



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

# БУМПРОЕКТ

Заказчик - АО «МЦБК»

## УЧАСТОК ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД СБО И КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ АО «МЦБК»

Республика Марий Эл, г. Волжск, ул. К. Маркса, д. 10

### ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических решений, содержание технологических решений»**

#### Подраздел 1. Система электроснабжения

#### Часть 1. Сети внешнего электроснабжения 6 кВ

**01.21-0279-13-ИОС1.1**

**Том 5.1.1**



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

# БУМПРОЕКТ

Заказчик - АО «МЦБК»

## УЧАСТОК ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД СБО И КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ АО «МЦБК»

Республика Марий Эл, г. Волжск, ул. К. Маркса, д. 10

### ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических решений, содержание технологических решений»**

#### Подраздел 1. Система электроснабжения

**01.21-0279-13-ИОС1.1**

**Том 5.1.1**

Директор, к.т.н.

В.Ю. Синицын

Главный инженер проекта

А.В. Выродов

**Список исполнителей**

Должность	И.О. Фамилия	Подпись	Дата
<b>СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ</b>			
Инженер-проектировщик	Бикетов Е.А.		09.2021 г.
Ведущий инженер	Корольков В.В.		09.2021 г.
<b>ПРОВЕРЕНО</b>			
Главный инженер проекта	Выродов А.В.		09.2021 г.
<b>НОРМОКОНТРОЛЬ</b>			
Нормоконтролер	Горелова Е.В.		09.2021 г.

## Содержание

1	Состав проектной документации .....	6
2	Общие положения .....	8
3	Характеристика источников электроснабжения в соответствии с техническими условиями на подключение объекта капитального строительства к сетям электроснабжения общего пользования.....	10
4	Обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений, используемых в системе электроснабжения, в части обеспечения соответствия зданий, строений и сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов (за исключением зданий, строений, сооружений, на которые требования энергетической эффективности и требования оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов не распространяются).....	11
5	Сведения о количестве электроприёмников, об их установленной, расчётной и максимальной мощности .....	12
6	Требования к надёжности электроснабжения и качеству электроэнергии.....	12
7	Описание решений по обеспечению электроэнергией электроприёмников в соответствии с установленной классификацией в рабочем и аварийном режимах....	13
7.1	Двухтрансформаторная подстанция ТП-6/0,4-2х1600 (КТП-25) .....	13
7.2	РУ-6 кВ ПС-12.....	14
7.3	Прокладка кабельных линий 6 кВ.....	15
7.4	Выбор и проверка электрооборудования 6 кВ.....	16
7.4.1	Общие положения.....	16
7.4.2	Расчет электрических нагрузок проектируемых присоединений 6 кВ .....	17
7.4.3	Расчет токов короткого замыкания в сети 6 кВ.....	18
7.4.4	Определение рабочих токов присоединений 6 кВ.....	20
7.4.5	Выбор и проверка выключателей 6 кВ .....	21
7.4.6	Выбор и проверка трансформаторов тока .....	26
7.4.7	Выбор и проверка кабелей 6 кв .....	30
8	Описание проектных решений по компенсации реактивной мощности, релейной защите, управлению, автоматизации и диспетчеризации системы электроснабжения.....	32
8.1	Компенсация реактивной мощности.....	32
8.2	Релейная защита, управление и автоматизация .....	32

8.2.1	Максимальная токовая защита (МТЗ) .....	32
8.2.2	Токовая отсечка (ТО).....	37
8.2.3	Защита от перегрузки силовых трансформаторов с действием на сигнал..	39
8.2.4	Защита от однофазных замыканий на землю с действием на сигнал.....	40
8.2.5	Защита от дуговых замыканий .....	41
8.2.6	Управление коммутационными аппаратами 6 кВ .....	42
8.2.7	Сигнализация.....	42
8.2.8	Измерения.....	43
8.2.9	Организация питания цепей управления и РЗА.....	43
8.3	Диспетчеризация системы электроснабжения.....	43
9	Перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности к устройствам, технологиям и материалам, используемым в системе электроснабжения, позволяющих исключить нерациональный расход электрической энергии, и по учету расхода электрической энергии, если такие требования предусмотрены в задании на проектирование.....	44
9.1	Описание мест расположения приборов учета используемой электрической энергии и устройств сбора и передачи данных от таких приборов, а также технических решений включения приборов учета электрической энергии в интеллектуальную систему учета электрической энергии (мощности).....	44
10	Сведения о мощности сетевых и трансформаторных объектов .....	45
11	Решения по организации масляного и ремонтного хозяйства.....	45
12	Перечень мероприятий по заземлению (занулению), молниезащите и защите от перенапряжений .....	45
13	Сведения о типе, классе проводов и осветительной арматуры, которые подлежат применению при строительстве объекта капитального строительства .....	46
14	Описание системы рабочего и аварийного освещения. ....	46
15	Описание дополнительных и резервных источников электроэнергии, в том числе наличие устройств автоматического включения резерва (с указанием одностороннего или двустороннего его действия) .....	47
16	Перечень мероприятий по резервированию электроэнергии .....	47
16.1	Перечень энергопринимающих устройств аварийной и (или) технологической брони и его обоснование.....	47
17	Чертежи и приложения .....	48
	Лист регистрации изменений .....	49

## 1 Состав проектной документации

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примечание
1	01.21-0279-13-ПЗ	Раздел 1 «Пояснительная записка»	
2	01.21-0279-13-ПЗУ	Раздел 2 «Схема планировочной организации земельного участка».	
3	01.21-0279-13-АР	Раздел 3 «Архитектурные решения».	
4	01.21-0279-13-КР	Раздел 4 «Конструктивные и объемно-планировочные решения».	
5		Раздел 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений»	
5.1.1	01.21-0279-13-ИОС1.1	Подраздел 1 «Система электроснабжения. Часть 1. Сети внешнего электроснабжения 6 кВ».	
5.1.2	01.21-0279-13-ИОС1.2	Подраздел 1 «Система электроснабжения. Часть 2. Трансформаторная подстанция. Сети внутреннего электроснабжения».	
5.2	01.21-0279-13-ИОС2	Подраздел 2. Система водоснабжения	
5.3	01.21-0279-13-ИОС3	Подраздел 3. Система водоотведения	
5.4.1	01.21-0279-13-ИОС4.1	Подраздел 4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети Книга 1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха	
5.4.2	01.21-0279-13-ИОС4.2	Подраздел 4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети Книга 2. Индивидуальный тепловой пункт	
5.4.3	01.21-0279-13-ИОС4.3	Подраздел 4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети Книга 3. Тепловые сети	
5.5	01.21-0279-13-ИОС5	Подраздел 5. Сети связи	
5.6	01.21-0279-13-ИОС6	Подраздел 6 «Система газоснабжения»	
5.7	01.21-0279-13-ИОС7	Подраздел 7. Технологические решения	

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примечание
6	01.21-0279-13-ПОС	Раздел 6 «Проект организации строительства»	
7	01.21-0279-13-ПОД	Раздел 7 «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства»	
8	01.21-0279-13-ПМ ООС	Раздел 8 «Перечень мероприятий по охране окружающей среды».	
9	01.21-0279-13-ПБ	Раздел 9 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»	
10	01.21-0279-13-ТБЭ	Раздел 10-1 «Требования к обеспечению безопасной эксплуатации объектов капитального строительства»	
11	01.21-0279-13-ЭЭ	Раздел 11-1 «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов»	

Настоящая проектная документация разработана в соответствии с градостроительным планом земельного участка, заданием на проектирование, техническими регламентами, в том числе, устанавливающими требования по обеспечению безопасной эксплуатации зданий, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий, и с соблюдением технических условий, а также с учетом требований ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Главный инженер проекта



А.В. Выродов

## 2 Общие положения

Настоящий том «Сети внешнего электроснабжения 6 кВ» подраздела «Система электроснабжения» входит в состав проектной документации по объекту: «Участок производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и кородревесных отходов АО "МЦБК"», расположенная по адресу: Республика Марий Эл, г.Волжск, ул. К. Маркса, д.10.

Основанием для разработки настоящей проектной документации являются:

- Технические условия на подключение к инженерным коммуникациям (сети электроснабжения) по проекту «Участок производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и кородревесных отходов АО "МЦБК"», работ по договору №01.21 от 21.04.2021 г.
- Техническое задание на разработку проектной и рабочей документации по объекту: «Участок производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и кородревесных отходов АО "МЦБК"» от 21.04.2021.

При разработке Проектной документации использована следующая нормативно-техническая документация Российской Федерации:

- Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ.
- Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
- Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
- Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
- Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».



- СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства».
- СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий».
- СП 56.13330.2011 «Производственные здания».
- СО 153-34.20.501-2003 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации». - М: СПО ОРГРЭС, 2003.
- Правила устройства электроустановок, 7-е издание. Санкт-Петербург, 2004.
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.
- ГОСТ Р 52735-2007 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ».
- ГОСТ Р 52736-2007 «Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания».
- ГОСТ Р 55025-2012 «Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение от 6 до 35 кВ включительно».
- ГОСТ Р 58882-2020 «Заземляющие устройства. Системы уравнивания потенциалов. Заземлители. Заземляющие проводники. Технические требования».
- ГОСТ 12.7.030-81. «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

### **3 Характеристика источников электроснабжения в соответствии с техническими условиями на подключение объекта капитального строительства к сетям электроснабжения общего пользования**

Источником электроснабжения участка производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и кородревесных отходов АО "МЦБК" является проектируемая двухтрансформаторная подстанция ТП-6/0,4-2х1600 напряжением 6/0,4 кВ с двумя сухими трансформаторами мощностью 1600 кВА (КТП-25). ТП-6/0,4-2х1600 размещается в отдельном помещении здания участка биотоплива.

В соответствии с Техническими условиями на подключение к инженерным коммуникациям (сети электроснабжения) от 19.08.2021 (Приложение А) проектируемая подстанция подключается к РУ-6 кВ ПС-12 АО "МЦБК", яч.12 и яч.28.

Для этой цели выполняются работы в объеме:

- установка в ячейках №12 и №28 выкатных элементов ВЭ/TEL-10-20/630 У2 с вакуумными выключателями ВВ/TEL, трансформаторами тока ТОЛ-СЭЩ-10-11, трансформаторами тока нулевой последовательности ТЗРЛ-70 У2, оборудования релейной защиты, измерения и учета электроэнергии;
- прокладка 2-х кабельных линий, выполненных кабелем АВБбШв 3х120. Кабели прокладываются в существующем кабельном канале от РУ 6 кВ ПС-12 АО "МЦБК" до существующей эстакады, далее по эстакаде до ввода в проектируемое здание участка производства твердого биотоплива, далее по проектируемым кабельным конструкциям до силовых трансформаторов КТП-25.

Электрическая схема подключения ТП-6/0,4-2х1600 КТП к сетям электроснабжения 6 кВ АО "МЦБК"» приведена на чертеже 01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ лист 1.

**4 Обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений, используемых в системе электроснабжения, в части обеспечения соответствия зданий, строений и сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов (за исключением зданий, строений, сооружений, на которые требования энергетической эффективности и требования оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов не распространяются)**

Принятая схема электроснабжения участка биотоплива выполнена в соответствии с техническими условиями на подключение к инженерным коммуникациям (сети электроснабжения) от 19.08.2021 (Приложение А).

Принятая схема обеспечивает электроснабжение потребителей по 1 категории надежности.

В составе новых отходящих фидеров на 1 и 2 секции шин РУ 6 кВ ПС-12 в качестве приборов технического учета предусматривается установка счетчиков активной и реактивной мощности СЕ302-S33, АО «Электротехнические заводы «Энергомера», класс точности 0,5S.

## **5 Сведения о количестве электроприёмников, об их установленной, расчётной и максимальной мощности**

Сведения о количестве электроприёмников и их расчётной мощности представлены в составе решений по электроснабжению в части сетей 0,4 кВ в книге 01.21-0279-13-ИОС1.2.

Мощность электроприемников, подключаемых к проектируемой КТП-25, составляет:

- установленная: 1249 кВт;
- расчетная (максимальная): 1070 кВт;
- коэффициент мощности: 0,92.

## **6 Требования к надёжности электроснабжения и качеству электроэнергии**

Проектируемая двухтрансформаторная подстанция КТП-25 обеспечивает надежное электроснабжение электроприемников 1 – 3 категории.

Сеть электроснабжения АО "МЦБК" 6 кВ обеспечивает надежное электроснабжение потребителей по 1 категории надежности.

Качество электроэнергии должно соответствовать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

## **7 Описание решений по обеспечению электроэнергией электроприёмников в соответствии с установленной классификацией в рабочем и аварийном режимах**

Принятые проектные решения в части проектируемой двухтрансформаторной подстанции КТП-25 предусматривают:

- подключение подстанции 2-мя взаиморезервируемыми кабельными линиями 6 кВ к 2-м различным секциям шин 6 кВ РУ-6 ПС-12 АО "МЦБК";
- взаимное резервирование силовых трансформаторов 6/0,4 кВ;
- наличие АВР со стороны 0,4 кВ.

В аварийном режиме, при отключении одного из питающих вводов, обеспечивается возможность длительного питания всех потребителей КТП-25 без перегрузки питающего электрооборудования и кабелей.

### **7.1 Двухтрансформаторная подстанция ТП-6/0,4-2х1600 (КТП-25)**

Двухтрансформаторная подстанция ТП-6/0,4-2х1600 (КТП-25) предназначена для электроснабжения участка производства твердого биотоплива АО «МЦБК».

Подстанция размещается в отдельном помещении здания участка производства твердого биотоплива. Помещение подстанции оборудуется системами вентиляции, отопления и освещения.

Для соблюдения требований по размещению взаиморезервируемого оборудования трансформаторы подстанции КТП-25 расположены в разных частях одного помещения. Ввиду применения сухой изоляции данные трансформаторы являются непожароопасными. Характеристики трансформаторов приведены в табл. 7.1.

Для силовых трансформаторов в помещении КТП-25 предусматриваются ворота, для доступа персонала предусматриваются двери. В дверях устанавливаются замки с нажимной ручкой снаружи и внутри, отпирающиеся ключом с наружной стороны и без ключа с внутренней стороны. Для перемещения трансформаторов предусмотрены пути перекатки. План расположения высоковольтного оборудования в помещении КТП-25 приведен на чертеже 01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ лист 2.

Основные технические характеристики подстанции приведены в табл. 7.1.

**Таблица 7.1** Основные технические характеристики подстанции КТП-6/0,4-2х1600

№ п/п	Номинальный параметр	Значение номинального параметра
1	Трансформатор 6/0,4 кВ	
1.1	Тип	ТСЗ-1600/6/0,4 УХЛЗ
1.2	Количество, шт.	2
1.3	Номинальная мощность, кВА	1600
1.4	Номинальное напряжение, кВ	6/0,4
1.5	Схема соединения обмоток	Y/Yн-0
1.6	Климатическое исполнение	УХЛЗ
2	Распределительное устройство 0,4 кВ	
	Параметры распределительного устройства 0,4 кВ приведены в составе решений по электроснабжению в части сетей 0,4 кВ в книге 01.21-0279-13-ИОС1.2	

## 7.2 РУ-6 кВ ПС-12

Основные технические характеристики устанавливаемых аппаратов в ячейках №12 и №28 РУ 6 кВ ПС-12 приведены в табл. 7.2. и 7.3.

**Таблица 7.2** Основные технические характеристики ячейки №12 РУ 6 кВ ПС-12

№ п/п	Номинальный параметр	Значение номинального параметра
1	Тип ячейки	КМ1-10-20
3	Номинальный ток сборных шин/ячеек, А	630
4	Ток термической стойкости 3 с, кА	20
5	Тип выключателей	ВВ/TEL 10-20/630
6	Наличие оперативной механической блокировки	есть

**Таблица 7.3** Основные технические характеристики ячейки №28 РУ 6 кВ ПС-12

№ п/п	Номинальный параметр	Значение номинального параметра
1	Тип ячейки	КВ-02МФ-10-20
3	Номинальный ток сборных шин/ячеек, А	630
4	Ток термической стойкости 3 с, кА	20
5	Тип выключателей	ВВ/TEL 10-20/630
6	Наличие оперативной механической блокировки	есть

Схема электрическая принципиальная подключения к РУ 6 кВ ПС-12 приведена на черт. 01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ лист 1, план размещения оборудования и прокладки кабелей приведен на черт. 01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ листы 2,3.

### 7.3 Прокладка кабельных линий 6 кВ

Для подключения подстанции КТП-25 к сети электроснабжения АО «МЦБК» предусматривается прокладка следующих кабельных линий 6 кВ:

- КЛ 6 кВ «Яч. 12 РУ 6 кВ ПС-12- ввод 1 КТП-25;
- КЛ 6 кВ «Яч. 28 РУ 6 кВ ПС-12- ввод 2 КТП-25.

Обе линии выполняются кабелем АВБбШв 3х120-6. Прокладываются в кабельном канале от РУ 6 кВ до существующей эстакады, далее по эстакаде до ввода в проектируемое здание и по кабельным конструкциям до силовых трансформаторов КТП-25. Прокладка выполняется с соблюдением необходимых мер по обеспечению взаимного резервирования кабельных линий.

План и указания по прокладке кабельных линий приведены на черт. 01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ листы 2,3.

## **7.4 Выбор и проверка электрооборудования 6 кВ**

### **7.4.1 Общие положения**

В данном разделе приведен выбор устанавливаемого оборудования 6 кВ по условиям рабочих продолжительных режимов и проверка соответствия этого оборудования к действию токов короткого замыкания по термической и электродинамической стойкости. Для выключателей выполнена проверка на коммутационную способность.

По условиям рабочих продолжительных режимов электрические аппараты и проводники выбираются по уровню изоляции и допустимому нагреву токоведущих частей.

Значения трёхфазного тока короткого замыкания на шинах РУ-6 кВ ПС-12 в максимальном режиме предоставлены Заказчиком и составляют 18,2 кА.

Электродинамическая стойкость проводников и электрических аппаратов проверяется по условиям воздействия электродинамических сил от ударного тока короткого замыкания.

Расчетная продолжительность короткого замыкания при проверке на термическую стойкость определяется суммированием времени действия релейной защиты, в зону действия которой входят проверяемые проводники и аппараты, и полного времени отключения ближайшего к месту короткого замыкания выключателя.

Проектом предусматривается подключение к 1 и 2 секциям РУ 6 кВ ПС-12 АО «МЦБК» новой трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ КТП-25: КТП-6/0,4-2х1600 с двумя трансформаторами ТСЗ-1600/6. Для соединения РУ-6 кВ ПС-12 и вновь проектируемой КТП-25 предусматривается прокладка двух новых кабельных линий 6 кВ.



### 7.4.2 Расчет электрических нагрузок проектируемых присоединений 6 кВ

**Таблица 7.4.1** Расчет электрических нагрузок, подключенных к шинам РУ 6 кВ ПС-12

Наименование потребителя	Установленная мощность, кВт/кВА		Коэф-т загрузки, Кз	Коэф-т мощности, cos φ	Расчетная мощность		
					Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА
	Р, кВт	S, кВА					
ЗРУ 6 кВ ГПП-2							
КТП-6/0,4- 2х1600	1249	2х1600	≤ 0,6	0,92	1070	471	1169

Примечание к таблице 7.4.1:

1. Значения расчетной электрической мощности и коэффициента мощности потребителей, приняты по данным тома 01.21-0279-13-ИОС1.2.
2. Наибольший коэффициент загрузки силовых трансформаторов проектируемой ТП принят не более 0,6 с учетом обеспечения длительно-допустимой перегрузки сухих трансформаторов не более 20% в течение 60 мин при отключении второго ввода и включения секционного выключателя.

### 7.4.3 Расчет токов короткого замыкания в сети 6 кВ

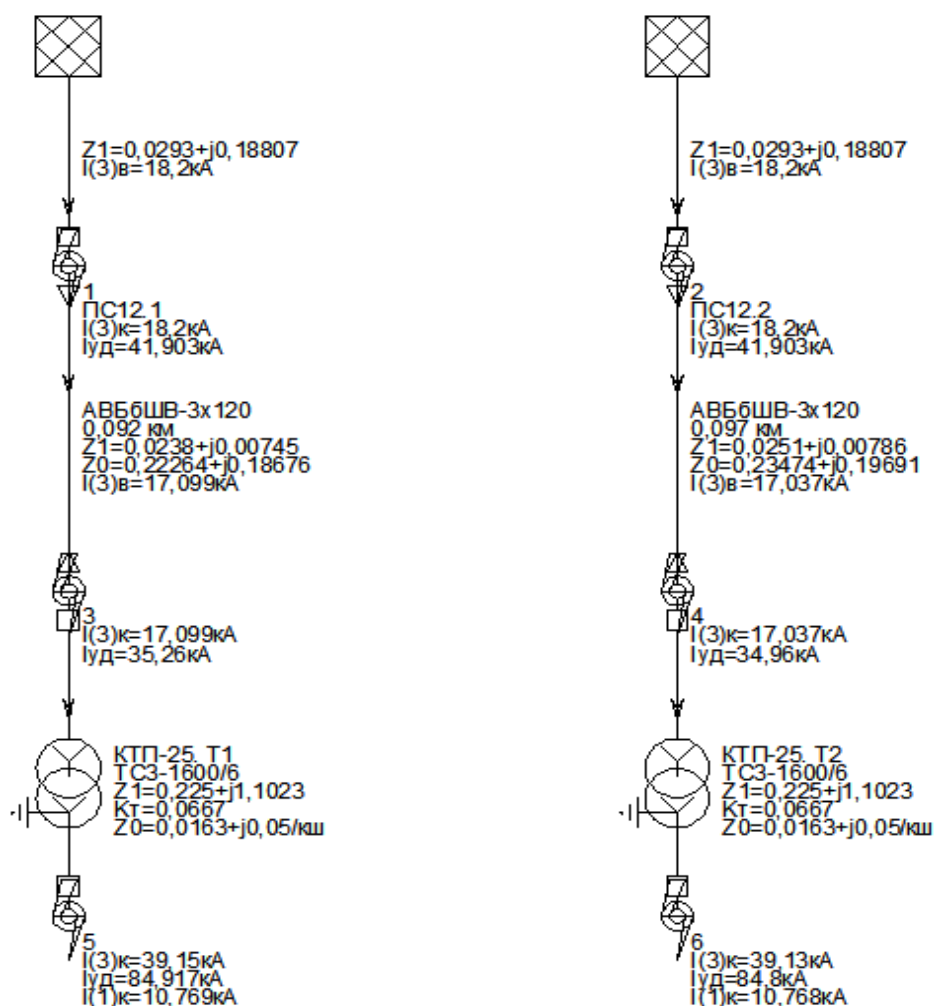
Расчет выполнен в программном комплексе EnergyCS TK3 v.3 (CSoft).

#### Исходные данные:

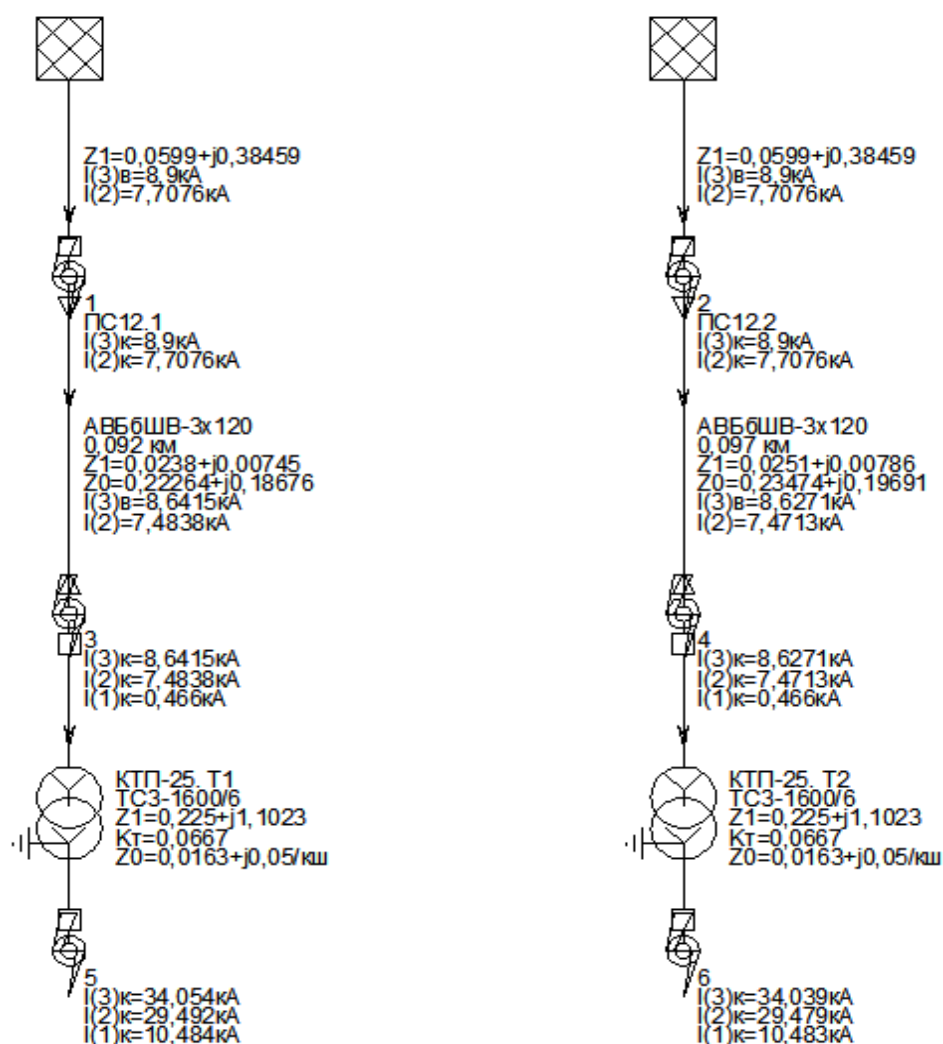
Силовые трансформаторы Т1 и Т2 проектируемой КТП-25 будут получать питание по двум кабельным линиям 6 кВ АВББШв 3х120-6 длиной 92 м и 97 м от шин 1 и 2 секции РУ-6 кВ ПС-12 (яч. 12 и яч. 28)

Значения периодической составляющей токов 3х фазного КЗ в максимальном и минимальном режимах на шинах 6 кВ ПС-12 составляют 18,2 кА и 8,9 кА соответственно. Ударный ток КЗ в максимальном режиме – 41,9 кА.

Результаты расчетов токов КЗ в максимальном режиме питающей сети приведены на рисунке 7.4.1, в минимальном режиме питающей сети – на рисунке 7.4.2.



**Рисунок 7.4.1.** Расчет токов короткого замыкания проектируемых элементов 6 кВ (в максимальном режиме)



**Рисунок 7.4.2.** Расчет токов короткого замыкания для проектируемых элементов сети 6 кВ (в минимальном режиме)

#### 7.4.4 Определение рабочих токов присоединений 6 кВ

Для выбора аппаратов и проводников по условиям рабочих продолжительных режимов требуются значения наибольших рабочих токов  $I_{РАБ. НАИБ.}$  присоединений 6 кВ.

Наибольшие рабочие токи присоединений 6 кВ ПС-12, отходящих к проектируемой КТП-25, определяются, исходя из мощности силового трансформатора подстанции в режиме допустимой перегрузки 20% с учетом резерва, предусмотренного по указанию Заказчика.

**Таблица 7.4.2** Наибольшие рабочие токи присоединений 6 кВ

Присоединение	Расчетное выражение	$I_{РАБ. НАИБ.}$ А	Расчетные данные
яч. 12	$I_{РАБ. НАИБ.} = K_3 \frac{S_{ном.тр.}}{\sqrt{3} \cdot U}$	185 А	$S_{ном.тр.} = 1600 \text{ кВА};$ $K_3 = 1,2;$ $U = 6 \text{ кВ};$
яч. 28		185 А	

#### 7.4.5 Выбор и проверка выключателей 6 кВ

##### Условия выбора выключателей по рабочим продолжительным режимам

Выбор выключателей по рабочим продолжительным режимам производится по условиям:

$$U_{НОМ} \geq U_{С.НОМ},$$

$$I_{НОМ} \geq I_{РАБ. НАИБ.},$$

где  $U_{НОМ}$  – номинальное напряжение выключателя;  $U_{С.НОМ}$  – номинальное напряжение сети;  $I_{НОМ}$  – номинальный ток выключателя;  $I_{РАБ. НАИБ.}$  – наибольший рабочий ток, равный расчетному току продолжительного режима.

Наибольшие рабочие токи присоединений 6 кВ приведены в табл. 7.4.2.

##### Условия проверки выключателей на электродинамическую и термическую стойкость

Проверка выключателей на электродинамическую стойкость производится по условию:

$$i_{дин} \geq i_{уд},$$

где  $i_{дин}$  – ток электродинамической стойкости аппарата;  $i_{уд}$  – максимальный ударный ток трехфазного КЗ.

Проверка выключателей на термическую стойкость производится по условию:

$$B_{доп} \geq B_K,$$

где  $B_K$  – тепловой импульс (интеграл Джоуля) по расчету;  $B_{доп}$  – допустимый для аппарата тепловой импульс.

Расчетный тепловой импульс определяется по выражению:

$$B_K = I_{п0}^2 (t_{откл} + T_{А.ЭКВ}),$$

где  $I_{п0}$  – периодическая составляющая максимального тока трехфазного КЗ;  $t_{откл}$  – время отключения присоединения при КЗ;  $T_{А.ЭКВ}$  – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ.

Время отключения присоединения при КЗ определяется по выражению:

$$t_{\text{ОТКЛ}} = t_{\text{РЗ}} + t_{\text{П.ОТКЛ}},$$

где  $t_{\text{РЗ}}$  – время отключения присоединения устройствами РЗ;  $t_{\text{П.ОТКЛ}}$  – полное время отключения выключателя.

Допустимый тепловой импульс определяется по выражению:

$$B_{\text{ДОП}} = I_{\text{ТЕР}}^2 \cdot t_{\text{ТЕР}},$$

$I_{\text{ТЕР}}$  – ток термической стойкости;  $t_{\text{ТЕР}}$  – время термической стойкости (по паспортным данным).

### Условия проверки выключателей на отключающую способность

Проверка выключателей на отключающую способность производится по условиям:

$$I_{\text{ОТКЛ.Н}} \geq I_{\text{П0}},$$

$$i_{\text{А.НОРМ}} = \sqrt{2} I_{\text{ОТКЛ.НОМ}} \frac{\beta}{100} \geq i_{\text{А}\tau} = \sqrt{2} I_{\text{П0}} e^{\frac{-\tau}{T_{\text{А.ЭКВ}}}},$$

где  $I_{\text{ОТКЛ.НОМ}}$  – номинальный ток отключения выключателя;  $I_{\text{П0}}$  – периодическая составляющая максимального тока трехфазного КЗ;  $i_{\text{А.НОРМ}}$  – нормированное значение аperiodической составляющей тока отключения;  $i_{\text{А}\tau}$  – расчетное значение аperiodической составляющей тока отключения в момент времени  $\tau$  начала размыкания контактов выключателя;  $\beta$  – нормированное процентное содержание аperiodической составляющей в токе отключения.

Время до начала размыкания контактов выключателя определяется по выражению:

$$\tau = t_{\text{С.ОТКЛ}} + 0,01,$$

где  $t_{\text{С.ОТКЛ}}$  – собственное время отключения выключателя.

Если не выполняется условие проверки  $i_{\text{А.НОРМ}} \geq i_{\text{А}\tau}$  по аperiodической составляющей тока КЗ, то производится проверка по условию отключения полного тока КЗ:

$$i_{НОРМ} = \sqrt{2}I_{ОТКЛ.НОМ} \left( 1 + \frac{\beta}{100} \right) \geq i_{\tau} = \sqrt{2}I_{П0} \left( 1 + e^{\frac{-\tau}{T_{А.ЭКВ}}} \right),$$

где  $i_{НОРМ}$  – нормированное значение полного тока отключения;  $i_{\tau}$  – расчетное значение полного тока отключения в момент времени  $\tau$  начала размыкания контактов выключателя.

### **Результаты выбора и проверки выключателей**

По результатам расчётов сформированы требования к техническим характеристикам выключателей 6 кВ, устанавливаемых в КРУ 6 кВ. Технические характеристики выключателей приведены в табл. 7.4.5.

Таблица 7.4.3 Выбор и проверка выключателей на электродинамическую и термическую стойкость

Присоединение	Тип выключателя	Выбор по условиям рабочих продолжительных режимов				Проверка на электродинам. стойкость		Проверка на термическую стойкость								
		$U_{НОМ},$ кВ	$U_{С.НОМ},$ кВ	$I_{НОМ},$ А	$I_{РАБ. НАИБ},$ А	$i_{ДИН},$ кА	$i_{УД},$ кА	$I_{П0},$ кА	$t_{РЗ},$ с	$t_{П.ОТКЛ},$ с	$t_{ОТКЛ},$ с	$T_{А.ЭКВ},$ с	$I_{ТЕР},$ кА	$t_{ТЕР},$ с	$B_{ДОП},$ $(кА)^2 \times с$	$B_{К},$ $(кА)^2 \times с$
Выключатели 6 кВ																
яч. 12	ВВ/TEL-10-20/630	6	6	630	63,4	51	41,9	18,2	0,03	0.055	0.085	0.02	20	3	1200	34,78
яч. 28	ВВ/TEL-10-20/630	6	6	630	63,4	51	41,9	18,2	0,03	0.055	0.085	0.02	20	3	1200	34,78

Таблица 7.4.4 Проверка выключателей на отключающую способность

Присоединение	Тип выключателя	По периодической составляющей		По апериодической составляющей					По полному току	
		$I_{\text{откл.ном}},$ кА	$I_{\text{п0}},$ кА	$\beta,$ %	$t_{\text{с.откл}},$ с	$\tau,$ с	$i_{\text{а.ном}},$ кА	$i_{\text{ат}},$ кА	$i_{\text{ном}},$ кА	$i_{\tau},$ кА
Выключатели 6 кВ										
яч. 18	ВВ/TEL-10-20/630	20	18,2	30	0,045	0,055	8,49	1,64	-	-
яч. 28	ВВ/TEL-10-20/630	20	18,2	30	0,045	0,055	8,49	1,64	-	-



**Таблица 7.4.5** Технические характеристики выключателей ВВ/TEL-10-20/630

<b>№</b>	<b>Наименование</b>	<b>Значение</b>
1	Номинальное напряжение, кВ	6
2	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
3	Номинальный ток, А	630
4	Номинальный ток отключения, кА	20
5	Сквозной ток короткого замыкания:	
	- ток электродинамической стойкости (наибольший пик), кА:	51
	- ток термической стойкости, кА	20
	- время протекания тока термической стойкости, с	3
6	Полное время отключения, мс	55
7	Собственное время отключения, мс	45
8	Собственное время включения, мс	90
9	Нормированное процентное содержание апериодической составляющей, %	30
10	Номинальное напряжение постоянного тока электромагнитов управления привода, В	220
11	Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150	У2

## 7.4.6 Выбор и проверка трансформаторов тока

### Условия выбора трансформаторов тока по требуемому классу точности

Класс точности вторичных обмоток трансформаторов тока принимается следующим:

- класс точности обмоток для целей измерений и учета – 0,5;
- класс точности обмоток для целей РЗА – 10Р.

### Условия выбора требуемого количества вторичных обмоток трансформаторов тока

Количество вторичных обмоток трансформаторов тока выбирается, исходя из следующих условий:

- на всех присоединениях 6 кВ должна быть предусмотрена обмотка класса точности 0,5 для целей измерений и учета;
- на всех присоединениях 6 кВ должна быть предусмотрена обмотка класса точности 10Р для целей РЗА.

### Условия выбора трансформаторов тока по рабочим продолжительным режимам

Выбор трансформаторов тока по рабочим продолжительным режимам производится по условиям:

$$U_{НОМ} \geq U_{С.НОМ},$$

$$I_{1НОМ} \geq I_{РАБ.НАИБ.},$$

где  $U_{НОМ}$  – номинальное напряжение трансформатора тока;  $U_{С.НОМ}$  – номинальное напряжение сети;  $I_{1НОМ}$  – номинальный ток первичной обмотки трансформатора тока;  $I_{РАБ.НАИБ.}$  – наибольший рабочий ток, равный расчетному току продолжительного режима.

### Условия проверки трансформаторов тока на электродинамическую и термическую стойкость

Проверка трансформаторов тока на электродинамическую стойкость производится по условию:

$$i_{дин} \geq i_{уд},$$

где  $i_{дин}$  – ток электродинамической стойкости аппарата;  $i_{уд}$  – максимальный ударный ток трехфазного КЗ.

Электродинамическая стойкость шинных трансформаторов тока определяется устойчивостью самих шин распределительного устройства. Такие трансформаторы тока на электродинамическую стойкость не проверяются.

Проверка трансформаторов тока на термическую стойкость производится по условию:

$$B_{доп} \geq B_k,$$

где  $B_k$  – тепловой импульс (интеграл Джоуля) по расчету;  $B_{доп}$  – допустимый для аппарата тепловой импульс.

Таблица 7.4.6 Выбор трансформаторов тока по классу точности и количеству обмоток

Присоединение	Тип трансформатора тока	Кол-во ТТ	Суммарное количество обмоток в классах точности				Требуемое количество обмоток в классах точности				Резервное количество обмоток в классах точности			
			0,2S	0,2	0,5	10P	0,2S	0,2	0,5	10P	0,2S	0,2	0,5	10P
Трансформаторы тока 6 кВ														
яч. 12	ТОЛ-СЭЩ-10, 200/5 А, 0,5/10P	2	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-
яч. 28	ТОЛ-СЭЩ-10, 200/5 А, 0,5/10P	2	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-

Таблица 7.4.7 Выбор трансформаторов тока по условиям рабочих продолжительных режимов и проверка электродинамическую и термическую стойкость

Присоединение	Тип трансформатора тока	Выбор по условиям рабочих продолжительных режимов				Проверка на электродинам. стойкость		Проверка на термическую стойкость						
		$U_{НОМ},$ $кВ$	$U_{С.НОМ},$ $кВ$	$I_{НОМ},$ $А$	$I_{РАБ.НАИБ},$ $А$	$i_{ДИН},$ $кА$	$i_{УД},$ $кА$	$I_{П0},$ $кА$	$t_{ОТКЛ},$ $с$	$T_{А.ЭКВ},$ $с$	$I_{ТЕР},$ $кА$	$t_{ТЕР},$ $с$	$B_{ДОП},$ $(кА)^2 \times с$	$B_к,$ $(кА)^2 \times с$
Трансформаторы тока 6 кВ														
яч. 12	ТОЛ-10, 200/5 А, 0,5/10Р	6	6	200	185	52	41,9	18,2	0.085	0.02	20	1	400	34,78
яч. 28	ТОЛ-10, 200/5 А, 0,5/10Р	6	6	200	185	52	41,9	18,2	0.085	0.02	20	1	400	34,78

**Таблица 7.4.8** Технические характеристики трансформаторов тока 6 кВ

№	Наименование	Значение
1	Номинальное напряжение, кВ	6
2	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2
3	Номинальный первичный ток, А	200
4	Номинальный вторичный ток, А	5
5	Количество вторичных обмоток	2 (1- изм., 2- РЗА)
6	Номинальный класс точности:	
	- обмоток для измерения	0,5
	- обмоток для защиты	10P
7	Номинальные вторичные нагрузки с $\cos \varphi = 0,8$ :	
	- обмоток для измерения, ВА	10
	- обмоток для защиты, ВА	15
8	Номинальная предельная кратность обмотки для защиты	15
9	Номинальный коэффициент безопасности приборов обмотки для измерений	10
10	Сквозной ток короткого замыкания:	
	- ток электродинамической стойкости (наибольший пик), кА:	52
	- ток термической стойкости, кА	20
	- время протекания тока термической стойкости, с	1
11	Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150	У2

#### 7.4.7 Выбор и проверка кабелей 6 кВ

##### Условия выбора кабелей по рабочим продолжительным режимам

КЛ 6 кВ выбираются и прокладываются, исходя из требуемых нагрузок и перспективы развития сети. В данной главе выполнен выбор кабелей подстанционного назначения.

Выбор кабелей по рабочим продолжительным режимам производится по условиям:

$$U_{НОМ} \geq U_{С.НОМ},$$

$$I_{ДОП} \geq I_{РАБ. НАИБ.},$$

где  $U_{НОМ}$  – номинальное напряжение токопровода;  $U_{С.НОМ}$  – номинальное напряжение сети;  $I_{ДОП}$  – допустимый длительный ток кабеля;  $I_{РАБ. НАИБ.}$  – наибольший рабочий ток, равный расчетному току продолжительного режима.

Выбор кабелей по допустимому отклонению напряжения не производится, ввиду их малой длины.

##### Условия проверки кабелей на термическую стойкость

Термическая стойкость кабельных линий должна обеспечиваться при протекании тока трехфазного короткого замыкания в начале линии. Проверка на термическую стойкость кабельных линий производится по условию:

$$B_K \leq I_{доп1с}^2,$$

$$B_K = I_{(3)K}^2 \cdot (t_B + t_{очн} + T_a),$$

где  $I_{П0}$  – периодическая составляющая максимального тока трехфазного КЗ в начале линии;  $I_{доп1с}$  – допустимый ток односекундного короткого замыкания линии.

Таблица 7.4.9 Технические характеристики кабеля АВБбШв 3х120- 6кВ

№	Наименование	Значение
1	Номинальное напряжение, кВ	6
2	Материал жилы	Алюминий
3	Число и сечение жил, мм <sup>2</sup>	3х120
4	Тип изоляции	ПВХ
5	Допустимый длительный ток, А	220
6	Допустимый ток односекундного короткого замыкания линии, кА	8,66
7	Длительно допустимая температура токопроводящих жил кабеля, °С	70
8	Допустимая температура жилы по условиям невозгораемости кабеля, °С	350
9	Конструктивное исполнение	Трёхфазный

Таблица 7.4.10 Выбор и проверка на термическую стойкость кабелей 6 кВ

Наименование присоединения	Тип кабеля	Выбор по условиям рабочих продолжительных режимов				Проверка на термическую стойкость					
		$U_{НОМ},$ $кВ$	$U_{С.НОМ},$ $кВ$	$I_{ДОП},$ $A$	$I_{РАБ.НАИБ},$ $A$	$I_{(3)К},$ $кА$	$t_B,$ $с$	$t_{осн},$ $с$	$T_a,$ $^{\circ}C$	$I_{доп.1с}^2,$ $кА$	$B_{к},$ $кА$
яч. 12	АВБбШв 3х120- 6кВ	6	6	220	185	18,2	0,085	0,03	0,02	74,99	34,78
яч. 28	АВБбШв 3х120- 6кВ	6	6	220	185	18,2	0,085	0,03	0,02	74,99	34,78

Примечания:

1. Значение времени срабатывания основной защиты 0,03 сек.
2. Значение времени полного времени отключения выключателя см. табл. 7.4.5.

## **8 Описание проектных решений по компенсации реактивной мощности, релейной защите, управлению, автоматизации и диспетчеризации системы электроснабжения**

### **8.1 Компенсация реактивной мощности**

Решения по компенсации реактивной мощности в сети электроснабжения 6 кВ в данном проекте не предусматриваются.

### **8.2 Релейная защита, управление и автоматизация**

Функции релейной защиты, управления и автоматизации присоединений РУ-6 кВ ПС-12 (яч. 12 и яч. 28), к которым осуществляется подключение силовых трансформаторов проектируемой подстанции, выполняются на базе следующих устройств:

- Устройство релейной защиты с функциями токовой отсечки и максимальной токов защиты присоединения РСТ-82АВ-10-2-111-1 УХЛ4;
- Устройство защиты от перегрузки с действием на сигнализацию РСТ-81АВ-10-2-111-1 УХЛ4;
- Устройство защиты от однофазных замыканий на землю на базе токового реле РТ-40/0,2 (АО «ЧЭАЗ»);
- Блок управления вакуумным выключателем TER\_CM16\_2 (АО «ГК «Таврида Электрик»);
- Блок дуговой защиты БДЗ-01 (АО «ЧЭАЗ»);
- Схема автоматики на базе электромеханических реле (АО «ЧЭАЗ»);
- Счетчик электрической энергии СЕ302 S33 503J (АО «Энергомера»).

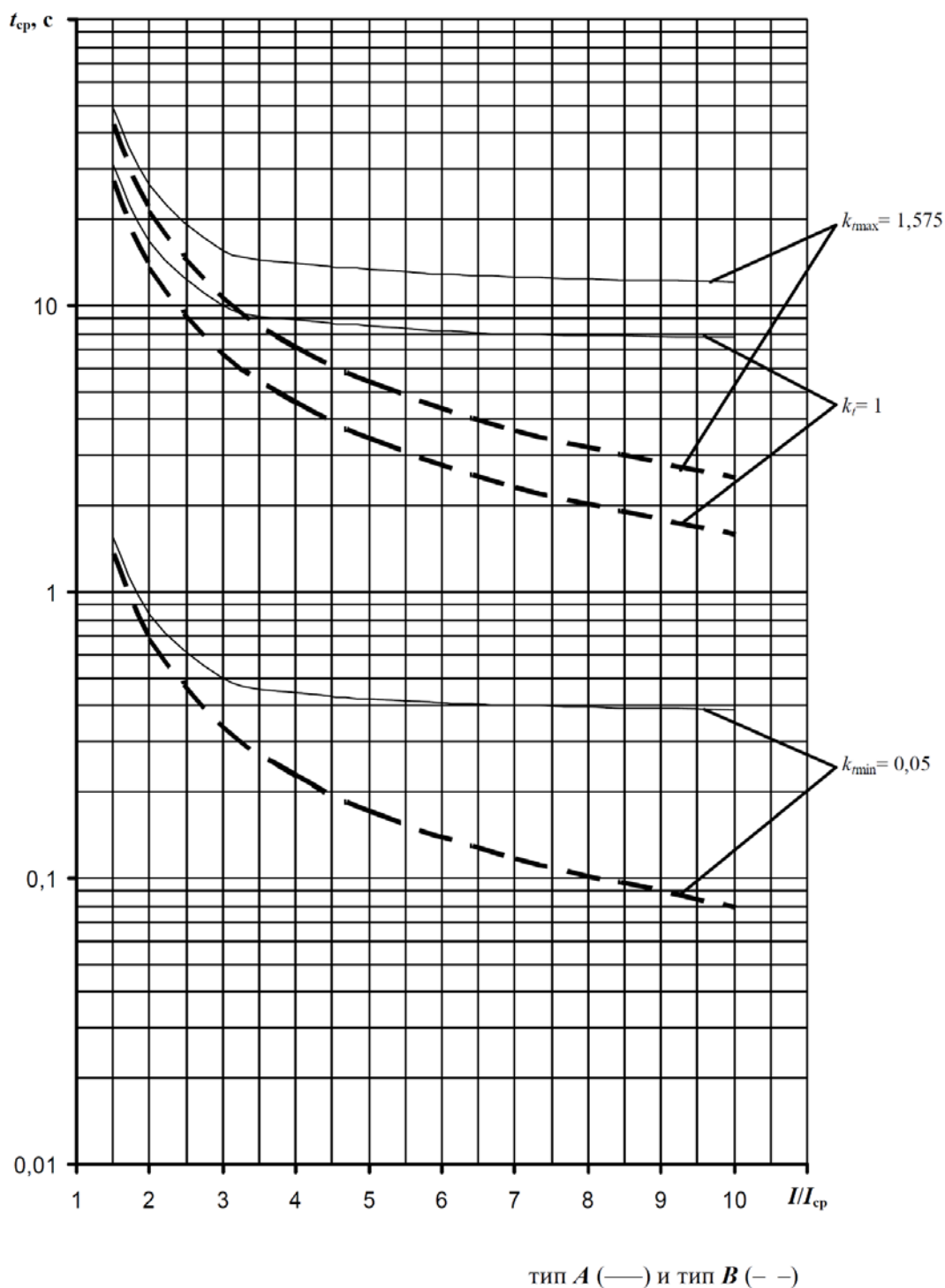
#### **8.2.1 Максимальная токовая защита (МТЗ)**

Для выполнения функций основной защиты от внутренних и внешних коротких замыканий проектируемых присоединений предусматривается максимальная токовая защита с выдержкой времени. В зону защиты входит кабельная линия 6 кВ, силовой



трансформатор и шины РУ-0,4 кВ КТП-25. Функция МТЗ выполняется на базе устройства РСТ-82АВ-10.

Устройство РСТ-82АВ-10 представляет собой двухфазное реле максимального тока с зависимой выдержкой времени и токовой отсечкой. Времятоковые характеристики реле приведены на рисунке 8.1.



**Рисунок 8.1.** Времятоковые характеристики реле РСТ-82АВ.

Реле подключается к трансформаторам тока с коэффициентом трансформации  $n_{\text{ТТ}} = 200/5$  и классом точности 10Р, установленным в двух фазах по схеме «неполная звезда».

**Ток срабатывания МТЗ силового трансформатора** должен быть отстроен от рабочих токов нагрузки с учетом длительно-допустимой перегрузки ( $K_{\text{пер}}=1,2$ ) и токов самозапуска электродвигателей:

$$I_{\text{ср.мтз}} \geq \frac{K_{\text{н}} \cdot K_{\text{сх}} \cdot K_{\text{сзп}}}{K_{\text{в}}} \cdot I_{\text{раб.макс}} = \frac{1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,5}{0,9} \cdot 185\text{А} = 370\text{А},$$

где  $K_{\text{н}} = 1,2$  – коэффициент надежности;

$K_{\text{сх}} = 1,0$  – коэффициент схемы включения реле;

$K_{\text{сзп}} = 1,5$  – коэффициент самозапуска двигателей нагрузки;

$K_{\text{в}} = 0,9$  – коэффициент возврата реле по данным завода-изготовителя;

$I_{\text{раб.макс}} = I_{\text{ном}} \cdot K_{\text{пер}} = 154\text{А} \cdot 1,2 = 185\text{А}$  – наибольший рабочий ток защищаемого трансформатора с учетом длительно-допустимой перегрузки.

**Принятый первичный ток срабатывания МТЗ:**  $I_{\text{ср.мтз}} = 400\text{А}$  (с учетом дискретности выставления уставок реле РСТ-82АВ).

Уставка по току срабатывания МТЗ **во вторичных значениях токов** составит:

$$I_{\text{ср.мтз.вт.}} = \frac{I_{\text{ср.мтз}}}{n_{\text{ТТ}}} = \frac{400\text{А}}{200/5} = 10\text{А},$$

где  $n_{\text{ТТ}} = 200/5$  – коэффициент трансформации ТТ.

**По условию согласования времени срабатывания МТЗ с расцепителями автоматов стороны 0,4 кВ** выдержка времени защиты должна быть не менее 0,4 сек. при значениях токов КЗ ниже уставки токовой отсечки 2900А (выбор уставки токовой отсечки приведен в пункте 7.2.2).

**По условию согласования времени срабатывания МТЗ с защитой секционного выключателя 6 кВ ПС-12** выдержка времени должна быть не более 0,5 сек. при значениях токов КЗ выше уставки МТЗ секционного выключателя 6 кВ 2850А.

**По условию согласования времени срабатывания МТЗ с защитой ввода 6 кВ ПС-12** выдержка времени должна быть не более 0,8 сек. при значениях токов КЗ выше уставки МТЗ ввода 3360А. Данное условие не актуально, т.к. при токах свыше 2900А срабатывает ступень токовой отсечки без выдержки времени (см. пункт 7.2.2).

Значения уставок защит вводов и секционного выключателя РУ-6 кВ ПС-12 приняты согласно документации, шифр 02.14/1-0279-411-РЗ.02 («Реконструкция ПС-12. Релейная защита и автоматика», ООО «Бумпроект», 2016г.):

- уставки МТЗ вводов 6 кВ ПС-12: 3360А, 1.3с.
- уставки МТЗ секционного выключателя 6 кВ ПС-12: 2850А, 1.0с.

Для выполнения перечисленных условий примем тип обратозависимой времятоковой характеристики реле – В (см. рисунок 8.1). Коэффициент  $K_t$  подберем таким образом, чтобы при первичном токе свыше 2850А, протекающим через защиту, время срабатывания не превышало 0,5 сек, а при токах ниже 2900А – было не менее 0,4 сек.

В относительных единицах этот ток составит  $I / I_{ср} = 2850А / 400А = 7,125$ . При  $K_t = 1$  и относительной величине тока 7,125 время срабатывания защиты составит 2,3с. Тогда для времени срабатывания защиты 0,5с коэффициент  $K_t$  должен составить:

$$K_t = 0,5с / 2,3с * 1 = 0,217.$$

С учетом дискретности выставления уставки принимается значение  $K_t = 0,2$ .

В этом случае время срабатывания защиты при токах свыше 2850А составит не более 0,46 сек., а при токах ниже 2900А – не менее 0,44 сек.

Заданные условия выполняются.

#### **Принимаются уставки МТЗ:**

$$I_{ср.МТЗ} = 400А \text{ (в первичных величинах);}$$

$$I_{ср.МТЗ.ВТ} = 10А \text{ (во вторичных величинах);}$$

$$K_t = 0.2.$$

Для настройки реле РСТ-82АВ-10 на такую уставку срабатывания согласно указаниям завода-изготовителя требуется параллельное соединение обмоток. Наибольшее значение уставки срабатывания МТЗ по току для реле РСТ-82АВ-10 при параллельном соединении обмоток составляет: 11,2А во вторичных величинах или 448А в первичных.

Выбранная уставка реле должна обеспечивать чувствительность к минимальным значениям токов при 2х-фазных и 1-фазных КЗ на шинах 0,4 кВ проектируемой подстанции в минимальном режиме работы энергосистемы.

Согласно расчету, приведенному в п. 7.4.3, значения токов КЗ следующие:

- минимальный ток, протекающий через место установки защиты при 2х-фазном КЗ на стороне НН защищаемого трансформатора:  $I_{\text{мин.КЗ}}^{(2)} = 1966\text{А}$ ;

- минимальный ток, протекающий через место установки защиты при 1-фазном КЗ на стороне НН защищаемого трансформатора:  $I_{\text{мин.КЗ}}^{(1)} = 466\text{А}$  – в поврежденной фазе и  $I_{\text{мин.КЗ}}^{(1)} = 233\text{А}$  – в неповрежденных фазах (для включения реле МТЗ только в две фазы необходимо принимать ток в неповрежденной фазе).

**Коэффициент чувствительности реле при 2х-фазных КЗ:**

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мин.КЗ}}^{(2)}}{I_{\text{ср.мтз}}} = \frac{1966\text{А}}{400\text{А}} = 4,9 > 1,5$$

Чувствительность реле при 2х-фазных КЗ за трансформатором обеспечена.

**Коэффициент чувствительности реле при 1-фазных КЗ:**

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мин.КЗ}}^{(1)}}{I_{\text{ср.мтз}}} = \frac{233\text{А}}{400\text{А}} = 0,58 < 1,5$$

Чувствительность реле при 1-фазных КЗ за трансформатором не обеспечена.

Согласно п. 3.2.66 ПУЭ для промышленных установок при недостаточной чувствительности МТЗ, устанавливаемой на стороне высшего напряжения трансформатора, к токам однофазного КЗ в сети низшего напряжения допускается не выполнять специальную защиту нулевой последовательности, устанавливаемой в нулевом проводе трансформатора, если сборка низшего напряжения находится в непосредственной близости от трансформатора (до 30м).

В проектируемой подстанции силовые трансформаторы и сборки низшего напряжения находятся в одном помещении и соединяются шинопроводами длиной до 3м. Вводные автоматические выключатели 0,4 кВ оснащаются электронными расцепителями с функцией чувствительной защиты от однофазных КЗ. Таким образом,

выполнение специальной защиты нулевой последовательности, устанавливаемой в нулевом проводе трансформатора, не целесообразно.

Уставка срабатывания МТЗ силового трансформатора дополнительно уточняется на этапе рабочей документации:

- по расчетному значению токов самозапуска электродвигателей нагрузки;
- с учетом отстройки от тока срабатывания расцепителя выключателя ввода 0,4 кВ.

МТЗ при срабатывании действует на сигнализацию:

- на шинку аварийной сигнализации;
- на блинкер срабатывания МТЗ на дверце релейного отсека.

### 8.2.2 Токовая отсечка (ТО)

В качестве дополнительной быстродействующей защиты от внутренних коротких замыканий проектируемых присоединений предусмотрена токовая отсечка (ТО). В зону ТО входит кабельная линия и часть обмоток силового трансформатора проектируемой подстанции. Функция ТО выполняется на базе устройства РСТ-82АВ-10.

**Защита отстраивается от максимального тока 3х-фазного КЗ на стороне низкого напряжения трансформатора**, в этом случае обеспечивается полная селективность с расцепителями автоматических выключателей стороны 0,4 кВ. При этом ТО должна быть чувствительна к КЗ на выводах 6 кВ защищаемого трансформатора. (с коэффициентом чувствительности не менее 2,0).

Согласно расчетам, приведенным в п. 7.4.3, в месте установки защиты максимальный ток 3х-фазного КЗ на стороне низкого напряжения трансформатора составляет:  $I_{\text{макс.КЗ}}^{(3)} = 2610\text{А}$ .

Уставка ТО (в первичных значениях токов) определяется по формуле:

$$I_{\text{ср.то}} \geq K_{\text{н}} \cdot I_{\text{макс.КЗ}}^{(3)} = 1,1 \cdot 2610\text{А} = 2871\text{А},$$

где  $K_{\text{н}} = 1,1$  – коэффициент надежности отстройки реле.

Кроме того, защита должна быть отстроена от броска намагничивающего тока по формуле:

$$I_{\text{ср.то}} \geq K_{\text{н}} \cdot I_{\text{ном.тр}} = 5 \cdot 154\text{А} = 770\text{А},$$

где  $K_{\text{н}} = 5$  – коэффициент надежности отстройки реле от броска тока.

**Принятый первичный ток срабатывания ТО:**  $I_{\text{ср.то}} = 2900\text{А}$ .

Уставка по току срабатывания ТО во вторичных значениях токов составит:

$$I_{\text{ср.то}} = \frac{I_{\text{ср.то}}}{n_{\text{тТ}}} = \frac{2900\text{А}}{200/5} = 72,5\text{А},$$

где  $n_{\text{тТ}} = 200/5$  – коэффициент трансформации ТТ.

**Защита выполняется без выдержки времени.**

Выбранная уставка реле должна обеспечивать чувствительность к минимальным значениям токов при 2х-фазных КЗ на выводах 6 кВ защищаемого трансформатора проектируемой подстанции в минимальном режиме работы энергосистемы. Согласно расчету, приведенному в п. 7.4.3, значение минимального тока КЗ на выводах 6 кВ защищаемого трансформатора следующее:  $I_{\text{мин.КЗ}}^{(2)} = 7471\text{А}$ .

**Коэффициент чувствительности реле при 2х-фазных КЗ:**

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мин.КЗ}}^{(2)}}{I_{\text{ср.ТО}}} = \frac{7471\text{А}}{2900\text{А}} = 2,6 > 2,0.$$

Чувствительность отсечки обеспечена.

**Принимаются уставки ТО:**

$I_{\text{ср.мтз}} = 2900\text{А}$  (в первичных величинах);

$I_{\text{ср.мтз.вт}} = 72,5\text{А}$  (во вторичных величинах).

Для настройки реле РСТ-82АВ-10 на такую уставку срабатывания ТО согласно указаниям завода-изготовителя требуется параллельное соединение обмоток. Наибольшее значение уставки срабатывания ТО по току для реле РСТ-82АВ-10 при параллельном соединении обмоток составляет: 87,5А во вторичных величинах или 3500А в первичных.

ТО при срабатывании действует на сигнализацию:

- на шинку аварийной сигнализации;
- на блинкер срабатывания ТО на дверце релейного отсека.

### 8.2.3 Защита от перегрузки силовых трансформаторов с действием на сигнал

В качестве сигнального реле защиты от перегрузки силовых трансформаторов проектируемой подстанции предусматривается установка однофазного реле типа РСТ-81АВ, включаемого в обратный провод в схеме включения трансформаторов тока «неполная звезда».

Т.к. используется обратозависимая времятоковая характеристика реле принимается ток срабатывания, равный номинальному току защищаемого трансформатора. Тип характеристики – А. Коэффициент  $K_t$  выбирается таким образом, чтобы при токах свыше 3 отн. единиц ( $I/I_{ср}$ ), время срабатывания реле составляло 7-8 сек.

Принимаются следующие уставки срабатывания реле защиты от перегрузки:

$$I_{ср.пер.} = 154\text{А (в первичных величинах);}$$

$$I_{ср.пер.вт} = 3,85\text{А (во вторичных величинах);}$$

$$K_t = 1.0.$$

При выбранных уставках время срабатывания реле для различных перегрузок защищаемого трансформатора составит:

Кпер	20%	30%	40%	50%	60%	>300%
tср.	70 сек.	50 сек.	38 сек.	30 сек.	28 сек.	8-10 сек.

Защита от перегрузки действует на сигнализацию:

- на шинку предупредительной сигнализации;
- на блинкер защиты от перегрузки трансформатора на дверце релейного отсека.

### 8.2.4 Защита от однофазных замыканий на землю с действием на сигнал

Защита от однофазных замыканий на землю выполняется с применением токового реле РТ-40/0,2, подключаемого к кабельному трансформатору тока нулевой последовательности типа ТЗРЛ-70У2 с коэффициентом трансформации  $n_{\text{ТТ}} = 30/1$ .

Уставка срабатывания защиты отстраивается от собственного емкостного тока линии при внешнем замыкании на землю.

Собственный емкостный ток проектируемых линий определяется по выражению:

$$I_{\text{С.КЛ}} = I_{\text{С.УД.КЛ}} \cdot L = 1,0 \frac{\text{А}}{\text{км}} \cdot 0,097 \text{ км} = 0,097 \text{ А},$$

где  $I_{\text{С.УД.КЛ}} = 1,0 \frac{\text{А}}{\text{км}}$  – удельный емкостный ток кабельной линии АВБШв 3х120 (по справочным данным);

$L = 0,097 \text{ км}$  – длина защищаемой линии (принимается наибольшая из двух линий).

Уставка срабатывания реле защиты от замыканий на землю с учетом отстройки от броска емкостного тока в момент замыкания на землю определяется по формуле:

$$I_{\text{ср.033}} \geq K_{\text{н}} \cdot K_{\text{бр}} \cdot I_{\text{С.КЛ}} = 1,2 \cdot 5,0 \cdot 0,097 = 0,6 \text{ А},$$

где  $K_{\text{н}} = 1,2$  – коэффициент надежности;

$K_{\text{бр}} = 5,0$  – коэффициент броска емкостного тока в момент замыкания на землю.

**Тоже во вторичных величинах значениях тока:**

$$I_{\text{ср.033.вт.}} = \frac{I_{\text{ср.033}}}{n_{\text{ТТ}}} = \frac{0,6 \text{ А}}{30/1} = 0,02 \text{ А},$$

где  $n_{\text{ТТ}} = 30/1$  – коэффициент трансформации ТТ.

**Принимается минимальная уставка срабатывания реле РТ-40/0,2:**

$$I_{\text{ср.033.вт.}} = 0,05 \text{ А}.$$

**Принятый первичный ток срабатывания защиты от однофазных замыканий на землю:**

$$I_{\text{ср.033}} = 1,5 \text{ А (с учетом диапазона уставок реле РТ-40/0,2)}.$$



Проверка чувствительности защиты выполняется по значению суммарного тока сети при однофазном замыкании на землю. По данным энергослужбы предприятия результаты замеров емкостных токов в электрически связанной с шинами ПС-12 сети 6 кВ комбината составили:

- в режиме без компенсации емкостного тока (ДГР отключены):  $I_{с.сум} = 80\text{А}$ ;
- в режиме с компенсацией емкостного тока (ДГР включены):  $I_{с.сум} = 4,1\text{А}$ .

ДГР находится в фиксированном положении, автоматика регулирования выведена из работы.

**Коэффициент чувствительности реле при однофазном замыкании на землю и отключенных ДГР:**

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{033.\text{сум}}}{I_{\text{ср.033}}} = \frac{80\text{А}}{1.5\text{А}} = 53 > 2,0.$$

**Коэффициент чувствительности реле при однофазном замыкании на землю и включенных ДГР:**

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{033.\text{сум}}}{I_{\text{ср.033}}} = \frac{4.1\text{А}}{1.5\text{А}} = 2.73 > 2,0.$$

Чувствительность защиты от замыкания на землю обеспечивается.

## 8.2.5 Защита от дуговых замыканий

В составе ячеек РУ-6 кВ ПС-12 проектируемых присоединений предусматриваются блоки дуговой защиты типа БДЗ-01 с тремя волоконно-оптическими датчиками: в отсеке сборных шин, в отсеке выключателя и в кабельном отсеке.

Предусматривается отключение выключателей 6 кВ проектируемых ячеек при появлении дуги в кабельном отсеке.

Предусматривается вывод сигналов срабатывания датчиков дуги в отсеке сборных шин и в отсеке выключателя на общесекционные шинки дуговой защиты ED1.1, ED1.2, ED2.1, ED2.2, действующие на отключение выключателей ввода и секционного выключателя 6 кВ.

### 8.2.6 Управление коммутационными аппаратами 6 кВ

Для управления коммутационным модулем выключателя ВВ/TEL предусмотрена комплектация релейных отсеков ячеек блоками управления TER\_CM16\_2. Они обеспечивают включение и отключение коммутационного модуля от источника постоянного оперативного тока, блокировку от повторного включения, контроль готовности и неисправности привода для схемы релейной защиты и сигнализации.

Для управления выключателем на дверцах релейных отсеков ячеек предусмотрены соответствующие кнопочные выключатели «Вкл.», «Откл.».

### 8.2.7 Сигнализация

Проектом предусматривается световая сигнализация на дверцах релейных отсеков проектируемых ячеек ЗРУ-6 кВ с применением светодиодной арматуры (сигналы «Включен», «Отключен», «Указатель не поднят, автомат отключен») и визуальная сигнализация с применением указательных реле.

Питание светодиодной арматуры и катушек указательных реле осуществляется от отдельных общесекционных шин  $\pm$ ШС.

Кроме того, предусмотрен вывод обобщенного сигнала «неисправность» на общесекционную шинку ШЗП и сигнала «аварийное отключение» на общесекционную шинку ШЗА.

Сигнал «неисправность» формируется при появлении следующих сигналов:

- неисправность цепей управления;
- отключение автомата питания цепей оперативного тока;
- неисправность блока управления выключателем;
- неисправность устройства дуговой защиты;
- срабатывание защиты от перегрузки силового трансформатора;
- срабатывание защиты от однофазных замыканий на землю.

Сигнал «аварийное отключение» формируется при отключении выключателя 6 кВ от защит.

### 8.2.8 Измерения

На дверцах релейных отсеков ячеек РУ-6 кВ ПС-12 проектируемых присоединений для измерения тока нагрузки предусмотрен амперметр типа Э365. Шкала амперметра «0 – 200 А».

Кроме того, предусмотрены трехфазные счетчики технического учета активной и реактивной электроэнергии типа СЕ302 S33 503J.

Указанные измерительные приборы подключаются к измерительным обмоткам трансформаторов тока ячеек с классом точности 0.5 по схеме «неполная звезда». Устанавливаемые трансформаторы тока обеспечивают требуемый коэффициент безопасности приборов.

Для измерения напряжения счетчик СЕ302 S33 503J подключается к общесекционным шинкам трансформатора напряжения 6 кВ: А630, В630, С630, N630 (обмотка «звезда», класс точности 0.5).

### 8.2.9 Организация питания цепей управления и РЗА

Питание цепей релейной защиты и автоматики проектируемых присоединений осуществляется от выпрямленного оперативного тока, подключенного к общесекционным шинкам ±ШУ.

Шинки ±ШУ получают питание от выпрямительных блоков типа БПТ-1002, подключенных к трансформаторам тока вводных ячеек 6 кВ ПС-12, и типа БПН-1002, подключенных к шинам переменного тока 380В трансформаторов собственных нужд.

Шинки питания цепей сигнализации ±ШС и оперативной блокировки ±ШБ питаются от индивидуальных блоков БПН-1002, подключенных к шинам переменного тока 380В трансформаторов собственных нужд через схему АВР.

### 8.3 Диспетчеризация системы электроснабжения

Диспетчеризация системы электроснабжения проектируемых присоединений 6 кВ проектом не предусматривается.

**9 Перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности к устройствам, технологиям и материалам, используемым в системе электроснабжения, позволяющих исключить нерациональный расход электрической энергии, и по учету расхода электрической энергии, если такие требования предусмотрены в задании на проектирование**

Проектом предусматриваются следующие мероприятия и технологические решения по экономии электроэнергии:

- применение современного оборудования с малыми потерями электроэнергии, с низким энергопотреблением;
- применение систем учета электроэнергии.

**9.1 Описание мест расположения приборов учета используемой электрической энергии и устройств сбора и передачи данных от таких приборов, а также технических решений включения приборов учета электрической энергии в интеллектуальную систему учета электрической энергии (мощности)**

Проектом предусматривается технический учет электрической энергии в ячейках проектируемых присоединений РУ-6 кВ ПС-12 (яч. 12 и яч. 28). В релейных отсеках указанных ячеек предусмотрены трехфазные счетчики технического учета активной и реактивной электроэнергии типа СЕ302 S33 503J.

Установка устройств сбора и передачи данных от приборов учета электрической энергии, а также технические решения включения приборов учета электрической энергии в интеллектуальную систему учета электрической энергии (мощности) настоящим проектом не предусмотрены.

## **10 Сведения о мощности сетевых и трансформаторных объектов**

В составе двухтрансформаторной подстанции КТП-6/0,4-2х1600 (КТП-25) предусмотрена установка 2-х сухих трансформаторов типа ТСЗ-1600/6/0,4 УХЛЗ мощностью 1600 кВА, напряжением 6/0,4 кВ.

Сетевые и трансформаторные объекты обеспечивают питание потребителей в рабочем и аварийном режиме без перегрузки.

## **11 Решения по организации масляного и ремонтного хозяйства**

Решения по организации масляного и ремонтного хозяйства электротехнического оборудования по данному титулу не разрабатываются.

В проекте маслonaполненное электротехническое оборудование не предусмотрено. На территории АО «МЦБК» имеются необходимые ремонтные мастерские.

## **12 Перечень мероприятий по заземлению (занулению), молниезащите и защите от перенапряжений**

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции все нетоковедущие металлические части электрооборудования подлежат защитному заземлению или занулению.

В помещении РУ-6 кВ ПС-12 бронированная оболочка кабелей 6 кВ должна быть соединена с существующим заземляющим устройством подстанции.

В помещении проектируемой КТП-25 кожухи трансформаторов, кабельные конструкции и металлические оболочки кабелей 6 кВ соединяются с заземляющим устройством, проектируемым в составе решений в томе 01.21-0279-13-ИОС1.2.

Соппротивление заземлителей должно составлять не более:

- КТП-6/0,4-2х1600 – 4 Ом.

Молниезащита проектируемых зданий и сооружений выполняется в соответствии с действующими нормами и стандартами РФ в составе решений в томе 01.21-0279-13-ИОС1.2.

### **13 Сведения о типе, классе проводов и осветительной арматуры, которые подлежат применению при строительстве объекта капитального строительства**

Сеть электроснабжения напряжением до 1 кВ принята с глухо заземленной нейтралью, сеть 6 кВ - с изолированной нейтралью. В настоящем томе рассматривается сеть 6 кВ.

Прокладка электрических сетей предусмотрена:

- на наружной территории АО «МЦБК» – скрыто в каб.канале и по существующей эстакаде по новым кабельным конструкциям;
- в проектируемом здании – по кабельным конструкциям (каналам, лоткам).

Силовые кабели 6 кВ предусматриваются с алюминиевыми жилами. Проектом предусмотрена следующая марка кабелей: АВБбШв 3х120-6.

Кабели выбраны по допустимой токовой нагрузке с последующей проверкой на потерю напряжения и по стойкости токам КЗ.

### **14 Описание системы рабочего и аварийного освещения.**

В настоящем томе системы рабочего и аварийного освещения не рассматриваются. Указанные решения приведены в томе 01.21-0279-13-ИОС1.2.

### **15 Описание дополнительных и резервных источников электроэнергии, в том числе наличие устройств автоматического включения резерва (с указанием одностороннего или двустороннего его действия)**

Дополнительные и резервные источники электроэнергии проектом не предусматриваются.

Схемы РУ-6 кВ ПС-12 и РУ-0,4 кВ проектируемой КТП-25 выполнены с двумя рабочими вводами и секционным выключателем (неявное резервирование) и оснащены устройствами АВР одностороннего действия.

### **16 Перечень мероприятий по резервированию электроэнергии**

Резервирование электроэнергии на стороне напряжения 6 кВ, предусмотрено с помощью секционного выключателя 6 кВ ПС-12, оборудованного устройством АВР.

Резервирование электроэнергии на напряжении 0,4 кВ осуществляется с применением двухтрансформаторной подстанции со схемой неявного резервирования – с двумя секциями шин РУНН с АВР. Мощность силовых трансформаторов подстанции рассчитана на длительное обеспечение полной нагрузки потребителей проектируемого оборудования в режиме потери питания одного из вводов.

#### **16.1 Перечень энергопринимающих устройств аварийной и (или) технологической брони и его обоснование**

Энергопринимающие устройства аварийной и (или) технологической брони проектом не предусматриваются.

## 17 Чертежи и приложения

### Перечень чертежей

Обозначение	Наименование	Примечание
01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ лист 1	Схема подключения к сети 6 кВ	
01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ лист 2	ПС-12. РУ-6 кВ. План на отм.+0.000	
01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ лист 3	План сети 6 кВ.	
01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ лист 4	Карта уставок устройств РЗА	

### Перечень приложений

Обозначение	Наименование	Примечание
Приложение А	Технические условия на подключение к инженерным коммуникациям (сети электроснабжения) по проекту «Участок производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и кородревесных отходов АО "МЦБК"», работ по договору №01.21 от 21.04.2021 г.	
Приложение Б	Технического задания на разработку проектной и рабочей документации по объекту: «Участок производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и кородревесных отходов АО "МЦБК"» от 21.04.2021.	



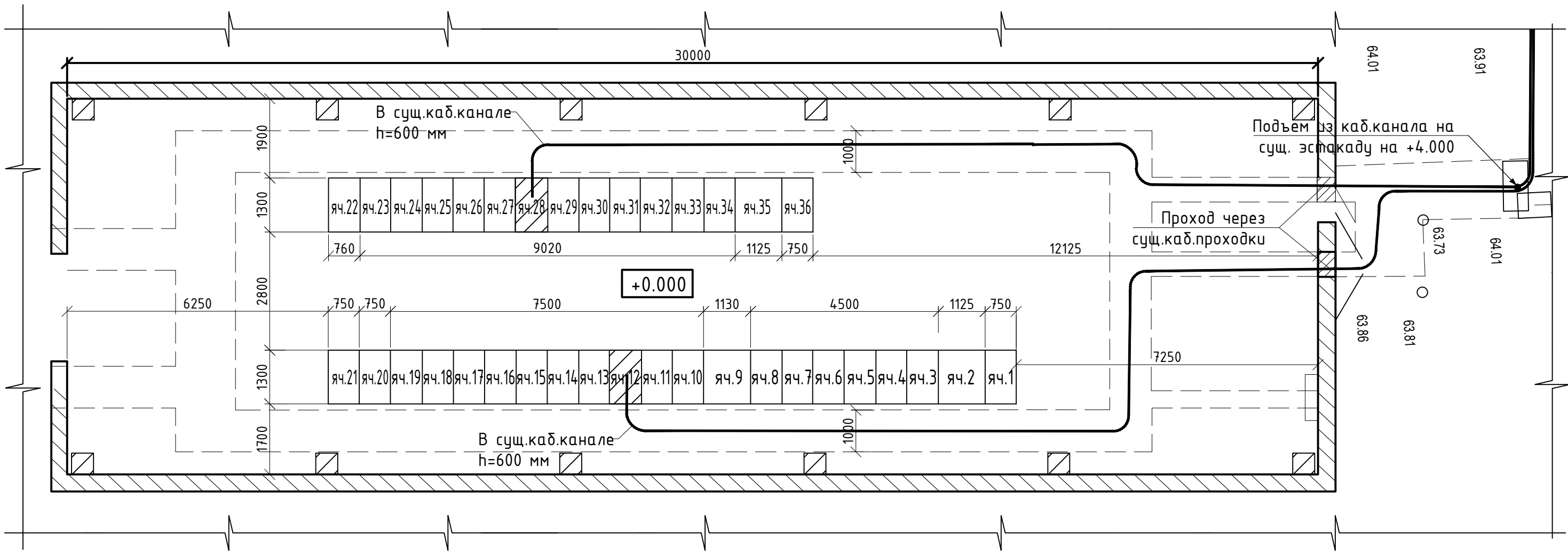
**Лист регистрации изменений**

Таблица регистрации изменений								
Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в док.	Номер док.	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулирован- ных				



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

План на отм.+0.000








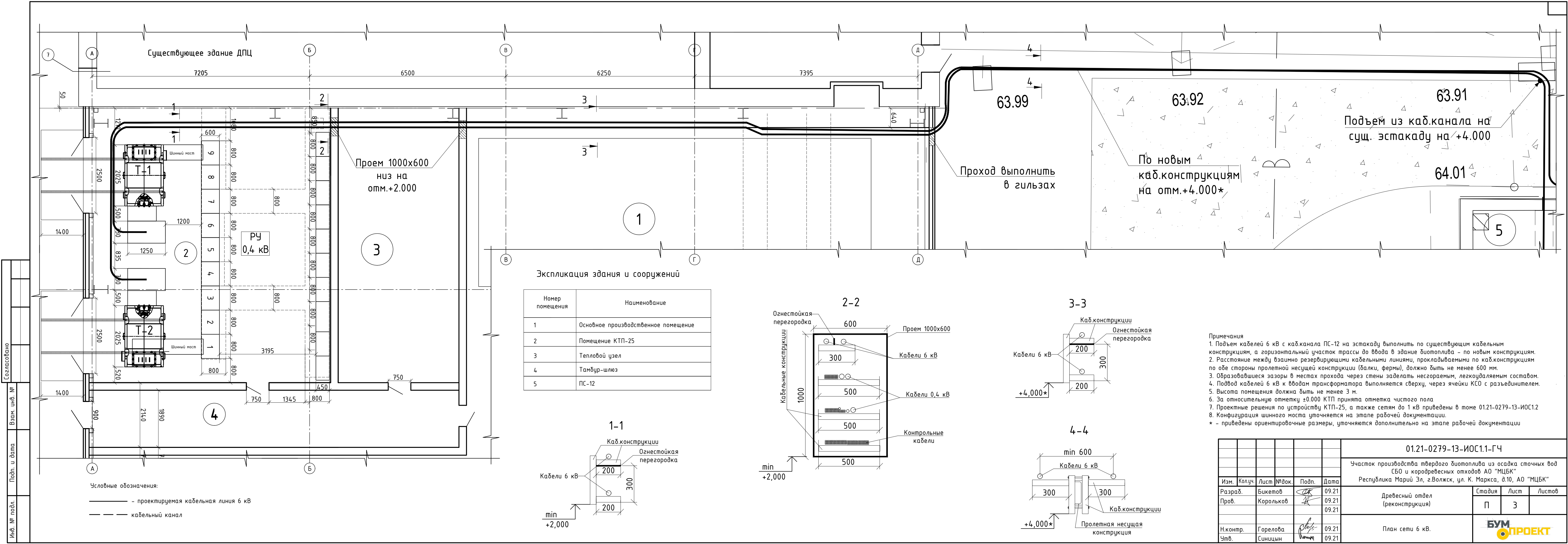
Примечания:

- Кабели прокладываются по существующим конструкциям в каб.канале ПС-12.
- Проход кабелей через стену ПС-12 осуществляется через сущ.трубные проходки. После прокладки зазоры заделывать несгораемым, легкоудаляемым составом.
- На участке выхода из трубной проходки, на котором не удается обеспечить минимальное расстояние между взаиморезервируемыми кабелями в 600 мм, кабели проложить в защитных трубах, имеющих предел огнестойкости не менее 0,25ч. Далее кабели проложить по конструкциям, в соответствии с листом 4, разрез 2-2.
- Оборудование, устанавливаемое в ячейках, подключить к существующему контуру заземления.

Условные обозначения:

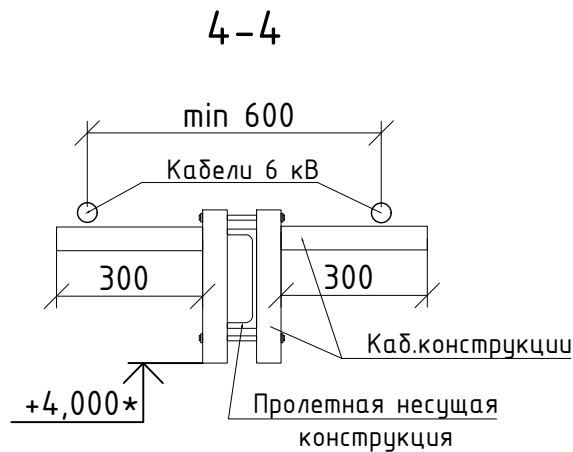
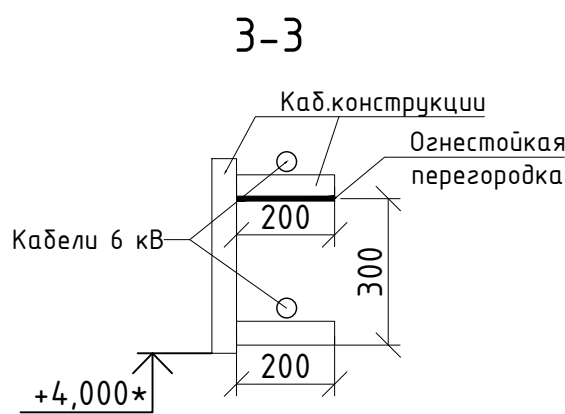
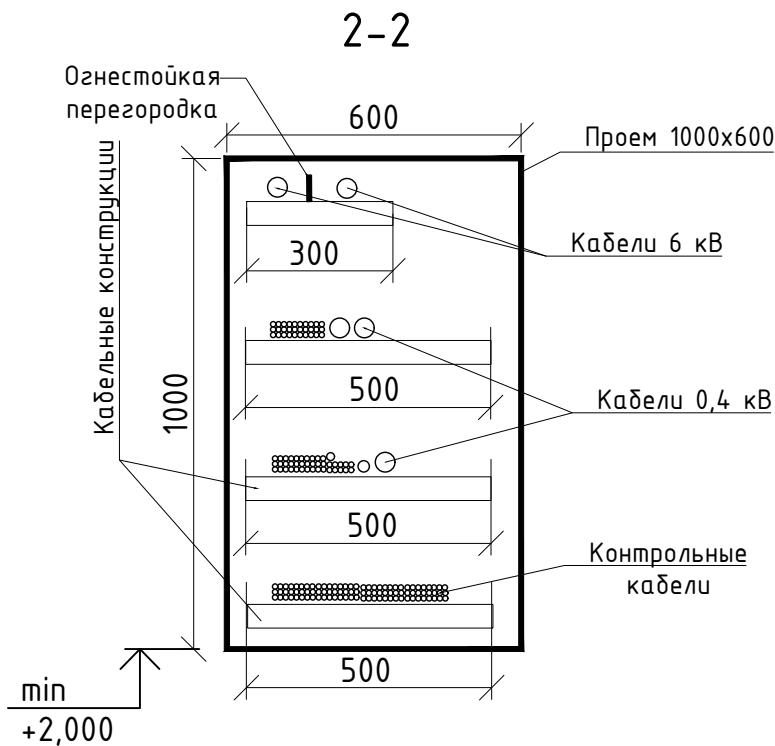
- — — проектируемая кабельная линия 6 кВ
- — ячейки РУ 6 кВ
- ▨ — точки подключения КТП-25
- - - сущ.кабельный канал

						01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ			
						Участок производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и кородревесных отходов АО "МЦБК" Республика Марий Эл, г.Волжск, ул. К. Маркса, д.10, АО "МЦБК"			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Древесный отдел (реконструкция)	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Бикетов			09.21		П	2	
Пров.		Корольков			09.21				
Н.контр.		Горелова			09.21	ПС-12. РУ-6 кВ. План на отм.+0.000			
Утв.		Синицын			09.21				








Экспликация здания и сооружений

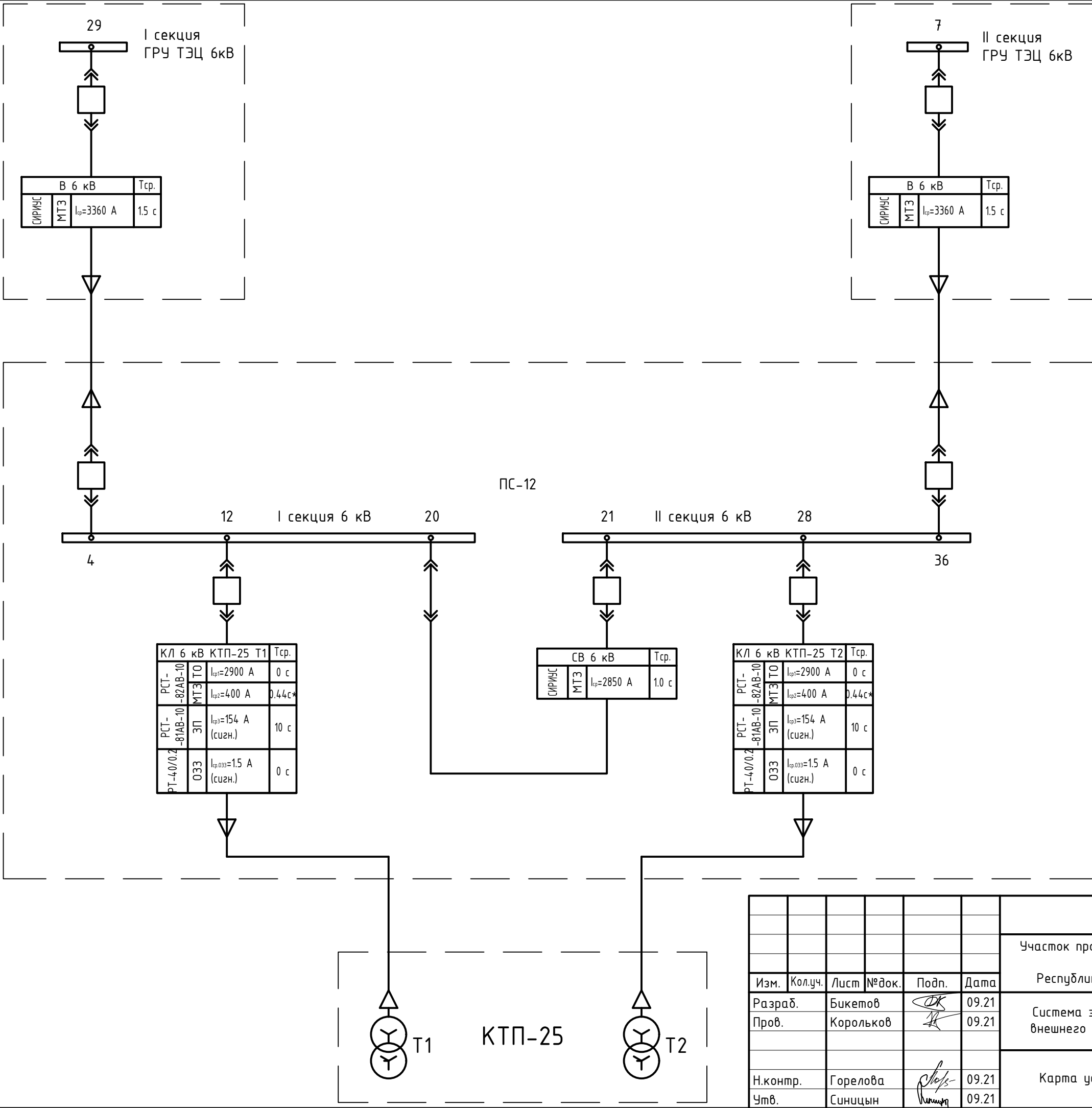
Номер помещения	Наименование
1	Основное производственное помещение
2	Помещение КТП-25
3	Тепловой узел
4	Тамбур-шлюз
5	ПС-12



- Примечания
- Подъем кабелей 6 кВ с каб.канала ПС-12 на эстакаду выполнить по существующим кабельным конструкциям, а горизонтальный участок трассы до ввода в здание биотоплива – по новым конструкциям.
  - Расстояние между взаимно резервирующими кабельными линиями, прокладываемыми по каб.конструкциям по обе стороны пролетной несущей конструкции (балки, фермы), должно быть не менее 600 мм.
  - Образовавшиеся зазоры в местах прохода через стены заделать негорюемым, легкоудаляемым составом.
  - Подвод кабелей 6 кВ к вводам трансформатора выполняется сверху, через ячейки КСО с разъединителем.
  - Высота помещения должна быть не менее 3 м.
  - За относительную отметку ±0.000 КТП принята отметка чистого пола
  - Проектные решения по устройству КТП-25, а также сетям до 1 кВ приведены в томе 01.21-0279-13-ИОС1.2
  - Конфигурация шинного моста уточняется на этапе рабочей документации.
- \* – приведены ориентировочные размеры, уточняются дополнительно на этапе рабочей документации

						01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ			
						Участок производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и корабельных отходов АО "МЦБК" Республика Марий Эл, г.Волжск, ул. К. Маркса, д.10, АО "МЦБК"			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Древесный отдел (реконструкция)	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Бикетов			09.21		П	3	
Пров.		Корольков			09.21				
						План сети 6 кВ.			
Н.контр.		Горелова			09.21				
Утв.		Синицын			09.21				

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



01.21-0279-13-ИОС1.1-ГЧ					
Участок производства твердого биотоплива из осадка сточных вод СБО и кородревесных отходов АО "МЦБК" Республика Марий Эл, г.Волжск, ул. К. Маркса, д.10, АО "МЦБК"					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Бикетов	09.21	09.21	09.21	09.21
Пров.	Корольков	09.21	09.21	09.21	09.21
Н.контр.	Горелова	09.21	09.21	09.21	09.21
Утв.	Синицын	09.21	09.21	09.21	09.21
Карта уставок устройств РЗА					<div> <div>БУМ</div> <div>ПРОЕКТ</div> </div>