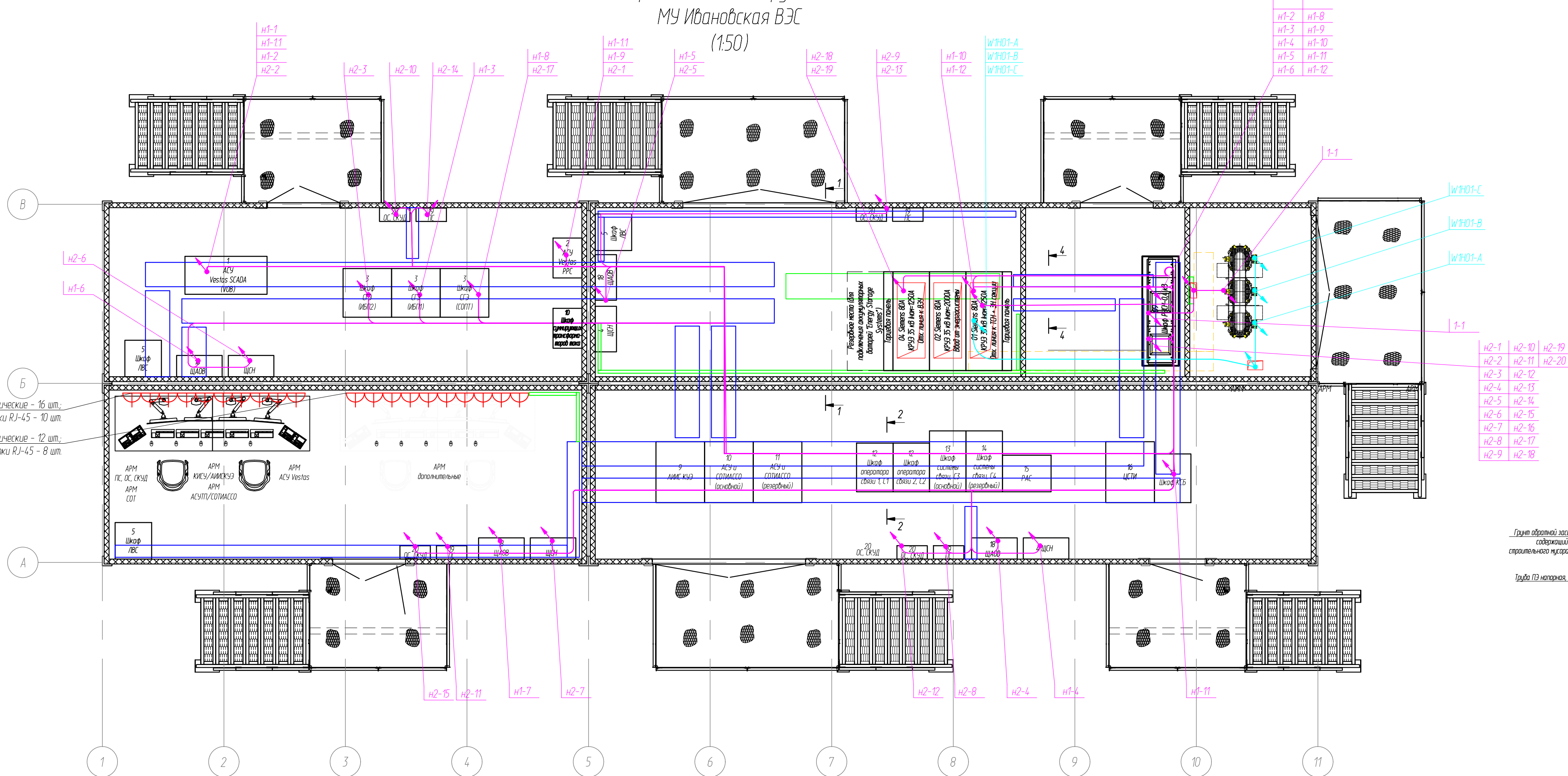
Экспликация помещений			
№ помещения	Наименование помещения	Площадь, м²	Кол. пом.
1	Модуль АСУ и ЦТЗ	2163	В4
2	Модуль РП-35 кВ	32,75	В4
3	Модуль систем	32,75	В4
4	Модуль АРМ	2163	В4

План расположения оборудования в  
МУ Ивановская ВЭС  
(1:50)

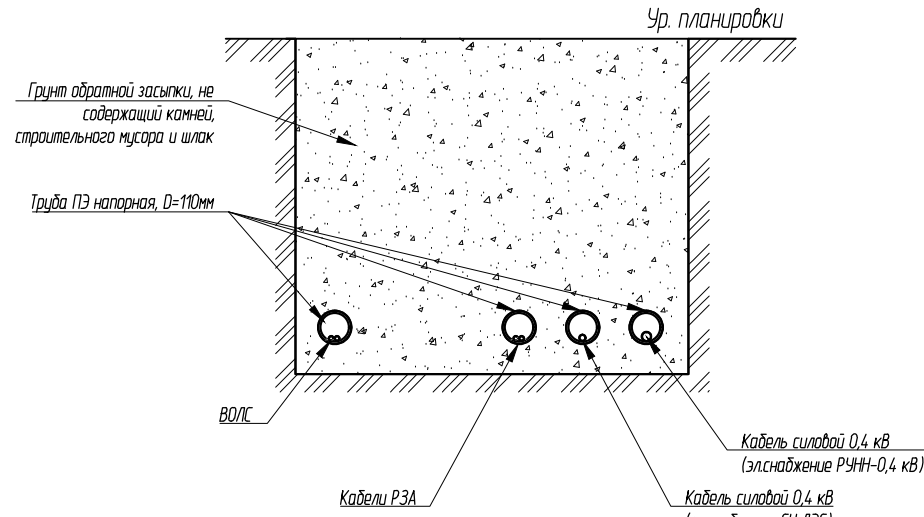


Розетки электрические – 16 шт.,  
двухпортовые розетки RJ-45 – 10 шт.

Розетки электрические – 12 шт.,  
двухпортовые розетки RJ-45 – 8 шт.



Прокладка КЛ-0,4 кВ до  
ДЭС(1:25)

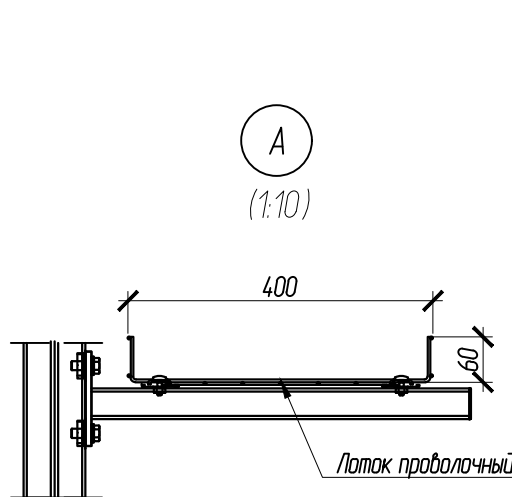


Экспликация оборудования

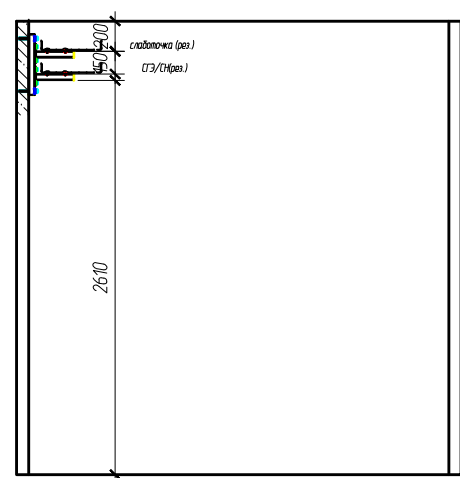
Поз.	Наименование	Ед.	Кол-во	Производитель
1	Шкаф АСУ Vestas SCADA (VAB)	шт.	1	
2	Шкаф АСУ Vestas PPC	шт.	1	
3	Шкафы ЦТЗ (системы гарантированного электроснабжения в составе ИБП №1, ИБП №2, СОПТ)	шт.	3	
4	ЩСН модульного здания	шт.	4	
5	Шкаф ЛВС (для организации доступа к ЛВС)	шт.	3	
6	ТСН типа ТСЛ-100/35-УЗ	шт.	1	
7	АРМ	шт.	5	
8	Распределительное устройство 35кВ КРУЗ ВДА Siemens	шт.	3	
9	АИИС КУЗ Шкаф серверов	шт.	1	
10	Шкаф АСУ и СОТИ АССО Основной	шт.	1	
11	Шкаф АСУ и СОТИ АССО Резервный	шт.	1	
12	Системы связи Шкаф оператора связи	шт.	2	
13	Шкаф системы связи Основной	шт.	1	

Экспликация оборудования

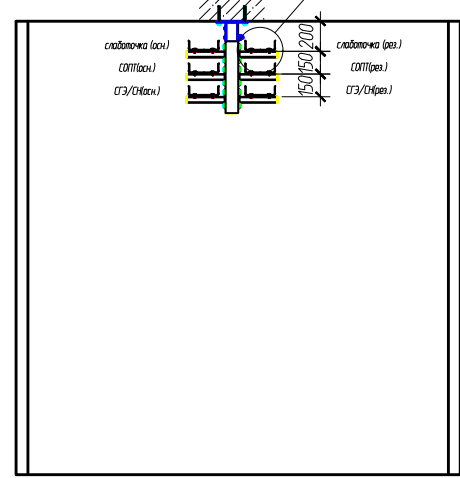
Поз.	Наименование	Ед.	Кол-во	Производитель
14	Шкаф системы связи Резервный	шт.	1	
15	Шкаф РАС (регистратор аварийных событий)	шт.	1	
16	Шкаф ЦСТИ (центра сбора технологической информации)	шт.	1	
17	Шкаф КСБ	шт.	1	
18	Щит автоматизации отопления вентиляции (ЩАОВ)	шт.	4	
19	Шкаф пожарной сигнализации (ПС)	шт.	4	
20	Шкаф системы безопасности и охранной сигнализации (ОС, СКЗЛ)	шт.	4	
21	Шкаф РУСН-0,4 кВ	шт.	1	
22	Шкаф тепловой защиты трансформатора (ШТЗ)	шт.	1	



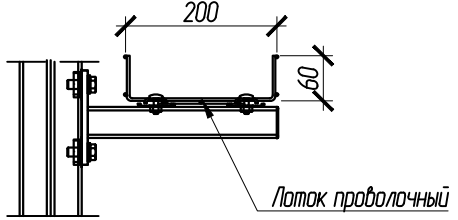
3-3  
(1:50)



4-4  
(1:50)



Б  
(1:10)



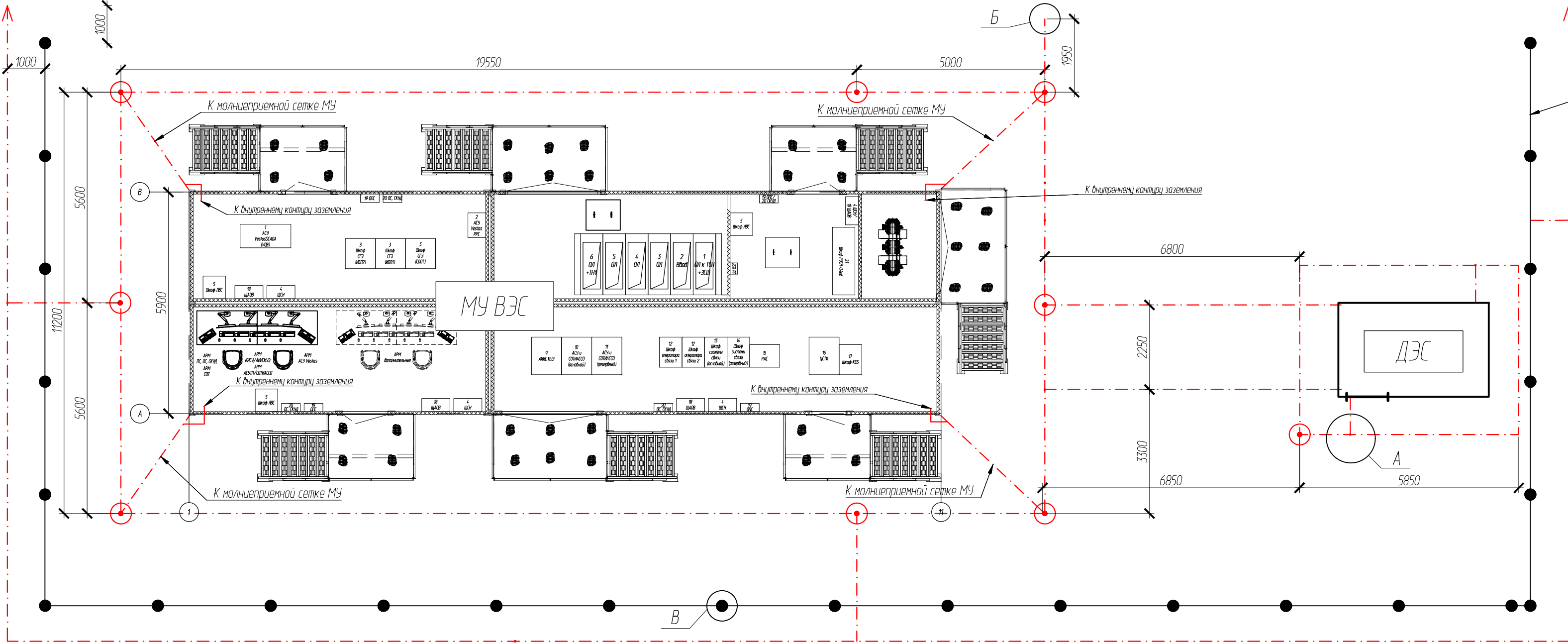
ВЭС000107.356.3.12-ИП03.104					
ООО "Дебютный Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал	Егорев	19.02.21			
Проверил	Вершинин	19.02.21			
Нач. отд.	Вершинин	19.02.21			
Н. контр.	Пирогова	19.02.21			
Учтб.					
ГМП	Бондарчук	19.02.21			
Фасады модуля управления				ООО "ЕРСМ Сибири"	
Ивановская ВЭС				Студия	Лист
Ветропарная электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги. Этап 2. "Ивановская ВЭС". Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).					1



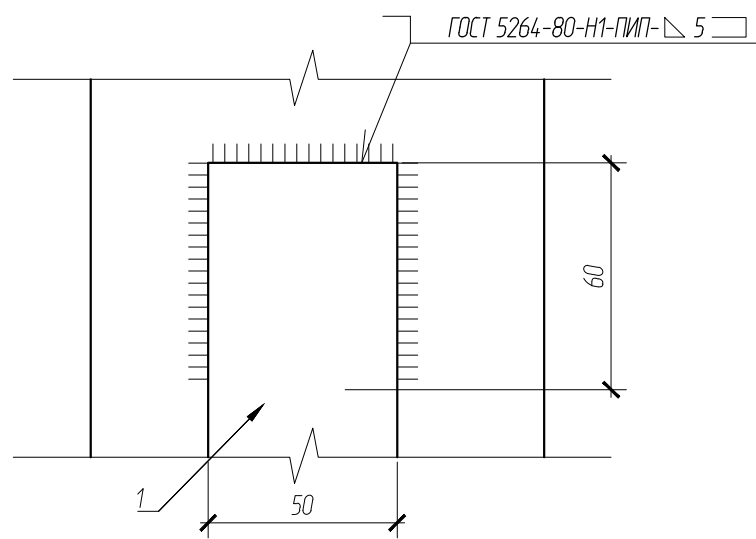
План заземления МУ Ивановская ВЭС и ДЭС  
(1:100)

К внешнему контуру заземления МУ  
Покровской ВЭС  
ВЭС000107.356.2.12

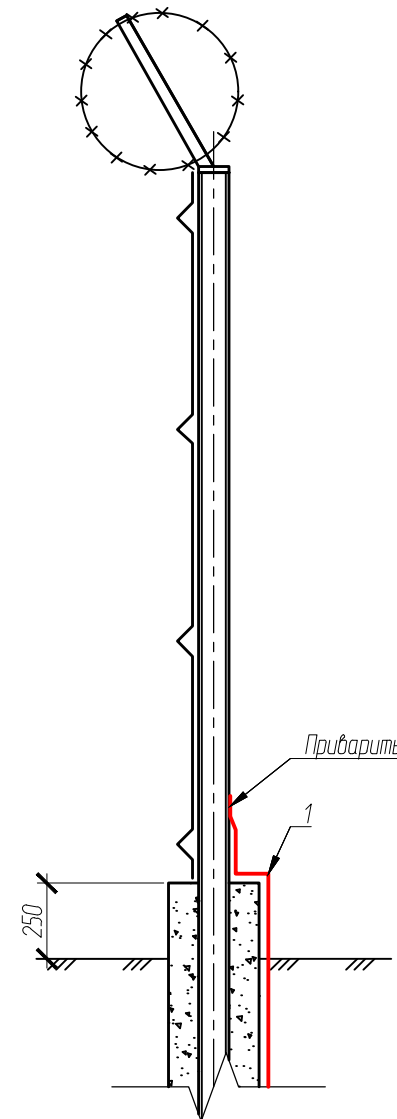
К внешнему контуру заземления МУ  
Покровской ВЭС  
ВЭС000107.356.2.12



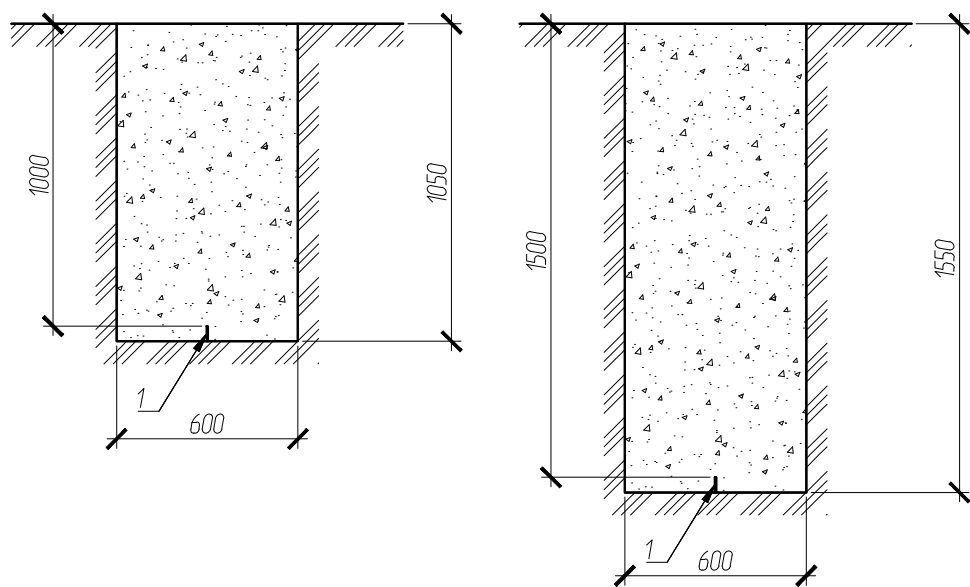
Присоединение полосы заземления  
к опорной стойке оборудования  
(1:2)



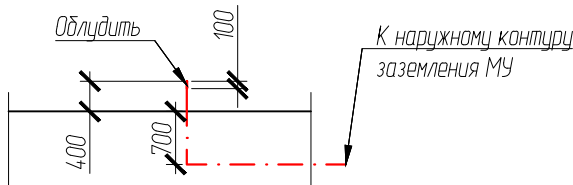
Заземление  
внешнего ограждения  
(1:25)



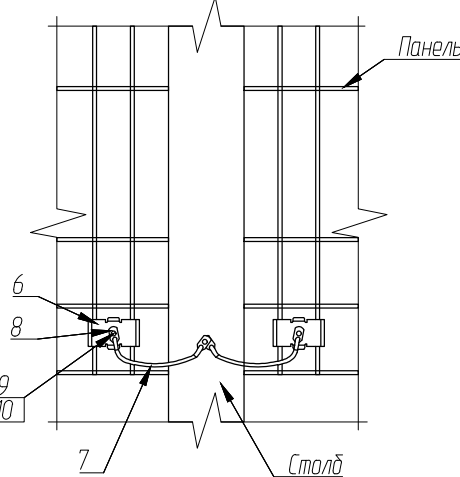
Разрезы траншей для прокладки  
полосы заземления  
(1:25)



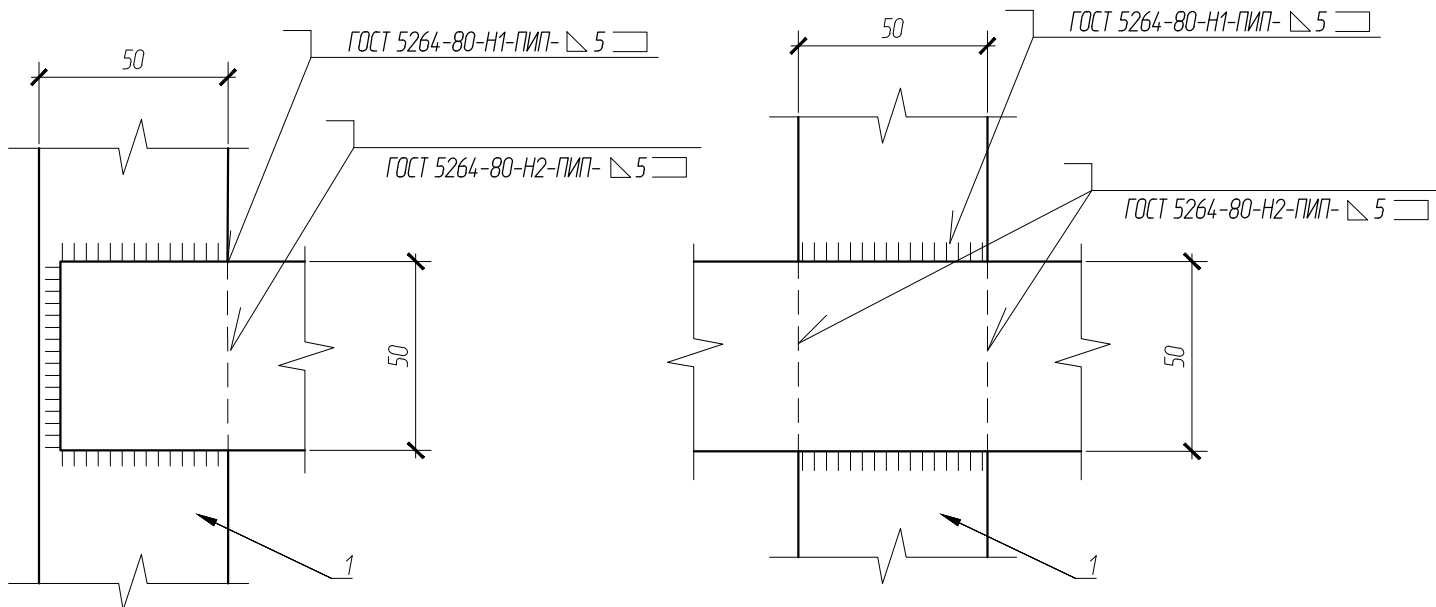
А Место заземления ДЭС  
(1:100)



Б Узел заземления внешнего  
ограждения  
(1:10)



Соединение полос заземления между собой  
(1:2)



Создатель	
Взам. инст. №	
Подпись дата	
Инф. № разд.	

Спецификация оборудования, изделий и материалов

Поз.	Наименование	Параметры	Ед.	Кол-во	Масса, кг	Примечание
1	Полоса заземления, горячего цинкования	50x5 ГОСТ 103-2006 Ст 3 по ГОСТ 535-2005	м	360	1,963	в т.ч. 30 м на выпуски
2	Сталь круглая ГОСТ 2590-88, горячего цинкования	Ø 18 L=5000 мм	шт.	13	5,991	
3	Цинал ТУ 2313-012-12288779-99		кг	2		
4	АЛПОЛ ТУ 2313-014-12288779-99		кг	0,825		
5	Сольв-УР ТУ 2319-032-12288779-2002		кг	0,1		
6	Скоба F50	ГОСТ 18360-93	шт.	79		
7	Провод гибкой установочный (монтажный) с медной многопроволочной жилой 10 мм в поливинилхлоридной изоляции	ПЭв 1x10	м	30		
8	Болтовой наконечник	ТМЛ 10-8-5	шт.	159		
9	Пресс-гайка М8	ГОСТ 5915-70	шт.	159		
10	Болт М8	ГОСТ 7798-70	шт.	159		

Габариты траншеи и объем земляных работ

№ траншеи	Суммарная длина участка по плану, м	Объем земляных работ на 1 м траншеи, м³			Суммарный объем земляных работ по траншее, м³		
		Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем межой просеяной земли или песка	Рытье траншеи	Обратная засыпка	Объем межой просеяной земли или песка
Глубина 1050 Ширина 600	265	0,63	0,63		166,95	166,95	
Глубина 1550 Ширина 600	650	0,93	0,93		604,5	604,5	
Итого:					22740	22740	

Условные обозначения:

- — — — — Сталь полосовая оцинкованная 50x5 мм проложенная в грунте (на глубине 1 м от урзели);
- — — — — Сталь полосовая оцинкованная 50x5 мм проложенная в грунте (на глубине 1,5 м от урзели);
- ⊙ Стальной прут круглого сечения оцинкованный Ø18 мм (вертикальный электрод заземления длиной 5 м);

- Примечания:
- В соответствии с ПУЭ п.1.7.54 для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители;
  - Все соединения между заземлителями, а также заземлителями и заземляющими проводниками осуществлять сваркой способом "внахлест" согласно ГОСТ 5264-80 тип Н1-Н2. Сварной шов должен быть сплошным. Длина "нахлеста" должна быть не менее двойной ширины при прямоугольном сечении. Высота сварных швов должна быть не менее 5 мм. Сварные соединения стальных элементов заземления должны быть защищены от коррозии при помощи состава Цинал + АЛПОЛ (поз.3,4) на 50-100 мм в обе стороны от сварного шва;
  - Магистраль контура заземления прокладывать на расстоянии 0,8-1 м от оснований оборудования;
  - В соответствии с п. 1.7.94 ПУЭ у входов в здание производится — укладка проводников на расстоянии 1 и 2 м от заземлителя на глубину 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;
  - Заземлители и заземляющие полосы, расположенные в земле, не должны иметь окраски;
  - У мест обхода заземляющих проводников должен быть нанесен знак "Заземление";
  - Выпуски контура заземления из грунта покрасить краской на основе дилупа черного цвета, в местах отпаек нанести желто-зеленые полосы;
  - Положение заземлителей уточнить по месту;
  - Соприкосновение заземляющего устройства в любое время года не должно превышать 0,806 Ом;
  - Для каждого блока МУ ВЭС организовать по два выпуска от горизонтального заземлителя для подключения отпайки молниеприемной сетки;
  - Выходящие за пределы ограды горизонтальные заземлители, трубы и кабели с металлической оболочкой или броней и другие металлические коммуникации должны быть проложены между стойками ограды на глубине не менее 0,5 м;
  - Внешний заземлитель присоединяется к наружному контуру заземления МУ ВЭС не менее чем в четырех точках;
  - Схема расположения элементов ограды МУ ВЭС представлена в плане ВЭС000107.356.3.12-ИЛО2.

ВЭС000107.356.3.12-ИЛО3.105					
ООО "Дебыйет Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.					19.02.21
Проверил	Вершинин				19.02.21
Нач. отд.	Вершинин				19.02.21
ГИП	Бондарчук				19.02.21
И контр.	Пирогова				19.02.21
Утв.					
Ветропарковая станция, вытупиловладение автомобильных дорог, этап 2, Ивановская ВЭС, Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС)				Стация	Лист
План заземления МУ Ивановская ВЭС и ДЭС				Лист	1
ООО "ЕРСМ Сибири"					

ВНИМАНИЕ!

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

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

Условия прокладки кабеля:

На открытых площадках:

001 – Кабель в траншее в земле;

001-01 – Кабель в траншее в трубе;

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.полузтаже с вводом в шкафы (панели)

						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛОЗ.1КЖ			
						ООО "Дебыйтй Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Ивановская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС": Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Егоров			19.02.21		П	1	3
Проверил		Вершинин			19.02.21				
Нач. отд.		Вершинин			19.02.21				
ГИП		Бондарчук			19.02.21				
Н. контр.		Пирогова			19.02.21				
Утв.						Кабельный журнал КЛ-0,4 кВ	ООО "ЕРСМ Сибдери"		

Марка кабеля	Заводская марка кабеля				Число используемых жил		Направление кабеля		Способ прокладки					Длина, м		Примечание	62
	По проекту		Фактически						Шифр								
	Тип	Число жил, сечение, мм <sup>2</sup>	Тип	Число жил, сечение, мм <sup>2</sup>	По проекту	Факт.	Откуда	Куда	001	002-01	003	006		по проекту	фактическая		
Кабели РУНН-0,4 кВ (переменный ток)																	
1-1	АПБШбнз(А)-LS-1	4x95			4		МУ, ТСН 35/0,4 кВ	РУНН-0,4 кВ, ввод 1		8				8			
2-1	АПБШбнз(А)-LS-1	4x95			4		Контейнер ДЭС 0,4 кВ	РУНН-0,4 кВ, ввод 2	30					30			
н1-1	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	Шкаф АСУ Vestas SCADA (ввод 3)				26		26			
н1-1.1	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Шкаф АСУ Vestas SCADA (ввод 3)	Шкаф АСУ Vestas PPC (ввод 1)				13		13			
н1-2	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	Шкаф АСУ Vestas SCADA (ввод 1)				26		26			
н1-3	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	Шкаф ИБП1 (СГЭ)				23		23			
н1-4	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x10			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	ЩАОВ Модуля систем				15		15			
н1-5	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	ЩАОВ Модуля РП-35 кВ				9		9			
н1-6	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	ЩАОВ Модуля АСУ и СГЭ				26		26			
н1-7	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	ЩАОВ Модуля АРМ				27		27			
н1-8	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	ЗВУ 1, Модуль АСУ и СГЭ				24		24			
н1-9	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	Освещение шкафов модуля АСУ и СГЭ				73		73			
н1-10	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	Освещение панелей КРУЭ-35 кВ				12		12			
н1-11	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	Освещение шкафов модуля систем				73		73			
н1-12	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 1 с.ш.	Антиконденсационный обогрев КРУЭ-35 кВ, яч. 1				12		12			
н2-1	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	Шкаф АСУ Vestas PPC (ввод 2 резервный)				19		19			
н2-2	ВВГнз(А)-LS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	Шкаф АСУ Vestas SCADA (ввод 2)				26		26			
н2-3	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	Шкаф ИБП2 (СГЭ)				24		24			
н2-4	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	ЩСН Модуля систем				15		15			
н2-5	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	ЩСН Модуля РП-35 кВ				9		9			
н2-6	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	ЩСН Модуля АСУ и СГЭ				25		25			
н2-7	ВВГнз(А)-LS-0,66	5x6			5		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	ЩСН Модуля АРМ				23		23			
н2-8	ВВГнз(А)-FRLS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	Щит ПС Модуля систем				15		15			
н2-9	ВВГнз(А)-FRLS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	Щит ПС Модуля РП-35 кВ				10		10			
н2-10	ВВГнз(А)-FRLS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	Щит ПС Модуля АСУ и СГЭ				22		22			
н2-11	ВВГнз(А)-FRLS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	Щит ПС Модуля АРМ				28		28			
н2-12	ВВГнз(А)-FRLS-0,66	3x6			3		Модуль РП-35 кВ, РУНН-0,4 кВ, 2 с.ш.	Щит ОС, СКУД Модуля систем				15		15			





[illegible]

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

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количества	Масса единицы, кг	Примечания	65
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3.5	Кабель с алюминиевыми жилами с изоляцией из пероксидностабилизированного полиэтилена, броней из 2-х стальных оцинкованных лент, защитным шлангом из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности, не распространяет горение при групповой прокладке по категории А, с пониженным газо-дымвыделением	АПББШвнг(А)-LS 4х95-1 кВ			м	38	2,925		
3.6	Кабель с медными жилами с изоляцией из пероксидностабилизированного полиэтилена, броней из 2-х стальных оцинкованных лент, защитным шлангом из ПВХ пластиката пониженной пожароопасности, не распространяет горение при групповой прокладке по категории А, с пониженным газо-дымвыделением	ВБШвнг(А)-LS 3х6-0,66 кВ			м	30	2,925		
3.7	Муфта кабельная до 1 кВ, не поддерживающая горение	4ПКТп-1 нг-LS 70/120			шт.	4	2		
3.8	Наконечник кабельный	ТМЛ 10			шт.	10	0,02		
3.9	Полиэтиленовая труба ПЭ 80 SDR 17,6-110х6,3 ГОСТ 18599-2001	ПЭ 80 SDR 17,6-110х6,3			м	68			



						ВЭС000107.356.3.1.2-ИЛО3.1.СО	Лист
							2
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

	Параметры		Значение параметра (подчеркнуть или поставить значение)			Иные требования	
1	Освещение	Рабочее	Нет	Люминисцентное	Светодиодное		
		Аварийное	Нет			Да	
		Ремонтное	Нет			Да	
		Уличное освещение входов	Нет			Да	
2	Вентиляция		Нет			Да	*
3	Кондиционирование		Нет			Да	*
4	Обогрев		Нет			Да	
5	Система охранно-пожарной сигнализации		Нет	Гранит-4	НВП "Болид"		
6	Высота фундамента, м (см. п.1 прим.)		0,4   0,6   0,8	1,0   1,2   1,4   1,6	1,8   2,0   2,2		
7	Лестницы		Нет	Да	С площадкой		
8	Выкат трансформатора		Нет	Площадка	Рама		
9	Маслоприемник		Нет	20% объема масла	100% объема масла (бак)		
10	Меры безопасности в трансформаторном отсеке		Нет	Барьер	Сетчатые ворота		
11	Система водослива		Нет	Без обогрева	С греющим кабелем		
Температурный режим							
12	- внутри здания		не менее +5С			+18С в ручном режиме	
	- средняя температура наиболее холодной пятилетки обеспеченностью 0,92		-26С				
	Снеговой район		Менее IV	IV	V		
13	Сейсмичность баллов		Менее 6   6   7   8   9				
Цветовое решение модуля							
14	Крыша и фронтон		RAL 7032 пепельно-серый		RAL 5005 ярко-синий	RAL 6005	
	Стойки		RAL 7032 пепельно-серый		RAL 5005 ярко-синий	RAL 6005	
	Рамы основания и потолка		RAL 7032 пепельно-серый		RAL 5005 ярко-синий	RAL 6005	
	Рамы дверей и ворот		RAL 7032 пепельно-серый		RAL 5005 ярко-синий	RAL 6005	
	Стены (панели)	Наружная сторона	RAL 9003 белый				
		Внутренняя сторона	RAL 9003 белый				
	Потолок (панели)		RAL 9003 белый				
	Лестница (площадка)		RAL 7035 серый				
	Перила		RAL 7035 серый				
	Ограждение цоколя		RAL 7035 серый				
15	Дополнительные требования:						
	Козырьки на двери		Нет		Да		
	Добавочки на двери		Нет		Да		
	Устройство фиксации двери в открытом положении		Нет		Да		
	Ограждение фундамента		Нет	Сетчатое ограждение	Профлист		
Дополнительно: Наличие молниеприемной сетки с токоотводами на кровле МУ для защиты от ПУМ.							

Климатические условия

Поз.	Наименование параметра	Ед. изм.	Требуемое значение
1	Среднегодовая температура воздуха	°С	плюс 5,8
2	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченность 0,89	°С	минус 29
3	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченность 0,92	°С	минус 26
4	Средняя температура наиболее холодного месяца	°С	минус 11,7 (январь)
5	Средняя максимальная температура атмосферного воздуха наиболее теплого месяца	°С	плюс 22,7 (июль)

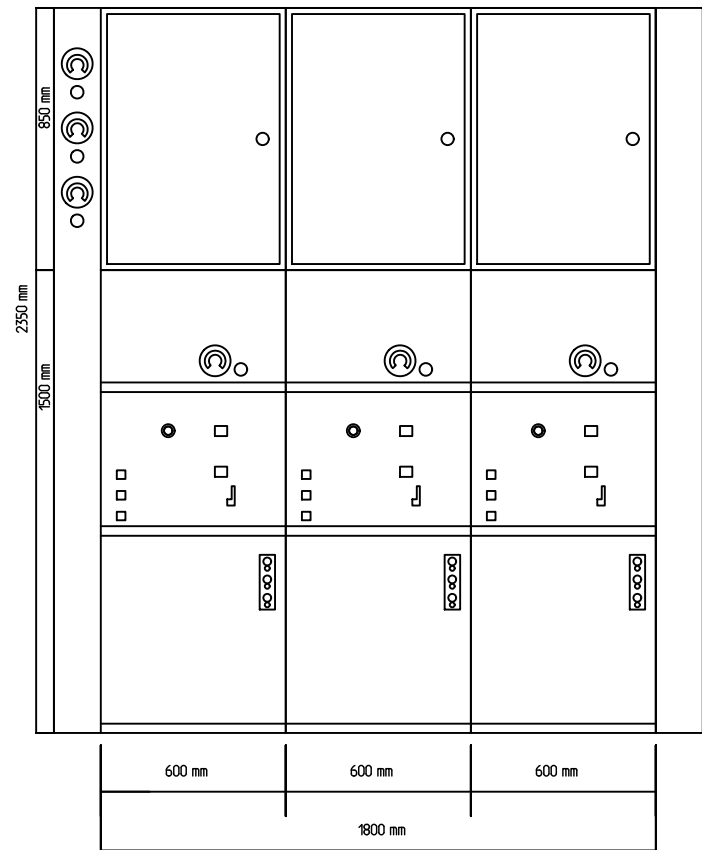
Примечания:

1. Лестницы или площадки входят в комплект поставки. Высота фундамента (высота свободного пространства между монолитной опорной плитой и низом МУ) – 1,2 м;
2. Цвет панелей, установленных в створах дверей и ворот, соответствует цвету стеновых панелей;
3. Не указанные типы оборудования инженерных сетей МЗ, будут применены в соответствии с типовым решением завода;
4. Контур заземления выполняется полосой 5х50, цвет зелено-желтый. К внешнему контуру выход не менее чем в 2х местах через гильзу из трубы.
5. СКУД и ОПС выполнен на базе приборов НВП "Болид", общие требования к системам ПС (СОУЭ), ОС и СКУД приведены в приложении А1.
6. Система отопления – электроконвекторы. Управление – с автоматическим поддержанием температуры не ниже +5С, с возможностью повышения температуры до +18С на период ремонтных работ, в зимний период.
7. В помещении трансформатора вентиляция естественная через жалюзи лабиринтного типа. В помещениях с АРМ, с СГЗ и помещении систем вытяжная вентиляция с механическим побуждением осевыми вентиляторами ВО с гравитационными жалюзи. Приточная вентиляция с естественным побуждением воздушными клапанами с электроприводом.
- Для теплого периода предусмотрено кондиционирование сплит-системами для помещения с АРМ, помещения с СГЗ и помещения систем (тип не подобран). Управление – с автоматическим поддержанием температуры не выше +30С. Тепловыделения от оборудования в помещении СГЗ составляют 1800 Вт. Тепловыделения от оборудования в помещении систем составляют 4000 Вт. Тепловыделения от оборудования в помещении АРМ составляют 4800 Вт. Тепловыделения от оборудования в помещении РП-35 кВ составляют 3150 Вт. Тепловыделения от оборудования в помещении РУСН-0,4 кВ составляют 1200 Вт. Тепловыделения от оборудования в помещении ТСН составляют 2915 Вт. В автоматизации работ систем вентиляции предусмотрено:
- ручное отключение/включение систем вентиляции;
- автоматическое управление от датчиков температуры;
- отключение при пожаре всех систем вентиляции и кондиционирования от ОПС.
8. За воротами в трансформаторном отсеке должен стоять съемный барьер.
9. Возможность передачи данных в АСУТ по Ethernet и протоколу МЭК 60870-5-104:
- сигналы ОПС;
- температуру в здании;
- неисправность ОПС;
- неисправность обогрева;
- неисправность вентиляции;
- неисправность кондиционирования;
- аварийный сигнал устройств защиты в РУСН-0,4 кВ;
- сигнал ручного/автоматического режима работы РУСН-0,4 кВ;
- сигнал состояния логики авт. управления РУСН-0,4 кВ ВКЛ/ОТКЛ;
- авария РУСН-0,4 кВ (обобщенный);
- положение вводных выключателей;
- положение секционного выключателя;
- положение ключей.
10. Выполнить под шкафами АИИС КУЭ, АСУ ТП, связи, РАС, ЦСТИ, КСБ, СГЭ, навесными щитами ЦСН отверстия для вывода кабеля вниз.
11. В Модулях с электроприводным оборудованием предусмотреть ГЗШ для заземления.
12. В комплекте поставки входят кабельные конструкции для прокладки кабелей под МУ ВЭС.
13. Учесть требования о поставке средств индивидуальной защиты, требуемых в соответствии с НПА для оперативного персонала.

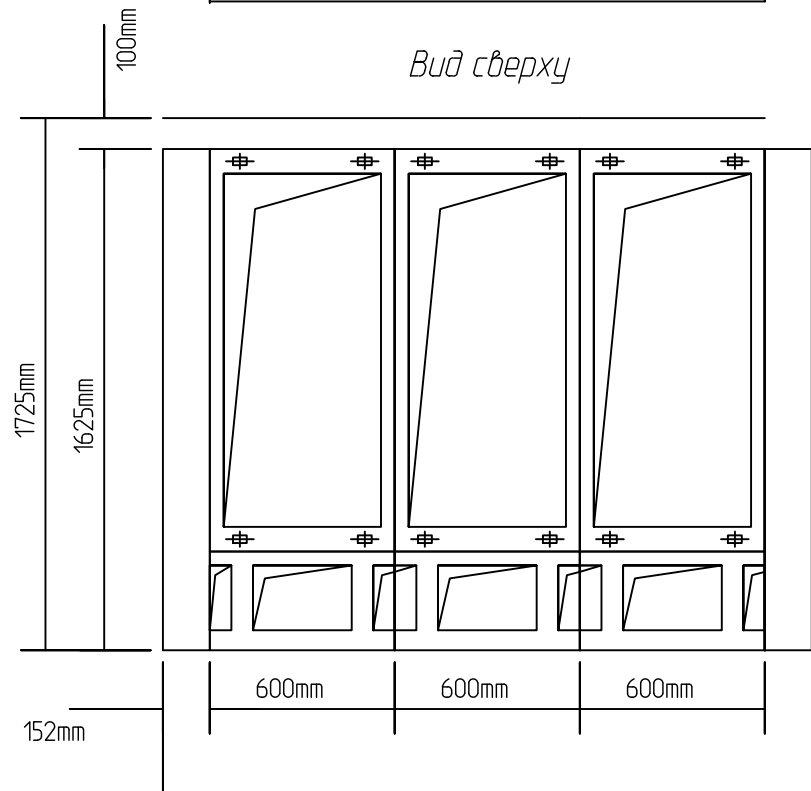
						Приложение А					
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата						
Разраб.	Егоров				19.02.21	"Ивановская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС". Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).			Стадия	Лист	Листов
Проверил	Вершинин				19.02.21				П	1	11
Нач. отд.	Вершинин				19.02.21						
ГИП	Бондарчук				19.02.21						
Н. контр.	Пирогова				19.02.21	Опросный лист на МУ ВЭС			ООО "ЕРСМ Сибдир"		
Утв.											

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

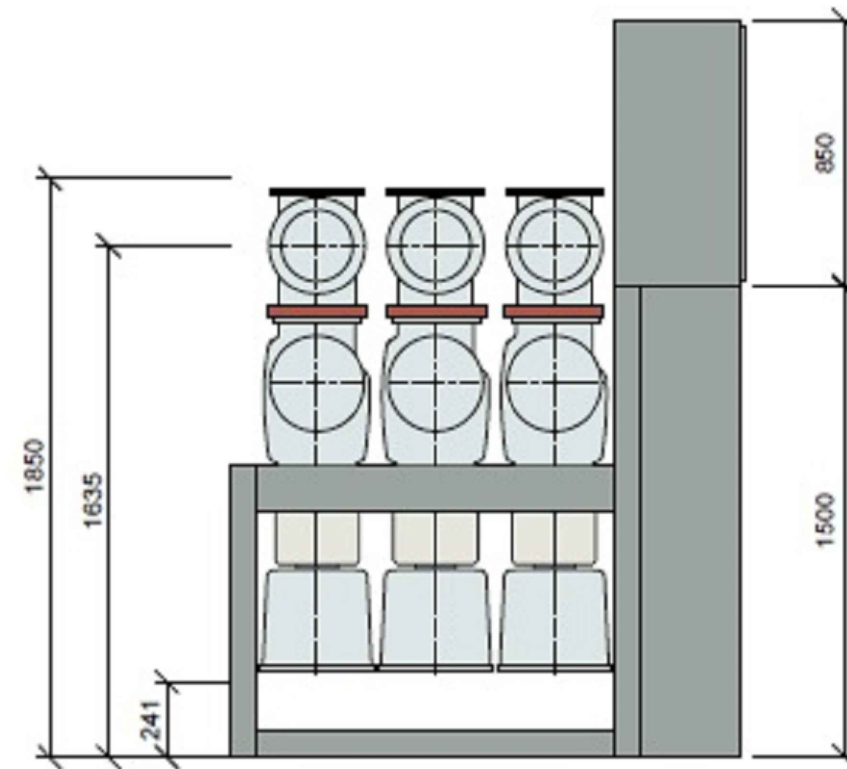
Вид спереди








Вид сверху



Вид сбоку

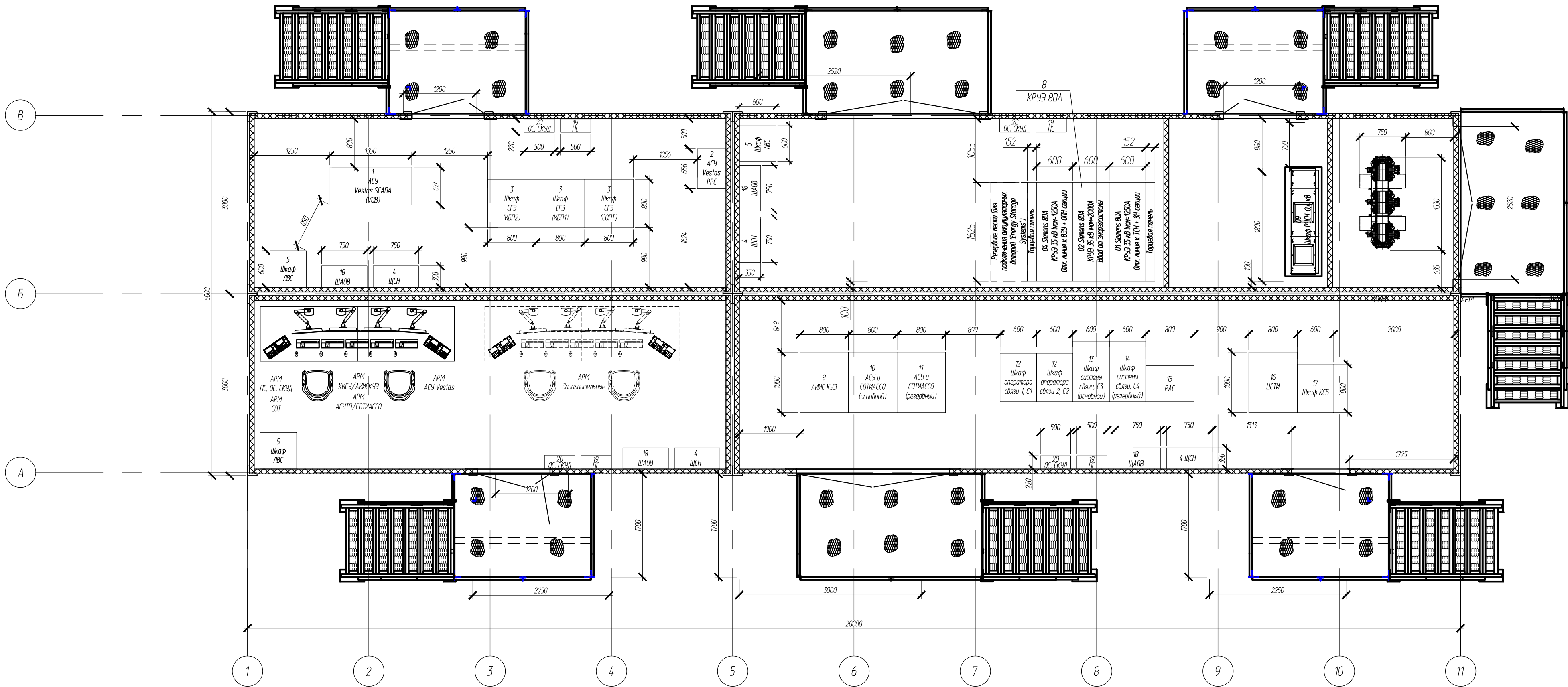


						Приложение А			
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
Разраб.		Егоров			19.02.21	"Ивановская ВЭС. Ветропарная электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС": Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Вершинин			19.02.21		П	2	11
Нач. отд.		Вершинин			19.02.21				
ГИП		Бондарчук			19.02.21				
Н. контр.		Пирогова			19.02.21	Внешний вид РУ-35кВ на базе КРУЭ 8ДА	ООО "ЕРСМ Сибдир"		
Утв.									





Экспликация помещений			
№ помещения	Наименование помещения	Площадь, м²	Кол. пом.
1	Модуль АСУ и СГЭ	21,63	В4
2	Модуль РП-35 кВ	32,75	В4
3	Модуль систем	32,75	В4
4	Модуль АРМ	21,63	В4

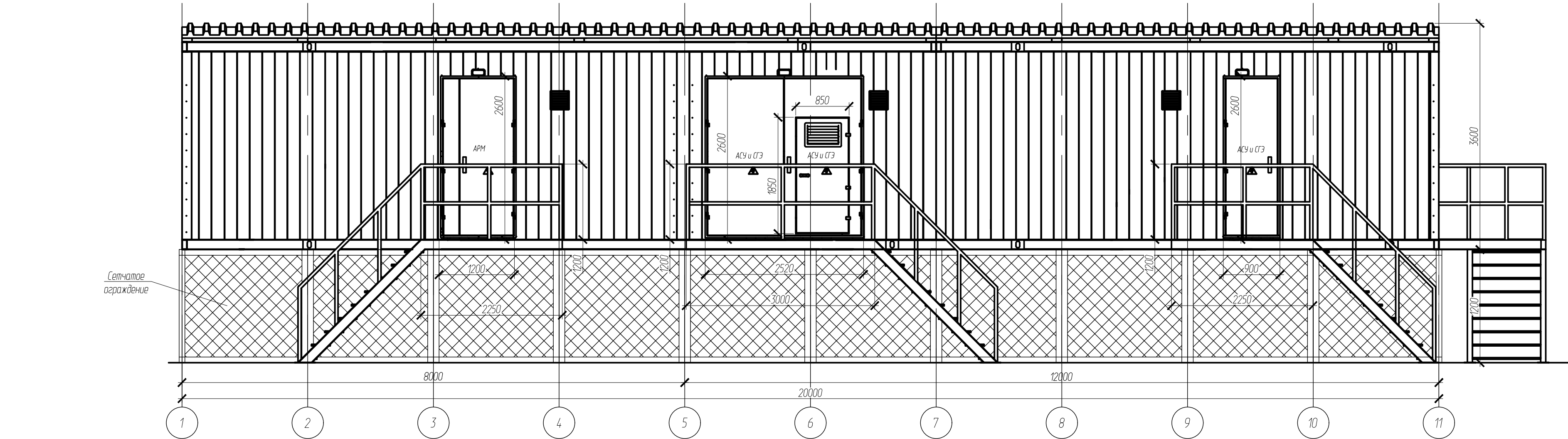


Экспликация оборудования				
Поз.	Наименование	Ед.	Кол-во	Производитель
1	Шкаф АСУ Vestas SCADA (VAB)	шт.	1	в поставке ВЭ
2	Шкаф АСУ Vestas PPC	шт.	1	в поставке ВЭ
3	Шкафы СГЭ (системы гарантированного электроснабжения в составе ИБП №1, ИБП №2, СОПТ)	шт.	3	ВЭ000086.286.112-ИИ03.2
4	ЩСН модульного здания	шт.	4	в поставке МУ
5	Шкаф ЛВС (для организации доступа к ЛВС)	шт.	3	ВЭ000086.286.112-ИИ04.1
6	ТСН типа ТСП-100/35-УЗ	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ03.1
7	АРМ	шт.	5	ВЭ000086.286.112-ИИ04.1 ВЭ000086.286.112-ИИ03.4 ВЭ000086.286.112-ИИ05.2
8	Распределительное устройство 35кВ КРУЗ ВДА Siemens	шт.	4	ВЭ000086.286.112-ИИ03.1
9	АИИС КРУЗ Шкаф серверов	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ03.4
10	Шкаф АСУ и СОТИ АССО Основной	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ05.2
11	Шкаф АСУ и СОТИ АССО Резервный	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ05.2
12	Системы связи. Шкаф оператора связи	шт.	2	ВЭ000086.286.112-ИИ04.1
13	Шкаф системы связи Основной	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ04.1
14	Шкаф системы связи Резервный	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ04.1
15	Шкаф РАС (регистратор аварийных событий)	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ03.3
16	Шкаф ЦСТИ (центра сбора технологической информации)	шт.	1	По отдельному плану
17	Шкаф КСБ	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ04.2
18	Щит автоматики отопления вентиляции (ЩАОВ)	шт.	4	в поставке МУ
19	Шкаф пожарной сигнализации (ПС)	шт.	4	в поставке МУ
20	Шкаф системы безопасности и охранной сигнализации (ОС, СКУД)	шт.	4	в поставке МУ
21	Шкаф РУСН-0,4 кВ	шт.	1	ВЭ000086.286.112-ИИ03.1

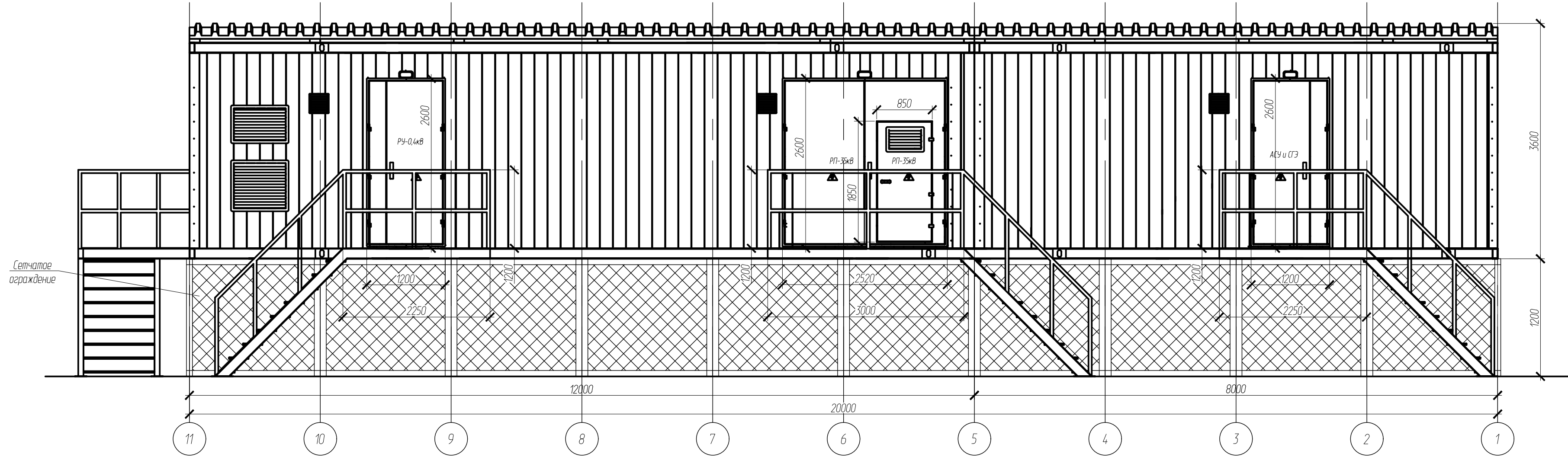
- Примечания
- Расстановка навесного и шкафного оборудования носит условный характер. На этапе изготовления и проработки конструкторской документации завод-производитель может вносить корректировки по установке оборудования, не влияющие на изменение технических характеристик МУ.
  - Габаритные размеры технологических отверстий для ввода кабельных линий определяются на стадии разработки РД.
  - Габаритные размеры ЩСН, СКУД, ПС, ЩАОВ, РУСН-0,4 кВ уточняются при разработке конструкторской документации.
  - Пакетирование оборудования (согласно спецификации) производится заводом-изготовителем по схемам, предоставленным Проектной организацией.
  - Кабельные конструкции для прокладки кабеля в МУ ВЭС входят в комплект поставки, место установки уточняется при разработке конструкторской документации.
  - Крыша всего здания двухскатная, транспортируется отдельным грузовой местом. Показана условно. Точный конструктив будет определен при разработке КД.
  - Высота помещений от пола до потолка 3000 мм.
  - Системы окраски металлических конструкций БМЗ - грунт Тетрапарт ЕЕ (40...60 мкм)/ ВКФ-093 (18.24 мкм); - алкидная краска Tetralas FDSO (40...60 мкм).
  - Площадки обслуживания применены для высоты фундамента Н=1,2 м.
  - Количество и расположение свай определяет проектная организация, осуществляющая привязку объекта.
  - Крепление блочно-модульного здания к фундаменту производится при помощи сварки.
  - Максимальная вертикальная нагрузка от блока на фундамент - равномерно распределенная и составляет q=1000 кг/м.

Приложение А					
ООО "Дебятый Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.	Егоров	19.02.21			
Проверил	Вершинин	19.02.21			
Нач. отд.	Вершинин	19.02.21			
ГИП	Бондарчук	19.02.21			
И. контр.	Пирогова	19.02.21			
Утв.					
				Ивановская ВЭС	
				Ветропая электрическая станция, "фунитуплоадающие автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС".	
				Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС)	
				Стадия	Лист
				П	4
				Листов	
				11	
				План расположения оборудования	
				ООО "ЕПСМ Сибири"	

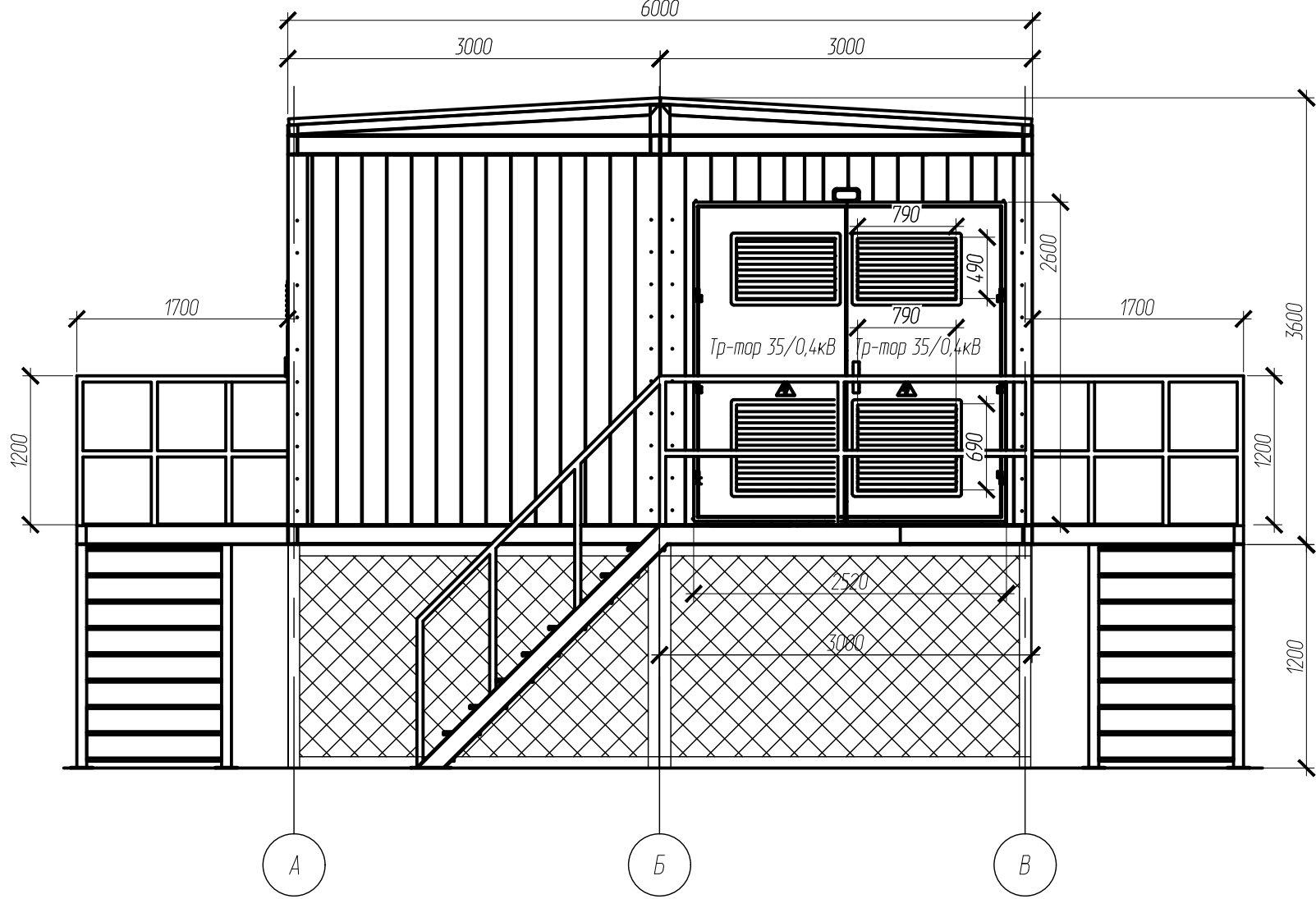
Фасад 1-11  
(1:50)



Фасад 11-1  
(1:50)

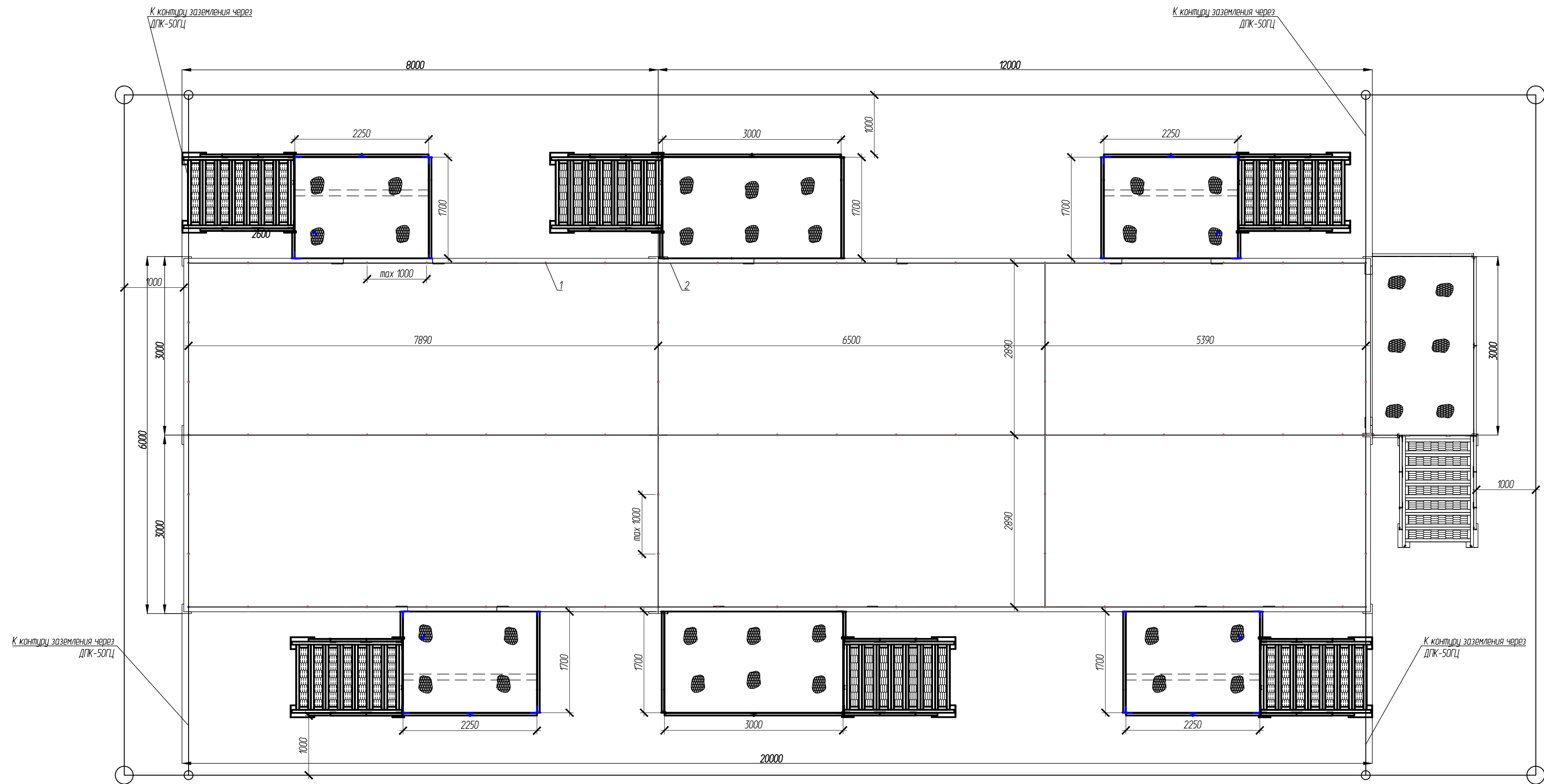


Фасад А-В  
(1:50)



						Приложение А					
						ООО "Дебрятый Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	"Ивановская ВЭС"			Стация	Лист	Листов
Разраб.				Егоров	19.02.21	Ветропая электрическая станция, "внутриветропая"			П	4	11
Проверил				Вороженин	19.02.21	автомобильные дороги", этап 2, "Ивановская ВЭС".					
Нач. отд.				Вороженин	19.02.21	Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).					
ГИП				Бондарчук	19.02.21						
И. контр.				Пирогова	19.02.21	Фасады			ООО "ЕРСМ Сибири"		
Утв.											








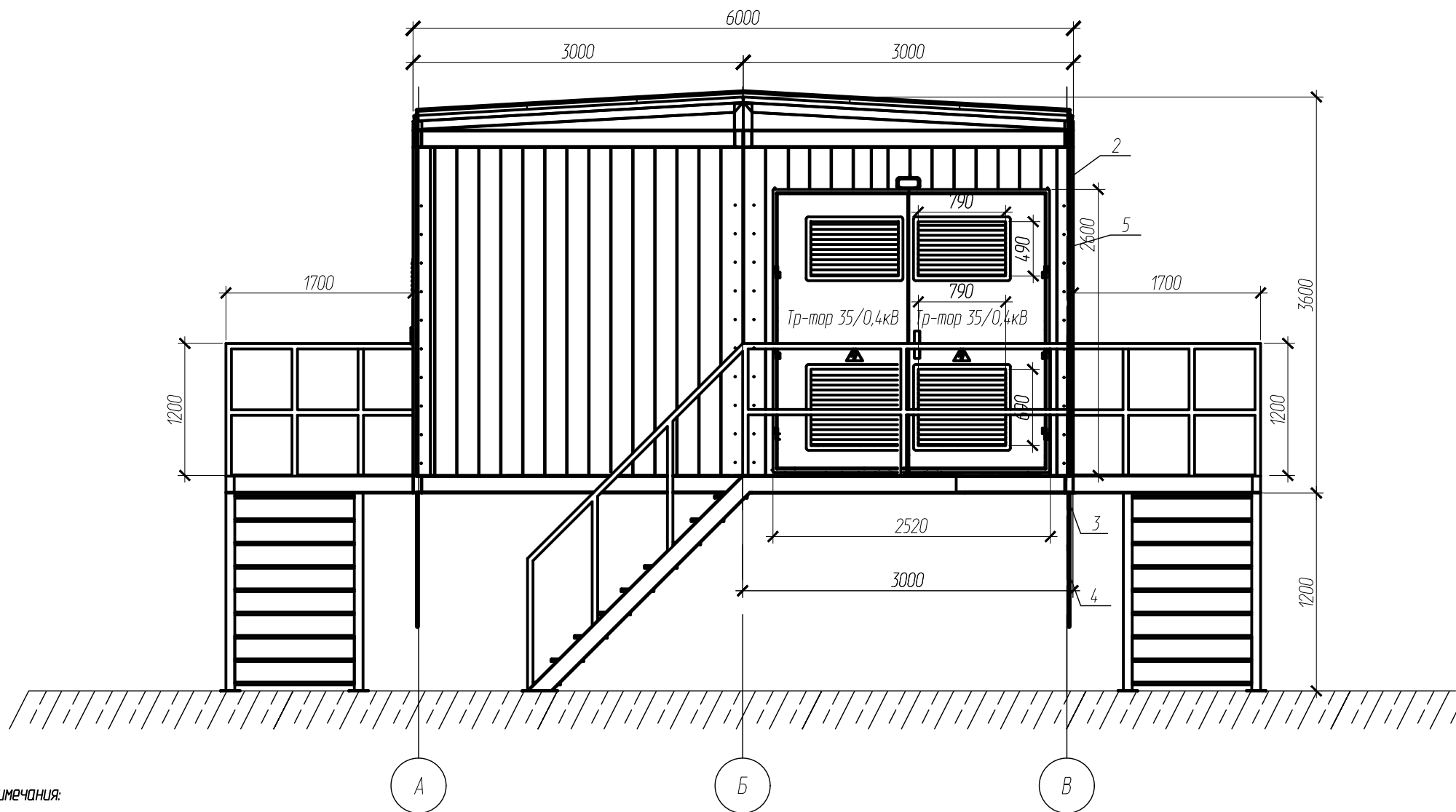
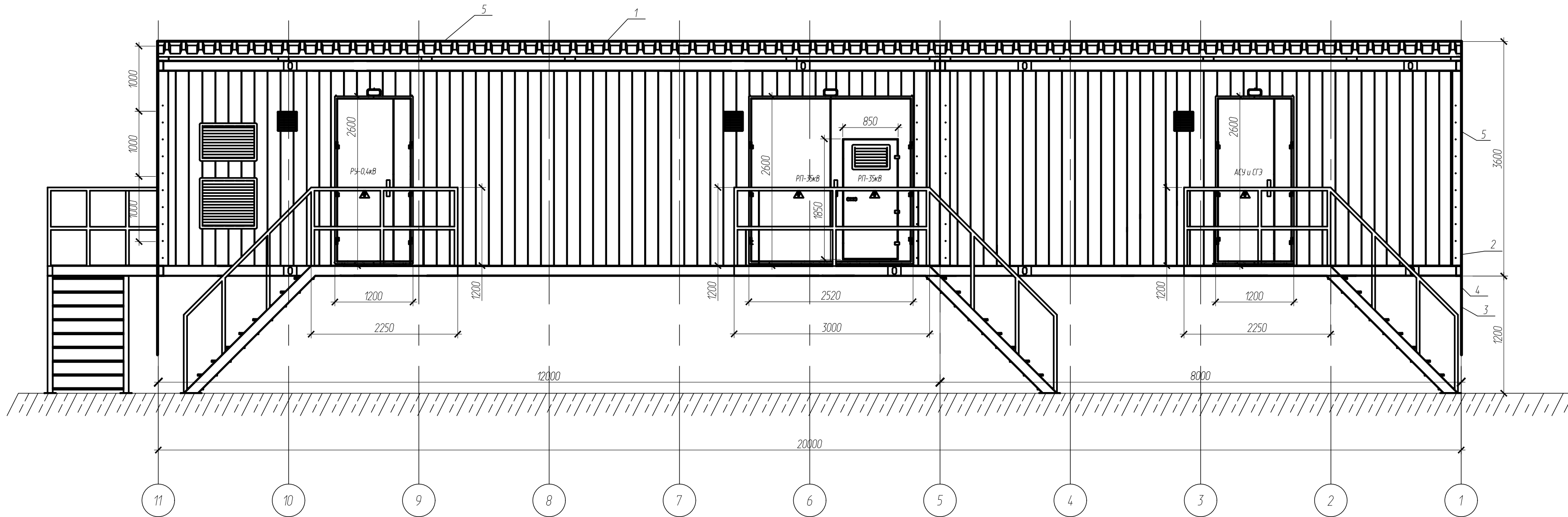


Поз.	Наименование
1	Держатель ДПК-100ГЦ
2	Круг стальной оцинкованный Ф8

Примечания:

2 Внутренний контур заземления модуля управления и молниеприемная сетка являются комплектными и соединяются с наружным контуром заземления в четырех местах через молниеотводы (кажд. стальной d=8мм).

						Приложение А		
						ООО "Дебятый Ветропарк ФВБ"		
Изм	Кол. изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Ивановская ВЭС	Страница	Лист
Разработ		Егоров			19.02.21	Ветропарк электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги, Этап 2, Ивановская ВЭС: Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).	П	5
Проверил		Вершинин			19.02.21			
Нач. отд.		Вершинин			19.02.21			
ГИП		Бандарчук			19.02.21			
Н. контр.		Пирогова			19.02.21			
Умб.						Схема молниезащита	ООО "ЕРСМ Сибури"	



Примечания:

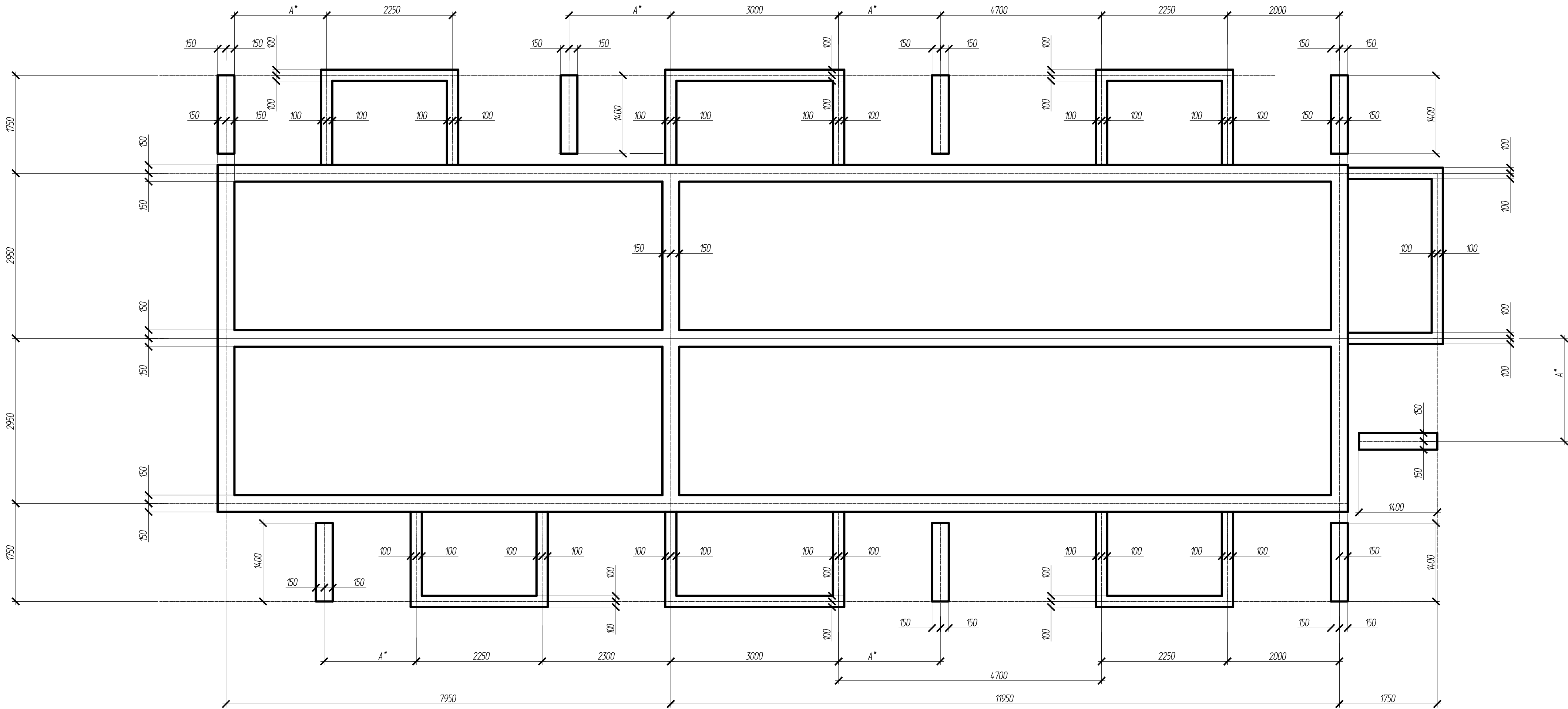
В соответствии с требованиями РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" модуль управления подлежит защите от прямых ударов молнии. Защита от прямых ударов молнии обеспечена молниеприемной сеткой располагаемой на крыше здания по периметру каждого модуля.

Внутренний контур заземления модуля управления и молниеприемная сетка являются комплектными и соединяются с наружным контуром заземления в четырех местах через молниеотводы (круг стальной d=8мм).






Поз.	Наименование
1	Держатель ДПК-100Гц
2	Держатель ДПК-50Гц
3	Держатель ДПУ-30Гц
4	Держатель ДП-45Гц
5	Круг стальной оцинкованный Ø8

Приложение А					
ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработ.	Егоров	19.02.21			
Проверил	Вершинин	19.02.21			
Нач. отд.	Вершинин	19.02.21			
ГИП	Бондарчук	19.02.21			
Н. контр.	Пирогова	19.02.21			
Утв.					
"Ивановская ВЭС Ветропарковая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2 "Ивановская ВЭС". Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).				Стадия	Лист
Схема молниеотвода				П	6
				Листов	11
				ООО "ЕРСМ Сибири"	

Изд. №	Согласовано	
Изд. №	Взам. инв. №	
Изд. №	Подпись дата	



Примечания:  
1 Растверг под модульное здание - сплошное металлическое основание. Рама основания каждого модуля прикручивается к раствержку.  
2 Размер А\* до низа лестницы равен высоте установки здания от уровня планировки.  
3 Растверг под основание лестницы выполнить на уровне планировки.

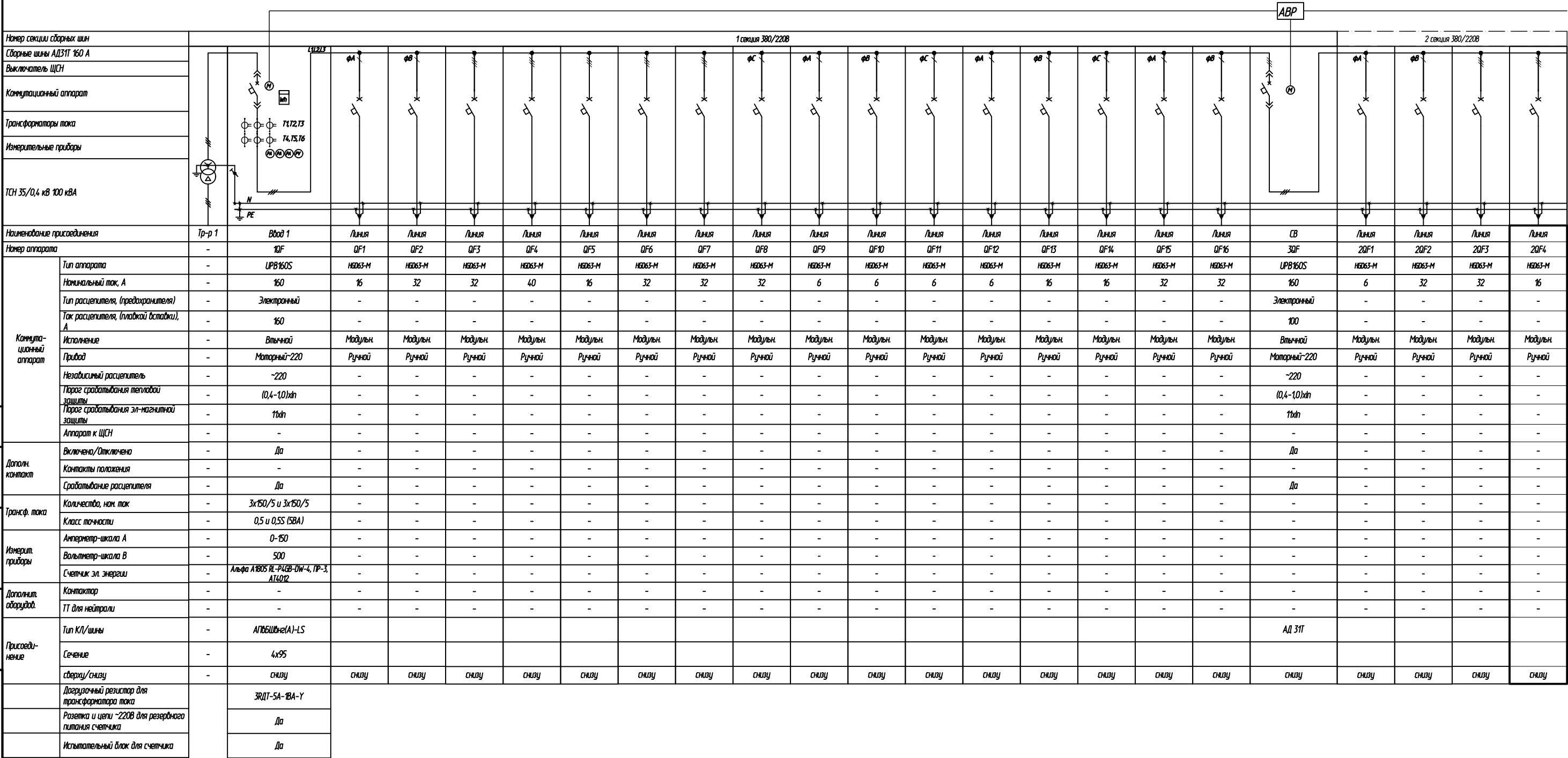
						Приложение А		
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"		
Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Разраб.	Егоров				19.02.21	"Ивановская ВЭС" Ветропарная электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС". Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).	Стация	Лист
Проверил	Вершинин				19.02.21		П	8
Нач. отд.	Вершинин				19.02.21			11
ЛП	Бондарчук				19.02.21	Опорная рама здания	ООО "ЕРСМ Сибири"	
И. контр.	Пирогова				19.02.21			
Утв.								

10.29.16.Согласовано

Взам. инв. №





Подпись и дата

117283/инв. № подл.



Примечания:

- Счетчик эл.энергии на вводе устанавливаются на фасаде РУСН-0,4 кВ.
- Шкаф РУСН-0,4 кВ входит в комплект поставки модуля управления ВЭС.
- 3QF шкафа РУСН-0,4 кВ нормально включен.
- Отключающая способность автоматических выключателей при КЗ, не менее 6 кА.
- Чертеж не является основанием для нарезки кабелей.
- Кабели нарезаются по фактически проложенной трассе.
- Питание электроприемников выполнить от сети 400/230 В с системой заземления TN-S.
- Количество ОЛ и параметры АВ на ОЛ могут быть уточнены на стадии Рабочая документация.
- Структурную схему алгоритма работы блока АВР, Структурную схему алгоритма работы блока управления АВР при КЗ на 1СШ, Структурную схему алгоритма работы блока управления АВР при КЗ на 2СШ смотреть на листе 11 Опросного листа СН-0,4 кВ

						Приложение А			
						ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
Разраб.	Егоров				19.02.21	"Ивановская ВЭС. Ветропарная электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС": Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).	Стадия	Лист	Листов
Проверил	Вершинин				19.02.21		П	9	11
Нач. отд.	Вершинин				19.02.21				
ГИП	Бондарчук				19.02.21				
Н. контр.	Пирогова				19.02.21	Опросный лист РУСН-0,4кВ (начало)	ООО "ЕРСМ Сибдир"		
Утв.									

Согласовано

Инф. №

Взам. инв. №

Подпись и дата

Номер секции сборных шин		2 секция 380/220В																				
Сборные шины АДЗ1Т 160 А																						
Выключатель ЩСН																						
Коммутационный аппарат																						
Трансформаторы тока																						
Измерительные приборы																						
ДЭС 0,4 кВ 100 кВА 80 кВт																						
Наименование присоединения		Ввод 2																			ДЭС 0,4 кВ 100 кВА 80 кВт	
Номер аппарата		20F																			20F	
Коммутационный аппарат	Тип аппарата	УРБ160С																				
	Номинальный ток, А	160																				
	Тип расцепителя, (предохранителя)	Электронный																				
	Ток расцепителя, (плавкой вставки), А	160																				
	Исполнение	Втычной																				
	Прибор	Моторный-220																				
	Независимый расцепитель	~220																				
	Порог срабатывания тепловой защиты	(0,4-1,0)хIn																				
	Порог срабатывания эл-магнитной защиты	1хIn																				
Дополн. контакт	Аппарат к ЩСН																					
	Включено/Отключено	Да																				
	Контакты положения																					
Трансф. тока	Срабатывание расцепителя	Да																				
	Количество, ном. ток	3х150/5 и 3х150/5																				
Измерит. приборы	Класс точности	0,5 и 0,5S																				
	Амперметр-шкала А	0-150																				
	Вольтметр-шкала В	500																				
Дополнит. оборуд.	Счетчик эл. энергии	Альфа А1805 RL-R4GB-DW-4, ТР-3, А14012																				
	Контактор																					
Присоединение	ТТ для нейтрали																					
	Тип КЛ/шины	АГБ5Шх2(А)-1S																				
	Сечение	4х95																				
	сверху/снизу	снизу																				
	Дозащитный резистор для трансформатора тока	3RDT-SA-YBA-Y																				
	Разетка и цепи ~220В для резервного питания счетчика	Да																				
	Испытательный блок для счетчика	Да																				

Примечания:

1. Счетчик эл.энергии на вводе устанавливаются на фасаде РУСН-0,4 кВ.

2. Шкаф РУСН-0,4 кВ входит в комплект поставки модуля управления ВЭС.

3. 20F шкафа РУСН-0,4 кВ нормально включен.

4. Отключающая способность автоматических выключателей при КЗ, не менее 6 кА.

5. Чертеж не является основанием для нарезки кабелей.

6. Кабели нарезаются по фактически проложенной трассе.

7. Питание электроприемников выполнить от сети 400/230 В с системой заземления TN-S.

8. Количество ОП и параметры АВ на ОП могут быть уточнены на стадии Рабочая документация.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.		Егоров			19.02.21
Проверил		Вершинин			19.02.21
Нач. отд.		Вершинин			19.02.21
ГИП		Бондарчук			19.02.21
Н. контр.		Пирогова			19.02.21
Утв.					

Приложение А

ООО "Десятый Ветропарк ФРВ"

Ивановская ВЭС.

Ветропарная электрическая станция, внутримплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС".

Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).

Стадия	Лист	Листов
П	10	11

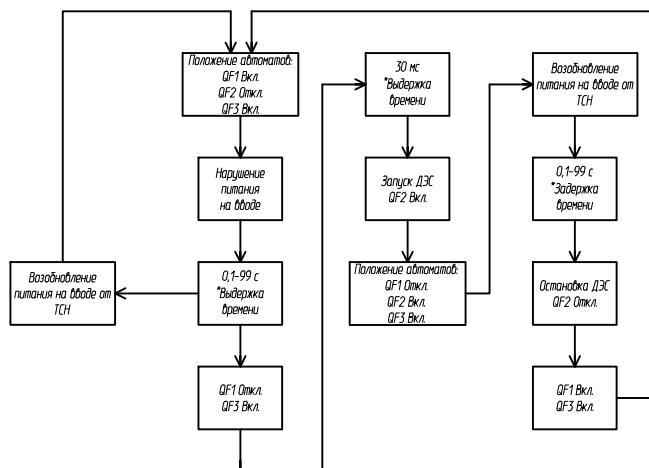
Опросный лист РУСН-0,4кВ

(окончание)

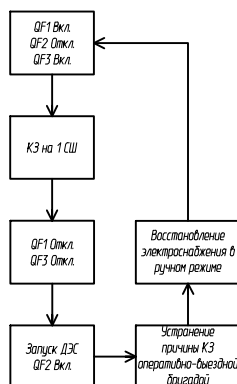
ООО "ЕРСМ Сибдир"

Формат А3

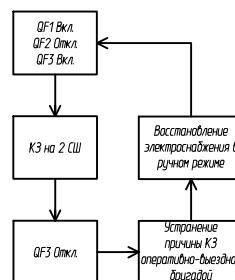
Структурная схема алгоритма работы блока управления АВР  
(\* - все уставки АВР будут заданы в РД)



Структурная схема алгоритма работы блока управления АВР при КЗ на 1 СШ



Структурная схема алгоритма работы блока управления АВР при КЗ на 2 СШ



Согласовано						Приложение А						
						ООО "Девятый Ветропарк ФРВ"						
						Ивановская ВЭС, Ветропая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС": Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).						
						Алгоритм работы АВР РУ-0,4кВ						
Взам. инв. №						Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Стадия
						Разраб.		Егоров		<i>[Signature]</i>	19.02.21	Лист
						Проверил		Вершинин		<i>[Signature]</i>	19.02.21	Листов
						Нач. отд.		Вершинин		<i>[Signature]</i>	19.02.21	П
Инв. № подл.						ГИП		Бондарчук		<i>[Signature]</i>	19.02.21	11
						Н. контр.		Пирогова		<i>[Signature]</i>	19.02.21	11
						Утв.						

Опросный лист на сухой трансформатор тсл 100/35/0,4; у3; D/YN-11

Поз.	Характеристика	Ед. изм.	Значение
1	Номинальная мощность	кВА	100
2	Номинальное напряжение ВН	кВ	35
3	Регулирование напряжения ВН	-	ПБВ ±2х2,5%
4	Номинальное напряжение НН	кВ	0,4
5	Частота питающей сети	Гц	50
6	Схема и группа соединений	-	D/YN-11
7	Вид системы охлаждения	-	Воздушная, естественная
8	Материал обмоток	-	Алюминий
9	Климатическое исполнение и категория размещения	-	У3
10	Температура окружающей среды	-	-45°С...+40°С
11	Высота установки над уровнем моря	м	≤ 1000
12	Потери холостого хода (Рхх)	Вт	*
13	Потери короткого замыкания при 115°С (Рк.з.)	Вт	*
14	Ток холостого хода (Iх.х.)	%	*
15	Напряжение короткого замыкания (Uк)	%	6,0
16	Уровень звукового давления LpA	-	*
17	Класс изоляции проводников ВН / НН	-	36/70/170 кВ / 1,1/3/- кВ
18	Класс пожаробезопасности / экологической безопасности	-	F1 / E2
19	Класс нагревостойкости изоляции обмоток (по ГОСТ Р 52719-2007)	-	F
20	Сейсмостойкость по шкале MSK-64	-	6 баллов
21	Степень защиты	-	IP00 (без защитного кожуха)
22	Исполнение выводов ВН	-	Кабелем сверху
23	Исполнение выводов НН	-	Кабелем сверху
24	Габаритные размеры: ДхШхВ	мм	*
25	Колея	мм	*
26	Вес	кг	*
27	Термодат 11МЭТ1, комплект тепловых датчиков РТ100 (3 шт.)- передача сигнала на отключение выключателя РУВН в виде одного замыкающего "сухого" контакта. Щит тепловой защиты располагается в помещении РУСН-0,4 кВ	-	Да
28	Катки для перемещения трансформатора	-	Да
29	Зажим заземления (М12)	-	Да

Примечание - Параметры отмеченные "\*" определяет завод-изготовитель

Согласовано							Приложение А											
	Взам. инв. №						ООО "Девятый Ветропарк ФРВ"											
		Подпись и дата						Изм. Кол. уч. Лист № док. Подпись Дата										
									Разраб. Егоров 19.02.21									
Инв. № подл.							Ветропая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги". Этап 2. "Ивановская ВЭС": Модуль управления ВЭС (МУ ВЭС).						Стадия	Лист	Листов			
							Проверил Вершинин 19.02.21						Р		1			
							Нач. отд. Вершинин 19.02.21											
							ГИП Бондарчук 19.02.21											
							Н. контр. Пирогова 19.02.21						ООО "ЕРСМ Сибдору"					
							Утв.						Опросный лист на сухой трансформатор ТСЛ 100/35/0,4; У3; D/YN-11			Формат А4		