

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Ю.С. Сергеев  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ  
КТП 6-10 КВ

ПОЯНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ– 13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности  
доцент

\_\_\_\_\_ С.Н. Трофимова  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

Руководитель работы

к.т.н.

\_\_\_\_\_ Ю.С. Сергеев  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

Экономическая часть

к.т.н.

\_\_\_\_\_ Ю.С. Сергеев  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

Автор работы

студент группы ФТТ-533

\_\_\_\_\_ Д.И. Голодnev  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

Нормоконтролер

ст. преподаватель

\_\_\_\_\_ О.В. Терентьев  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

Златоуст 2021

## АННОТАЦИЯ

Голоднев Д.И. Реконструкция трансформаторной подстанции КТП 6-10 кВ. - Златоуст: Филиал ЮУрГУ в г. Златоусте, кафедра ЭАПП, 60 с. 11 илл. Библ. список 16 наим., 8 л. черт. ф.А1.

В работе рассмотрены существующие решения реконструкции киосковых трансформаторных подстанций, дается предложение по изменению схемы РУ-6кВ на РУ-10кВ с применением современной коммутационной аппаратуры. Разработаны структурная и функциональная схемы КТП-177 с выбранными ячейками КРУ-10кВ.

Выбранное электрооборудование позволит сократить время поиска и устранения неисправностей, возникших на подстанции, позволит планировать техническое обслуживание в соответствии с потребностью, а не проводить его регулярно.

Произведен технико-экономический расчет и расчет годовых приведённых затрат. Срок окупаемости системы будет равен 2,1 года.

По вопросу охраны труда рассмотрена одна из важнейших задач обеспечение требуемого уровня электробезопасности при эксплуатации трансформаторной подстанции, вопросы экологической и пожарной безопасности.

Использование материалов работы планируется в реконструкции КТП-177 г. Златоуста находящейся на территории района машзавода.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб.		Голоднев Д.И			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Сергеев Ю.С.				4	60
Т. Контр.		Трофимова С.Н.			Реконструкция трансформаторной подстанции КТП 6-10 кВ Пояснительная записка Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте Кафедра ЭАПП		
Н. Контр.		Геретьев О.В.					
Утвержд.		Сергеев Ю.С.					

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ.....	8
1.1 Комплектная трансформаторная подстанция КТП-177.....	8
1.2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных ячеек КСО.....	9
2 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ КТП-177.....	14
2.1 Оборудование для РУ-10кВ.....	14
2.2 Оборудование для РУ-0,4кВ.....	18
3 РАСЧЕТ РАБОЧИХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КТП-177.....	21
3.1 Расчет токов короткого замыкания.....	21
3.2. Расчет рабочих токов.....	22
4 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КТП-177.....	24
4.1 Выбор трансформаторов тока.....	24
4.2 Выбор трансформаторов напряжения.....	27
4.3 Выбор разъединителей.....	28
4.4 Выбор выключателя.....	30
4.4 Выбор шин 10кВ.....	31
5 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ КТП-177.....	36
5.1 Структурная схема КТП-177.....	36
5.2 Устройства телемеханики, установленные в КТП-177.....	37
6 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АСУ КТП-177.....	40
6.1 Функциональная схема АСУ КТП-177.....	40
6.2 Мониторинг и управление ячейками КРУ-10кВ.....	41
6.3 Тепловой контроль и сигнализация.....	43
7 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	46
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	49
8.1 Краткое описание производственного участка.....	49
8.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	49
8.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды.....	50
8.4 Охрана труда.....	51
8.5 Эргономика и производственная эстетика.....	53
8.6 Противопожарная и взрывобезопасность.....	54
8.7 Экологическая безопасность.....	55
8.8 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	60

## ВВЕДЕНИЕ

Современное электроснабжение жилого сектора характеризуется значительным ростом электрической нагрузки и высокими требованиями к надежности передачи электроэнергии. Большинство электрических сетей давно уже выработали свой ресурс и работают на пределе своих возможностей.

Существующая трансформаторная подстанция находящаяся в жилом районе машзавода уже отработала свой ресурс;

- имеет высокую степень износа электрооборудования;
- конструкция ТП уже устарела и не соответствует современным нормам;
- не безопасна в эксплуатации;
- не обеспечивает возможность дальнейшего роста сети;
- имеет высокие потери;
- качество электроэнергии недопустимо низкое;
- отсутствуют реально действующие защиты;

Трансформаторная подстанция КТП находятся в аварийном или предаварийном состоянии. Оборудование эксплуатируется в недопустимых режимах и требует скорейшей реконструкции, увеличение мощностей, замены силового и распределительного оборудования.

КТП предназначена для понижения высокого 6кВ напряжения частотой 50Гц и распределения электроэнергии по сети 0,4кВ. Реконструкция ТП позволит нарастить дополнительные мощности за счет применения последних технологий в техническом перевооружении распределительного и коммутационного оборудования. Замена электрооборудования 6кВ на 10 кВ позволит повысить отказоустойчивость электроснабжения потребителей.

Трансформаторная подстанция, на которой будет производится реконструкция оборудования сможет обеспечить:

- бесперебойное электропитание потребителей;
- увеличение пропускной способности;
- наличие возможности новых технологических подключений;
- повышение надежности за счет реконструкции релейной защиты и автоматики;
- учет потребления электроэнергии;
- диспетчеризацию;
- снижение потерь электроэнергии за счет применения энергоэффективного электрооборудования;
- снижение эксплуатационных расходов за счет уменьшения аварийных ситуаций.

Реконструированная подстанция должна удовлетворять следующим требованиям: экономичности и надёжности, безотказности и удобства эксплуатации, обеспечение надлежащих уровней напряжения и д.р.

Целью выпускной квалификационной работы является сокращение времени поиска повреждений оборудования КТП-177.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

В рамках поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- расчет режимов, выбор вида и типа защит элементов системы электро-снабжения КТП-177;
- выбор оборудования для КТП-177;
- разработка структурной схемы электроснабжения КТП-177;
- разработка функциональной схемы КТП-177;
- оценка технико-экономических показателей проекта;
- охрана труда при эксплуатации КТП-177.

Объект – трансформаторная подстанция КТП-177.

Предмет – электрооборудование трансформаторной подстанции КТП-177.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

## 1.1 Комплектная трансформаторная подстанция КТП-177

Энергетическая система состоит из различных структурных элементов, каждый из которых выполняют свою функцию в процессе передачи электроэнергии от электростанций до конечного потребителя. Подстанции 6 на 0,4 кВ осуществляют последний этап преобразования электроэнергии: от данных подстанций электроэнергия поступает напрямую к потребителю - в населенные пункты. Рассмотрим, как устроена трансформаторная подстанция 6 на 0,4 кВ.

Комплектная трансформаторная подстанция - это электроустановка, предназначенная для приема, преобразования электрической энергии трехфазного переменного тока напряжением 6 кВ и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока напряжением 0,4 кВ промышленной частоты 50 Гц.

Подстанция КТП не имеет коридоров обслуживания, обслуживание оборудования подстанции осуществляется с улицы рисунок 1.

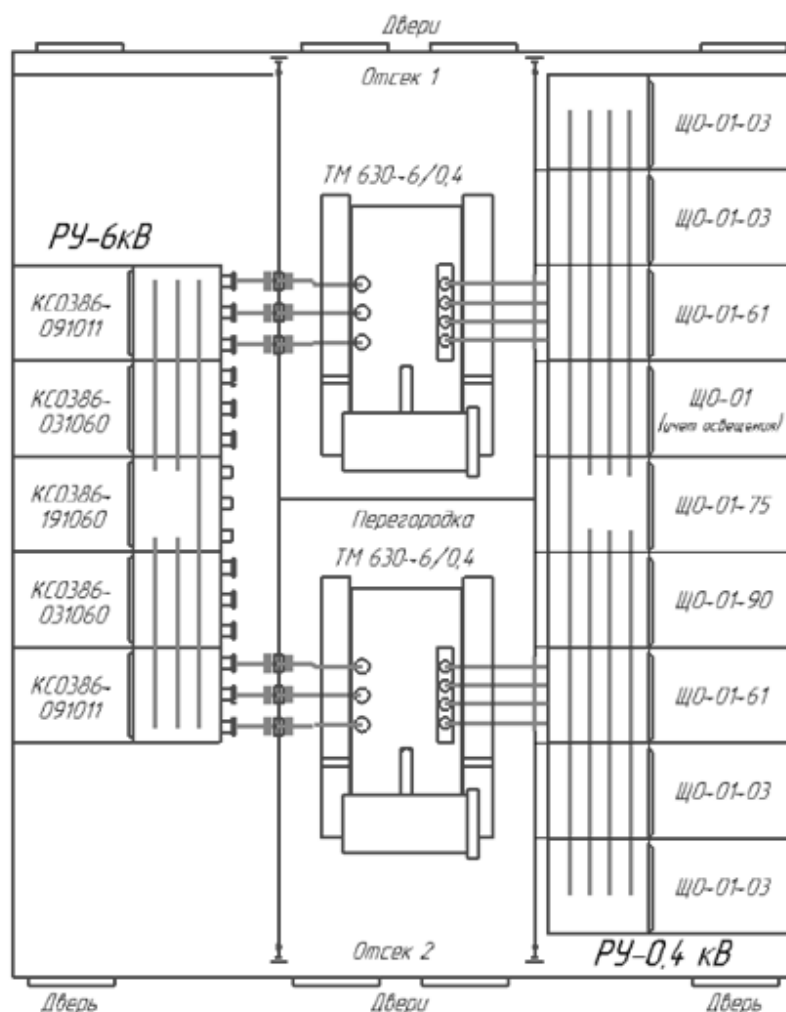


Рисунок 1 – Схема расположения оборудования КТП-177

КТП делится на помещения: высшего напряжения ВН, низшего напряжения НН, отделение для силового трансформатора. Оборудование релейной защиты, тепловые щитки и освещение устанавливается в помещениях РУ-6кВ и РУ-04кВ на опорных конструкциях без камер и шкафов.

КТП состоит:

- на стороне высшего напряжения из ввода линий 6кВ, двух секций шин по 6кВ со своими вводными выключателями нагрузки 6кВ соединённые между собой секционным выключателем, двух силовых трансформаторов ТМ-630-6/0,4У1, цепей управления, распределительных и вспомогательных устройств;

- на стороне низшего напряжения из двух секций 0,4кВ со своими вводными автоматическими выключателями ВА 55-43 соединённые между собой секционным автоматическим выключателем ВА 55-43 и отходящих линий 0,4кВ на которых установлены рубильники с предохранителями типа РПС, так же в состав входят трансформаторы тока, приборы контроля напряжения и тока, блок управления уличным освещением, ограничители перенапряжений низковольтные.

Корпус и металлические части оборудования КТП заземлены.

Основным требованием при реконструкции КТП является обеспечение надёжной работы оборудования и бесперебойного электроснабжения потребителей.

Система шин на подстанции КТП-177 секционирована, получает питание от двух независимых источников, это повышает надёжность работы всей системы в целом, поэтому при реконструкции подстанции используем секционирование систем шин с автоматическим включением резерва при коротком замыкании или сбое системы.

Подстанция КТП-177 имеет худшие технико-экономические показатели по сравнению с напряжением 10 кВ, поэтому целесообразнее перевести напряжение распределительного узла с напряжения 6 на 10 кВ.

Находящееся оборудование на КТП физически и морально устарело поэтому будем производить замену на более современное и надёжное электрооборудование. Первоочередно заменим коммутационное оборудование, вместо отделителей и короткозамыкателей установим быстродействующие выключатели, а масляных выключателей - вакуумные выключатели.

## 1.2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных ячеек КСО

В состав камеры КСО-386-091011 установленной на КТП- 177 входят разъединители, выключатель нагрузки со стационарными заземляющими ножами, защитные и измерительные приборы.

В камере КСО отключение и включение производится выключателем под нагрузкой, при разрыве контактов возникает электрический разряд в виде дуги, гашение которой происходит за счет газов, выделяемых вследствие воздействия этой дуги на стенки камеры. Для токов короткого замыкания данный принцип гашения опасен. В вакуумные выключатели гашение дуги происходит в ВДК (ваку-

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

умная дугогасительная камера) где продукты для поддержания электрических разрядов практически отсутствуют, за счет этого время горения дуги значительно уменьшается.

В камеры КСО основным коммутационным аппаратом служит разъединитель (РВЗ), им запрещается оперировать под нагрузкой, он выполняет только функцию видимого разрыва. Функцию защиты потребителя от токов короткого замыкания в камерах КСО выполняют плавкие вставки.

Использование вакуумного выключателя в камерах КСО повысит надежность электроснабжения, возрастет ресурс коммутационной стойкости. В ячейках с вакуумным выключателем можно реализовать различные виды релейной защиты и автоматики такие как: максимальная токовая защита (МТЗ), токовая отсечка (ТО), защита от перегрузки, защита от замыкания на землю защита от минимального напряжения (ЗМН), автоматическое повторное включение (АПВ), устройство резервирование отказа выключателя (УРОВ) и многое другое, а за счет реализации различных блокировок повышается безопасность обслуживания.

Компактное распределительное устройство с элегазовой изоляцией SafeRing 10 швейцарской фирмы АВВ.

SafeRing – это компактное распределительное устройство для сетей 10, 20кВ. В SafeRing входит полностью герметичный контейнер из нержавеющей стали, в котором находятся рабочие механизмы и коммутационные аппараты. Герметичный стальной контейнер с элегазом, находящимся под небольшим избыточным давлением, обеспечивает высокий уровень надежности, безопасности персонала и минимальные требования к обслуживанию. В SafeRing для защиты трансформатора используется либо комбинация выключатель нагрузки предохранитель, либо силовой выключатель с устройством релейной защиты.

Функции:

- телеуправление и телесигнализация для 4 коммутационных аппаратов;
- мониторинг индикаторов короткого замыкания;
- мониторинг давления элегаза;
- сигнализация положения ликвидатора электрической дуги.

Дополнительное оборудование DPI- плата связи с первичным процессом для:

- измерение первичного тока;
- измерение тока и напряжения низкой стороны силовых трансформаторов.

(Контроль качества электроэнергии)

Внешняя связь осуществляется по стандартному протоколу RS232. Также может быть установлен модем для телекоммуникаций или модем производства АВВ для связи по экранированному кабелю или проводу.

Ячейка SM6 - распределительное устройство 10 кВ от французской энергомашиностроительной компании Schneider Electric.

Ячейки SM6 устанавливаются на стороне высокого напряжения в распределительных подстанциях 6, 10 кВ. SM6 - серия модульных ячеек в металлических корпусах с воздушной изоляцией и элегазовыми коммутационными аппаратами, а

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10



именно: выключателями нагрузки; выключателями Fluarc типа SF1 или SFset; контакторами Rollarc 400 или 400D; разъединителями. Расчетный срок службы ячеек составляет не менее 30 лет. Ячейки SM6 предназначены для внутренней установки (IP2XC). Они компактны и имеют следующие размеры в базовой комплектации: шири на: от 375 до 750 мм; высота: 1600 мм (2050 мм с дополнительным релейным отсеком); максимальная глубина: 1200 мм, что обеспечивает возможность их размещения в небольших помещениях или комплектных подстанциях. Подключение кабелей осуществляется спереди. Все органы управления расположены на передней панели, что упрощает эксплуатацию. Ячейки могут быть укомплектованы рядом дополнительных устройств (реле, трансформаторы тока нулевой последовательности, измерительные трансформаторы и т.д.).

Распредустройство 8DJH от немецкого конгломерата Siemens AG.

Распредустройство 8DJH представляет собой необслуживаемое комплектное распределительное устройство среднего напряжения, прошедшее типовые испытания, с одинарной системой сборных шин.

Распредустройство имеет трехфазное исполнение, металлический корпус и элегазовую изоляцию. Включает в себя одиночные ячейки и функциональные модули. Одиночные ячейки кабельного присоединения, могут состоять из выключателей нагрузки, и ячейки с силовым выключателем.

Основой установки являются герметично сваренные резервуары из антикоррозионной высококачественной стали, в которые устанавливаются первичные устройства (силовые и трехпозиционные выключатели нагрузки-разъединители-заземлители), и заполняются инертным газом. Газонаполненное распределительное устройство 8DJH классифицируется согласно IEC / VDE как "Герметично закрытая система с избыточным давлением". Устройство сохраняет герметичность на протяжении всего срока службы.

Отсутствует необходимость в каких-либо работах с элегазом – ни при монтаже на месте, ни при расширении установки.

Приводы вакуумных силовых выключателей, трехпозиционных выключателей нагрузки-разъединителей-заземлителей установлены вне пределов газовой камеры, то есть доступ к ним обеспечивается в любое время. Приводы в обслуживании не нуждаются.

Трансформаторы тока и напряжения находятся вне газовой камеры.

Кабели присоединяются спереди. Они расположены рядом друг с другом на одном уровне, на удобной для монтажа высоте.

Цифровое КРУ серии «Волга» 10, 20, 35 кВ производственного объединения Российского производства Элтехника. Цифровая подстанция (ЦПС) – это подстанция с высоким уровнем автоматизации, в которой все процессы информационного обмена между элементами подстанции, а также управление работой подстанции осуществляются в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850.

КРУ серии «Волга» имеет:

- корпус из стали с алюмоцинковым покрытием разделенный на функцио-

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

нальные отсеки, каждый из которых оснащен отдельным каналом для сброса избыточного давления, что обеспечивает защиту персонала при внутренних дуговых коротких замыканиях;

- систему встроенных блокировок в соответствии с требованиями ГОСТ и ПУЭ для безопасной эксплуатации КРУ;

- удобный доступ к местам крепления шкафов КРУ, кабельных и шинных присоединений;

- высокую надежность конструкции и входящего в состав КРУ оборудования, что сводит к минимуму затраты на ремонт и техническое обслуживание;

- цепи вторичных коммутаций, проложенные в металлических кабель-каналах, которые обеспечивают их защиту и высокую помехозащищенность;

- широкую линейку применяемых силовых выключателей отечественного и зарубежного производства, что обеспечивает гибкость при принятии более выгодного технико-экономического решения;

- смотровые окна и светодиодное освещение, не требующее замены в течение всего срока эксплуатации, они обеспечивают возможность визуального контроля внутреннего пространства КРУ;

- трансформаторы с гибкими выводами вторичных обмоток, что исключает необходимость протяжки винтовых соединений.

Таблица 1 – Сравнение отечественных и передовых зарубежных ячеек КСО

Технические характеристики	SafeRing 10 ABB	SM6 Schneider Electric	8DJH Siemens AG	КРУ серии «Волга» Элтехника
Вакуумный выключатель	-	+	+	+
Выкатной элемент	+	+	+	+
Индикаторов короткого замыкания	+	+	+	+
Микропроцессорный блок релейной защиты и автоматики	+	+	+	+
Температурный контроль	+	+	+	+
Индикатор высокого напряжения	+	+	+	+
Блокировка оборудования	+	+	+	+
Итого:	6	7	7	7

На технологическом уровне системы используется следующее оборудование:

- вакуумный выключатель (ВВ);

- выкатной элемент (ВЭ);
- заземлитель (ЗРФ);
- микропроцессорный блок релейной защиты и автоматики (РЗА);
- система многоканального бесконтактного температурного контроля («Зной»);
- индикатор высокого напряжения («ИВА-02»).

В качестве операторского уровня системы мониторинга и управления «КРУ Smart View» используется сенсорная панель, которая устанавливается на двери отсека выкатного элемента шкафа КРУ. На основном экране сенсорной панели воспроизводится интерактивная мнемосхема, отображающая текущие измерения и положения главных цепей шкафа КРУ.

#### Выводы по разделу один

1. Выбрано цифровое КРУ серии «Волга» российского производителя ячеек КРУ Элтехника, она находится на высоком уровне и отвечает мировым требованиям, работает в энергетике занимается разработкой оборудования для РУ и ТП.

2. В камерах КРУ серии «Волга» устанавливается вакуумный выключатель (ВВ/TEL, ВБСК, ВБП), это повысит надежность электроснабжения, можно реализовать различные виды релейной защиты и автоматики, использование различных блокировок повысит безопасность обслуживания.

3. Российский производитель Элтехника имеет собственное производство, консультирует до и после установки оборудования на подстанцию, затраты на покупку и установление оборудования значительно меньше чем у других производителей.

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР					

## 2 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ КТП-177

### 2.1 Оборудование для РУ-10кВ

КТП – 177 понизительная трансформаторная подстанция 6кВ расположена в городе Златоусте район Машзавода, потребителями подстанции является жилой сектор.

КТП – 177 состоит из двух РУ 6 кВ укомплектованных шкафами КСО386 производства Челябинского завода электрооборудования, секции 6кВ получают питание по кабельным линиям от двух независимых источников питания, секции 6кВ соединены между собой секционной перемычкой. В 1980 году трансформаторная подстанция была введена в эксплуатацию, и оборудование на ней не менялось. Защита электрооборудования КТП – 177 выполнена на устаревшей базе релейной автоматики.

Цель реконструкции КТП – 177 – предотвращение аварийных ситуаций посредством мониторинга в режиме реального времени динамического изменения основных технологических и вторичных параметров энергетического оборудования подстанции.

Для этого оборудование КТП-177 необходимо заменить на более современное и более надёжным классом напряжения 10кВ в связи с физическим и моральным износом.

Для питания потребителей трансформаторной подстанции КТП-177 применяется схема с системами сборных шин секционированных выключателем. При реконструкции КТП-177 на стороне 6кВ заменяются ячейки КСО386 на более современные и инновационные цифровые КРУ серии «Волга» рисунок 2.



Рисунок 2 – РУ-10кВ на базе цифровых шкафов КРУ серии «Волга»

На технологическом уровне ячейки КРУ серии «Волга» состоят из следующего оборудования:

- вакуумный выключатель (ВВ);

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

- выкатной элемент (ВЭ);
- заземлитель (ЗРФ);
- микропроцессорный блок релейной защиты и автоматики (РЗА);
- система многоканального бесконтактного температурного контроля («Зной»);
- индикатор высокого напряжения («ИВА-02»).

На рисунке 3 показана архитектура построения цифрового шкафа КРУ серии «Волга» для распределительной сети 10 кВ, которая заключается в применении интеллектуального цифрового первичного оборудования, устанавливаемого внутри шкафа КРУ, и в использовании кластерной технологии.



Рисунок 3 - Архитектура цифрового шкафа КРУ-10кВ серии «Волга»:

- ИНМИ – человеко-машинный интерфейс;
- CALH – аварийные сигналы;
- CILO – взаимные блокировки;
- CSWI – управление КА;
- SARC – мониторинг дуговых замыканий;
- SCBR – мониторинг и диагностика ВВ;
- SSWI – мониторинг и диагностика ЗРФ и ВЭ;
- STMP – мониторинг тепловых параметров;
- XCBR – управление вакуумным выключателем;
- XSWI – управление моторизованным ВЭ, датчик положения ВЭ;
- TCTR – трансформатор тока;
- TVTR – трансформатор напряжения.

Цифровой вычислительный кластер (ЦВК) – это определенный набор функций в виде программно-реализованных интеллектуальных логических устройств, запускаемых на единой аппаратной платформе, на базе контроллерного оборудования, либо на базе промышленных серверных платформ реального времени с необходимой надежностью и степенью резервирования. В ЦВК объединены все шкафы КРУ, установленные в РУ 6кВ, для выполнения функций: РЗА, АСУ ТП, РАС, АСКУЭ и т.д. ЦВК используются в качестве источника данных цифровые коммутационные аппараты, датчики тока и напряжения, установленные внутри одних и тех же шкафов КРУ. Данная архитектура построения позволяет сократить затраты и сроки установки цифровых шкафов КРУ серии «Волга».

На рисунке 4 показана схема информационного взаимодействия интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) цифрового шкафа КРУ серии «Волга».

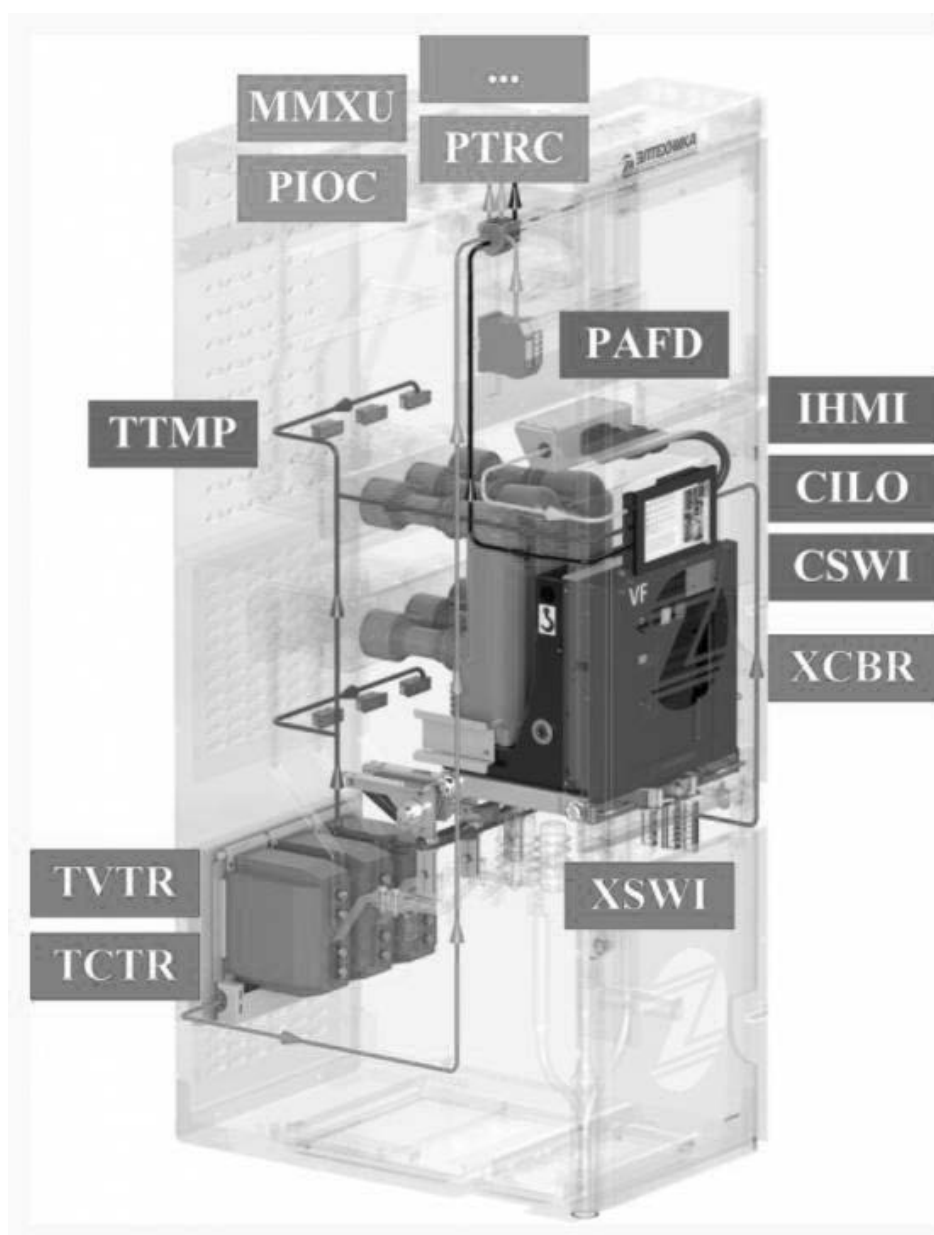


Рисунок 4 - Информационная модель цифрового шкафа КРУ серии «Волга»

Используемое в цифровом шкафу первичное оборудование содержит встроенные ИЭУ, которые функционально и конструктивно ориентированы на поддержку информационного обмена и взаимодействия данными по цифровым локальным вычислительным сетям (ЛВС) с использованием сервисов стандарта МЭК 61850.

Основные ИЭУ цифрового шкафа КРУ серии «Волга»:

- система мониторинга, управления и диагностики оборудования «КРУ Smart View»;
- цифровые бесконтактные датчики температуры «Контроль-Т»;
- интеллектуальный цифровой вакуумный выключатель серии VF;
- система технологического видеонаблюдения.

Система мониторинга, управления и диагностики оборудования шкафа КРУ, устанавливается на дверь отсека выкатного элемента шкафа КРУ, она предназначена для контроля и управления основными электрическими и технологическими параметрами шкафа в режиме реального времени и обеспечивает непрерывную проверку технического состояния оборудования, установленного внутри ячейки. Что позволяет перейти от планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта оборудования на обслуживание «по техническому состоянию».

Цифровой пирометрический датчик температуры «Контроль-Т» предназначен для непрерывного контроля температуры окружающего воздуха в месте установки датчика и бесконтактного контроля температуры, измеряемой на поверхности материала в реальном времени. Осуществляет контроль нагрева: контактных соединений силового высоковольтного выключателя; контактных соединений сборных шин; мест соединения шин и оконцевания кабельных муфт, находящихся под напряжением.

Система технологического видеонаблюдения, осуществляет удаленный визуальный контроль за состоянием и процессом перемещения выкатного элемента, за работой шторочного механизма внутри изолированного отсека выкатного элемента, а также за положением и работой заземляющего ножа внутри изолированного отсека кабельных и шинных присоединений.

В состав подстанции включается шкаф оперативного тока (ШОТ), он обеспечит питанием устройства релейной защиты и даст возможность оперировать выключателями даже в случае полного исчезновения напряжения на вводах.

Корпус ячейки сделан из стали с алюминциновым покрытием разделен на функциональные отсеки, каждый из которых оснащен отдельным каналом для сброса избыточного давления, что обеспечивает защиту персонала при внутренних дуговых коротких замыканиях.

Напряжение на сборные шины поступает по двум линиям от районной распределительной подстанции через ячейки № 2 и №4 ввод. Схема ячейки ввода типовая. Внутренний объем ячейки разделен на три отсека, каждый со своим каналом сброса избыточного давления. В ячейке устанавливаются трансформаторы тока нулевой последовательности, ОПН, силовые шины и отсек релейной защиты.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Вакуумный выключатель, соединенный последовательно с первичной обмоткой трансформатора тока, огражден пальцевыми (втычными) контактами, выполняющими функции разъединителей.

Отходящие фидеры поделены примерно поровну между 1-й и 2-й секциями шин. Все выводы фидеров кабельные. Чтобы можно было определить фидер, на котором произошло однофазное короткое замыкание, кабельные линии снабжены трансформаторами тока нулевой последовательности.

Система сборных шин секционирована выключателем.

## 2.2 Оборудование для РУ-0,4кВ

КТП-177 на стороне РУ-0,4кВ оборудована панелями распределительных щитов ЩО-01, предназначены для комплектования распределительных устройств напряжением 220/380В трехфазного переменного тока частотой 50 Гц в сетях с глухо заземлённой нейтралью, служащих для приема и распределения электрической энергии, защиты отходящих линий от перегрузок и токов короткого замыкания. При реконструкции ТП производится замена панелей серии ЩО-01 на панели серии ЩО-05 (рисунок 5) российского производителя Элтехника, панели серии ЩО-05 являются модернизированным вариантом панелей серии ЩО-01.



Рисунок 5 - Панель распределительного щита серии ЩО-05

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



Панели серии ЩО-05 легко заменяют панели ЩО-01, так как основное отличие панелей серии ЩО-05 от ЩО-01 заключается в применении в панелях ЩО-05 автоматических выключателей с электромагнитным приводом и высокой отключающей способностью. Управление автоматических выключателей панелей ЩО-05 – только кнопочное (дистанционное). Кнопки управления, со световой индикацией срабатывания привода выключателя, установлены на лицевой стороне панели. Панели серии ЩО-05 адаптированы для работы в автоматизированных системах управления распределения электрической энергии и позволяют дистанционно включать-отключать автоматические выключатели, установленные в панелях.

На КТП-177 в ЗРУ-0,4кВ устанавливаются 2 вводные, 8 линейных и секционная панели:

- вводные панели предназначены для передачи электрической энергии от силового трансформатора на сборные шины к которым подключаются линейные и секционные панели;

- линейные панели предназначены для передачи электрической энергии от сборных шин потребителю;

- секционные панели предназначены для коммутации сборных шин.

В панели ЩО-05 0,4 кВ устанавливаются трёхпозиционные выключатели нагрузки и разъединители производства ОАО «ПО Элтехника», это исключит одновременное выполнение операций «включено» и «заземлено», предотвратит заземление отходящей линии, находящейся под напряжением. Подобная конструкция ячеек предотвращает возможную подачу напряжения на заземленные участки цепи без предварительного снятия заземления с линии. Что повысит безопасность обслуживания КТП, исключит вероятность ошибочных действий персонала, снизит вероятность повреждения оборудования.

Панели ЩО-05 представляют собой сварную конструкцию из листовых профилей с установленными в них коммутационно-защитными аппаратами и электроизмерительными приборами.

На вводных панелях установлена коммутационная и защитная аппаратура ввода с тремя трансформаторами тока, тремя амперметрами и одним вольтметром, установлены выключатели-разъединители. Панели предусматривают шинные вводы. Панели комплектуются щитком учета со счетчиками активной и реактивной энергии.

В линейных панелях установлены выключатели-разъединители, предохранители, автоматические выключатели, а также установлена аппаратура ввода, распределения электроэнергии, аппаратура защиты, измерительные приборы.

На панелях вводно-секционных установлена аппаратура вводов и их секционирования, аппаратура распределения электроэнергии, аппаратура защиты, измерительные приборы.

Панель диспетчерского управления уличным освещением укомплектована аппаратурой управления и защиты линий уличного освещения. Устанавливается в крайний ряд распределительного устройства, питание на нее подается от бли-

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

жайшей панели.

Внутри каждой панели устанавливается рама, на которой размещаются электроаппараты и изоляторы ошиновки для крепления шин соединяющих электроаппараты между собой в соответствии с электрической схемой на панель.

Панель с аппаратурой автоматического включения резерва обеспечивает автоматическое переключение питания потребителей с одного ввода на другой за время - не более 1с при следующих нарушениях в сети:

- обрыв одной или более фаз;
- симметричное снижении напряжения от  $0,85U_n$  до  $0,7U_n$ ;
- однофазное короткое замыкание.

Панели и щиты, скомплектованные из панелей, устанавливаются в помещениях и обслуживаются с передней стороны.

#### Выводы по разделу два

1. В РУ-10кВ устанавливаются цифровые КРУ-10кВ серии «Волга, с вакуумными выключателями (ВВ), на выкатном элементе (ВЭ), с заземлителем (ЗРФ), для защиты оборудования устанавливается микропроцессорный блок релейной защиты и автоматики (РЗА), система многоканального бесконтактного температурного контроля («Зной»), индикатор высокого напряжения («ИВА-02»).

2. В РУ-0,4кВ устанавливаются панели распределительного щита серии ЩО-05 укомплектованные автоматическими выключателями с электромагнитным приводом, коммутационной и защитной аппаратурой с тремя трансформаторами тока, тремя амперметрами и одним вольтметром.

3. Все процессы информационного обмена между элементами подстанции, а также управление работой подстанции осуществляются в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850, оборудование КТП содержит встроенные интеллектуальные электронные устройства, которые функционально и конструктивно ориентированы на поддержку информационного обмена и взаимодействия данными по цифровым локальным вычислительным сетям (ЛВС).

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

### 3 РАСЧЕТ РАБОЧИХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КТП-177

#### 3.1 Расчет токов короткого замыкания

Для выбора электрооборудования РУ-10кВ КТП-177 необходимо произвести расчет токов короткого замыкания. Ток короткого замыкания рассчитывается в такой точке цепи напряжением 10кВ, при которой аппараты и проводники этой цепи находятся в наиболее тяжелых условиях.

Для расчета токов короткого замыкания используются данные с КТП-177 полученные за март месяц 2021г, а именно токи короткого замыкания системы.

Сопротивление системы рассчитывается по формуле, Ом:

$$Z_c = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_{кз}}, \quad (3.1)$$

где  $U$  – напряжение на шинах, В;

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

$$Z_{cmax} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2020} = 3 \text{ Ом}$$

$$Z_{cmin} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 927} = 6,55 \text{ Ом}$$

Ввод на КТП осуществляется с районной подстанции Машзавода кабелем марки АСБ-3х120 длиной 320 м, воздушной линией АС-70 длиной 1980 м.

Сопротивление линии определяется по формуле, Ом:

$$Z_L = \sqrt{(R_0 \cdot L)^2 + (X_0 \cdot L)^2}, \quad (3.2)$$

где  $R_0$  – удельное активное сопротивление линии, Ом/км;

$X_0$  – удельное реактивное сопротивление линии, Ом/км;

$L$  – длина линии, км;

$$Z_L = \sqrt{(0,081 \cdot 0,32 + 0,408 \cdot 1,98)^2 + (0,258 \cdot 0,32 + 0,46 \cdot 1,98)^2} = 1,92 \text{ Ом}$$

Ток короткого замыкания линии  $I_{кз}$ , А определяется по формуле:

$$I_{кз} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{кз}}, \quad (3.3)$$

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

где  $Z_{кз}$  – сопротивление от районной подстанции до точки короткого замыкания, Ом.

Схема замещения для расчета токов короткого замыкания на стороне 10кВ приведена на рисунке 6.

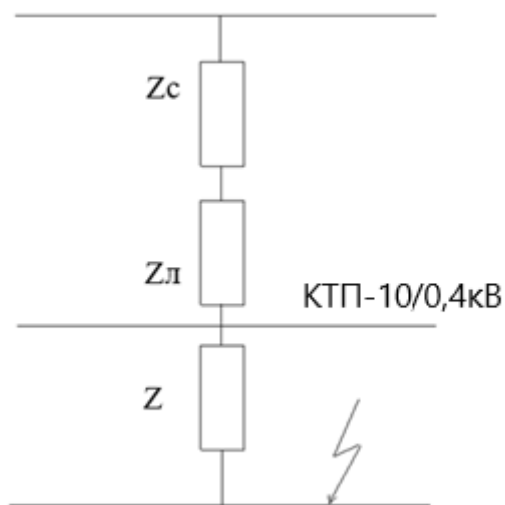


Рисунок 6 – Схема замещения

$$I_{кзmax} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot (3 + 1,92)} = 1231 \text{ A.}$$

$$I_{кзmin} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot (6,55 + 1,92)} = 716 \text{ A.}$$

### 3.2. Расчет рабочих токов

Рабочий ток КТП-177 рассчитывается из нагрузок, которые определяются по показаниям на линиях, питающихся от нашей трансформаторной подстанции. Токи по линиям берутся исходя из максимальных нагрузок так как график нагрузок имеет переменный характер. Для расчета рабочего тока в линиях КТП складываются все нагрузки, отходящих линий.

При расчете рассматриваются два режима работы: нормальный и аварийный. Потребители подстанции жилой сектор, линии автоблокировки и линии продольного электроснабжения.

Расчет максимального рабочего тока это сумму номинальных мощностей трансформаторов, подключенных к подстанции, производится по формуле, А:

$$I_{раб} = \frac{\sum S_n \cdot K_{пер} \cdot K_{рн}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (3.5)$$

где  $K_{пер}$  – коэффициент перспектив развития потребителей;

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$K_{рн}$  – коэффициент неравномерности распределения нагрузки на шинах 10 кВ.

$\sum S_{н}$  – сумма номинальных мощностей трансформаторов и потребителей, подключенных к линиям автоблокировки и продольного электроснабжения.

В нормальном режиме рабочий ток КТП-177 равен:

$$I_{раб} = \frac{(1154 + 1407) \cdot 0,6 \cdot 1,3}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 107,5 \text{ А.}$$

При повреждении на соседних РП, ТП, ВЛ, КЛ дополнительно к КТП-177 может быть подключена дополнительная нагрузка тогда  $I_{рабmax}$  равен:

$$I_{рабmax} = \frac{(1154 + 1407 + 400) \cdot 0,6 \cdot 1,3}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 127,1 \text{ А.}$$

Выводы по разделу три

1. Составлена схема замещения, рассчитаны токи короткого замыкания, для дальнейшего выбора электрооборудования КТП, при максимальной и минимальной нагрузки  $I_{кзmax} = 1231 \text{ А}$ ,  $I_{кзmin} = 716 \text{ А}$ ;

2. Рассчитан рабочий ток КТП-177 в нормальном и аварийном режимах, нагрузка потребителей, которые питаются от данной подстанции  $I_{раб} = 107,5 \text{ А}$ ;  $I_{рабmax} = 127,1 \text{ А}$ .

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

## 5 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КТП-177

### 4.1 Выбор трансформаторов тока

Источниками аналоговых сигналов об электрическом режиме работы подстанции являются первичные преобразователи: трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН).

Произведем выбор измерительных трансформаторов тока на стороне 10кВ.

Условия выбора ТТ:

- номинальное напряжение сети

$$U_{1\text{ном}} \geq U_{\text{раб}}; \quad (4.1)$$

- номинальный ток первичной обмотки трансформатора

$$I_{1\text{ном}} \geq I_{\text{рабmax}}; \quad (4.2)$$

- род установки, конструкции и класс точности, А

$$S_{2\text{ном}} \geq S_2; \quad (4.3)$$

где  $U_{1\text{ном}}$  – первичное номинальное напряжение на обмотки трансформатора, В;

$I_{1\text{ном}}$  – первичный номинальный ток на обмотки трансформатора, А;

$U_{\text{раб}}$  – напряжение в цепи, В;

$I_{\text{рабmax}}$  – рабочий ток в цепи, А

$t_{\text{откл}}$  – время отключения, с

$S_{2\text{ном}}$  - номинальная мощность вторичной обмотки трансформатора, кВА

$S_2$  - мощность, потребляемая приборами измерения и защиты, кВА.

Для определения потребляемой мощности приборами измерения  $S_2$  составляется трехлинейная схема рисунок 7.

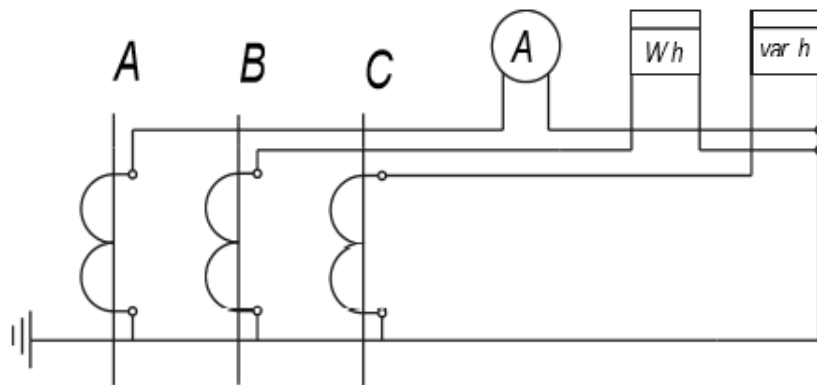


Рисунок 7 – Схема подключения измерительных приборов к ТТ

Таблица 2 – Приборы подключаемые к трансформатору тока и их мощность

Прибор	Марка прибора	Полная мощность приборов $S_{\text{приб}}$ , В·А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	М-344	10	-	-
Счетчик	РИ-675	-	2,5	-
Счетчик	ЦИ- 673	-	-	2,5
Итого:		10	2,5	2,5

$$S_2 = S_{\text{приб}} + I_2^2 \cdot r_{\text{пр}} + I_2^2 \cdot r_{\text{к}}, \quad (4.4)$$

где  $S_{\text{приб}}$  – мощность потребляемая приборами, кВА:

$I_2$  – вторичный ток, 5 А;

$r_{\text{к}}$  – сопротивление контактов переходное, 0,1 Ом;

$r_{\text{пр}}$  – сопротивление соединительных проводов.

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{q_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление материала провода,  $\rho = 0,0283 \cdot 10^{-6}$  Ом·м;

$q_{\text{пр}}$  – сечение проводов и жил кабеля,  $4 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>;

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

$$I_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot I, \quad (4.6)$$

где  $l$  – длина проводов.

$$I_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot 3 = 5,2 \text{ м,}$$

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 5,2}{4 \cdot 10^{-6}} = 0.037 \text{ Ом,}$$

$$S_{\text{приб}} = S_a + S_q + S_p,$$

$$S_{\text{приб}} = 10 + 2,5 + 2,5 = 15 \text{ В·А;}$$

$$S_2 = 15 + 5^2 \cdot 0,037 + 5^2 \cdot 0,1 = 18,425 \text{ В·А.}$$

Для установки на стороне 10 кВ устанавливается опорный трансформатор тока ТЛК-10-3. Опорный трансформатор тока ТЛК-10 предназначен для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты и управления РЗА, для изолирования цепей вторичных соединений от вы-

сокого напряжения в комплектных электрических устройствах внутренней установки на класс напряжения 10 кВ.

Трансформатор ТЛК-10 УЗ устанавливается на опорной конструкции, обмотки выполнены в литой изоляции, она обеспечивает защиту обмоток от климатических и механических воздействий. Первичная обмотка многовитковая, выполнена в виде катушки, ее выводы расположены на верхней поверхности трансформатора. Вторичные обмотки размещены каждая на своём магнитопроводе, ее выводы расположены в нижней части трансформатора.

Паспортные данные трансформатор тока ТЛК-10-3 приводятся в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики трансформатора тока ТЛК-10-3

Характеристики	Параметры
Напряжение в сети, кВ	10
Номинальный ток, А	200
Ток вторичной обмотки, А	5
Стойкость электродинамическая, кА	52-81
Термическая стойкость, кА	20-31,5
Класс точности	0,2

Проверяется трансформатор тока марки ТЛК-10 УЗ по условиям выбора. Производится сравнение по номинальному напряжению сети:

$$10\text{кВ} \leq 10\text{кВ}.$$

Рассчитывается электродинамическая стойкость трансформатора по току КЗ:

$$i_{уд1} = k_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ном1},$$

где  $k_{эд}$  – коэффициент динамической устойчивости, принимаем равным 0,025.

$$i_{уд1} = 0,025 \cdot \sqrt{2} \cdot 200 = 70,7 \text{ кА}$$

$$18\text{кА} \leq 70\text{кА}.$$

Рассчитывается термическая стойкость трансформатора тока:

$$B_k = I_{то1}^2 \cdot t_{откл} = 31,5^2 \cdot 0,06 = 58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$B_{кт} = k_T^2 \cdot I_T^2 \cdot t_T,$$

где  $k_T^2$  – коэффициент термической стойкости;

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



$t_T$  – время протекания тока при термической стойкости, с.

$$B_{KT} = 0,2^2 \cdot 45^2 \cdot 4 = 324 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 324 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

#### 4.2 Выбор трансформаторов напряжения

Выбор трансформаторов напряжения производится по номинальному напряжению, по конструкции (однофазная, трехфазная, трехстержневые и пр.) и проверяется по классу точности.

Условия выбора ТН:

- по номинальному напряжению сети

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{Сном}};$$

- по конструктивному исполнению и схеме соединения обмоток, а также классу точности с учетом допустимых вторичных нагрузок;

- по вторичной допустимой нагрузке:

$$S_{2H} \leq S_{\text{ном}}.$$

$$S_{2H} = \sqrt{S_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2}, \quad (4.7)$$

где  $S_{2\Sigma}$  - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, А·В.

Выбирается трансформатор напряжения на стороне 10кВ марки ЗНОЛ –СЭЦ-10 У3 (параметры в таблице 4).

Таблица 4 – Основные характеристики трансформатора напряжения ЗНОЛ – СЭЦ-10 У3

Характеристики	Параметры
Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальное напряжение первичной обмотки, кВ	10
Номинальное напряжение вторичной обмотки, кВ	0,1
Вторичная нагрузка, В·А	50
Класс точности	0,5

ЗНОЛ –СЭЦ-10 У3 сравнивается по условиям выбора ТН:

- номинальному напряжению

$$10\text{кВ} = 10 \text{ кВ};$$

- классу точности – 0,5.

Активная и реактивная мощности вторичной нагрузки трансформатора напряжения ЗНОЛ –СЭЩ-10 У3 представлен в таблице 5.

Таблица 5 - Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения ЗНОЛ –СЭЩ-10 У3

Прибор	Марка прибора	Полная мощность приборов $S_{\text{приб}}$ , В·А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Э-335	10	-	-
Счетчик	РИ-675	-	14,5	-
Счетчик	ЦИ- 673	-	-	14,5
Итого:		10	14,5	14,5

- вторичной нагрузке, при условии, что трансформатор напряжения ЗНОЛ –СЭЩ-10 У3 по формуле 4.7:

$$S_{2н} = \sqrt{(2 \cdot 16 + 12 + 12)^2 + (14,5 + 14,5)^2} = 46,23 \text{ В} \cdot \text{А},$$

$$46,23\text{В} \cdot \text{А} \leq 70 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Показатели трансформатора напряжения ЗНОЛ –СЭЩ-10 У3, подходят для системы, он имеет номинальную мощность в классе точности 0,5, необходимую для подключения счетчиков 47 ВА, соответственно данный трансформатор будет работать на выбранном классе точности.

#### 4.3 Выбор разъединителей

Выбор разъединителей производится по номинальному напряжению, току, термической и динамической стойкости.

Условия выбора разъединителей:

- по номинальному напряжению сети

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{раб}};$$

- по номинальному току

$$I_{1\text{ном}} \geq I_{\text{рабmax}};$$

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

- по термической стойкости

$$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T, \quad (4.8)$$

где  $I_T$  – ток термической стойкости  $\text{кА}^2$ ;

$t_T$  – время протекания тока при термической стойкости, с.

- по динамической стойкости

$$i_{\text{СКВ}} \geq i_y, \quad (4.9)$$

где  $i_{\text{СКВ}}$  – амплитудное значение предельного сквозного тока разъединителя,  $\text{кА}^2$ .

Для стороны 10 кВ выбирается разъединитель типа РВ – 10 / 400 УЗ, его основные технические характеристики представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные характеристики разъединитель РВ – 10 / 400 УЗ

Характеристики	Параметры
Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	400
Ток электродинамической стойкости, кА	41
Ток термической стойкости, кА	16

Проверка разъединителя РВ – 10 / 400 УЗ по условиям выбора:

- по номинальному напряжению сети

$$10\text{кВ} = 10 \text{ кВ};$$

- по номинальному току

$$I_{1\text{ном}} = 400 \text{ А} \geq I_{\text{рабmax}} = 127 \text{ А};$$

- по термической стойкости

$$58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 16^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

- по динамической стойкости

$$41 \text{ кА} \geq 17,99\text{кА}.$$

Показатели разъединителя РВ – 10 / 400 УЗ, подходят для установки в РУ-10кВ.

#### 4.4 Выбор выключателя

Выбор выключателя производится по роду установки, номинальному напряжению и току.

Условия выбора выключателей:

- по номинальному напряжению сети

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{раб}};$$

- по номинальному току

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{рабmax}};$$

- по термической стойкости

$$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T;$$

- по динамической стойкости

$$i_{\text{СКВ}} \geq i_y;$$

- по отключающей способности

$$I_{\text{ном.откл}} \geq I_{\text{по}}^{(3)}.$$

Для установки на стороне 10 кВ выбирается вакуумный выключатель типа ВВ/TEL – 10 с параметрами, представленными в таблице 7.

Проверка выключателя ВВ/TEL – 10 по условия выбора:

- по номинальному напряжению сети

$$10\text{кВ} \geq 10\text{кВ};$$

Таблица 7 – Основные технические характеристики ВВ/TEL – 10

Характеристики	Обозначение	Параметры
Номинальное напряжение, кВ	$U_{\text{ном}}$	10
Номинальный ток, А	$I_{\text{ном}}$	630
Номинальный ток отключения, кА	$I_{\text{ном.откл.}}$	20
Время отключения при коротком замыкании, с	$t_{\text{откл}}$	0,025
Ток электродинамической стойкости, кА	$i_{\text{СКВ}}$	52

Окончание таблицы 7

Характеристики	Обозначение	Параметры
Ток термической стойкости, кА	$I_T$	20
Время протекания тока при термической стойкости, с	$t_T$	3

- по номинальному току

$$630 \text{ A} \geq 127 \text{ A};$$

- по термической стойкости

$$58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

- по динамической стойкости

$$52 \text{ кА} \geq 17,99 \text{ кА};$$

- по отключающей способности

$$20 \geq 7,054.$$

Показатели вакуумного выключателя типа ВВ/TEL – 10, подходят для установки в РУ-10кВ.

#### 4.4 Выбор шин 10кВ

Выбор шин 10кВ производится по току, термической и динамической стойкости.

Условия выбора шин 10кВ:

- номинальное напряжение сети

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{раб}};$$

- номинальный ток

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб.мах}},$$

где  $I_{\text{доп}}$  – допустимый ток на шинах данного сечения и материала, А;

$I_{\text{раб.мах}}$  – рабочий максимально длительный ток нагрузки, А.

- термическая стойкость

$$q \geq q_{\text{min}}, \quad (4.10)$$

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

где  $q$  – сечение шин,  $\text{мм}^2$ ;

$q_{\min}$  – минимальное сечение шин,  $\text{мм}^2$ ;

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{c};$$

где  $B_{\text{к}}$  – импульс теплового короткого замыкания,  $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ ;

$$B_{\text{к}} = I_{\text{к}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}), \quad (4.11)$$

где  $T_{\text{а}}$  – постоянная времени отключения цепи,  $T_{\text{а}}=0,005 \text{ с}$ ;

$t_{\text{откл}}=t_{\text{ов}}+t_{\text{рз}}$  – время отключения выключателя,  $t_{\text{откл}}=1,16 \text{ с}$ ;

$c$  – функция перегрева,  $c=90 \text{ А}^2 \cdot \text{с}/\text{мм}^2$ .

Производится проверка кабеля марки АСБ-95 с допустимым током нагрузки,  $I_{\text{доп}}=260 \text{ А}$ , по условиям выбора:

- по номинальному напряжению сети

$$10 \text{ кВ} \geq 10 \text{ кВ};$$

- по номинальному току

$$260 \text{ А} \geq 127 \text{ А},$$

- по термической стойкости формулы 4.10, 4.11:

$$B_{\text{к}} = 7,054^2 \cdot (1,16 + 0,005) = 58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{58 \cdot 10^6}}{90} = 84,6 \text{ мм}^2;$$

$$95 \text{ мм}^2 \geq 84,6 \text{ мм}^2$$

Выбирается кабель марки АСБ-95 для установки на вводе в РУ-10кВ, проверку по условиям выбора кабель прошел.

Выбираются жесткие прямоугольные алюминиевые шины в РУ – 10 кВ, каждая полоса на фазу размерами  $40 \times 35$ , с допустимым током нагрузки  $I_{\text{доп}} = 540 \text{ А}$ .

Производится проверка шин РУ-10 кВ по условиям выбора:

- номинальному напряжению сети

$$10 \text{ кВ} \geq 10 \text{ кВ};$$

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

- номинальному току

$$540 \text{ A} \geq 49,2 \text{ A},$$

- на термическую стойкость по формулам 4.10, 4.11:

$$W_k = 7,054^2 \cdot (1,16 + 0,005) = 58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$Q_{\min} = \frac{\sqrt{58 \cdot 10^6}}{90} = 84,6 \text{ мм}^2;$$

$$200 \text{ мм}^2 \geq 84,6 \text{ мм}^2.$$

- на электродинамическую стойкость по формулам:

$$\sigma_{\text{расч.}} < \sigma_{\text{доп}},$$

где  $\sigma_{\text{расч.}}$  - расчетное механическое напряжение в материале шины, МПа:

$$\sigma_{\text{расч.}} = \frac{M_{\max}}{W}, \quad (4.12)$$

где  $M_{\max}$  – максимальный изгибающий момент, кН·м:

$$M_{\max} = \frac{F_{\max} \cdot l^2}{10}, \quad (4.13)$$

где  $F_{\max}$  – максимальная сила, действующая на шину, Н;

$l$  – длина пролета между опорными изоляторами,  $l=1$  м.

$$F_{\max} = \frac{\sqrt{3} \cdot i_y^2 \cdot l}{10 \cdot a}, \quad (4.14)$$

где  $a$  – расстояние между шинами,  $a=0,5$  м:

$W$  – момент сопротивления,  $\text{см}^3$ :

$$W = h \cdot b^2 \cdot 0,167, \quad (4.15)$$

где  $h$  и  $b$  – ширина и толщина шины, м.

$$W = 0,5 \cdot 4^2 \cdot 0,167 = 1,3 \text{ см}^3;$$

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$F_{\max} = \frac{\sqrt{3} \cdot 18^2 \cdot l}{10 \cdot 0,5} = 112,1 \text{ Н};$$

$$M_{\max} = \frac{112,1 \cdot l^2}{10} = 11,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\sigma_{\text{расч.}} = \frac{11,2}{1,3 \cdot 10^6} = 8,6 \text{ МПа.}$$

Для алюминиевых шин допустимое напряжение материала  $\sigma_{\text{доп}} = 65 \text{ МПа}$ ;

$$8,6 \text{ МПа} < 65 \text{ МПа.}$$

Сборная шина из алюминия размером 40×35 прошла проверку по току, электродинамической и термической стойкости.

Производится замена установленных масляных трансформаторов ТМ-630-6/0,4кВ на трансформаторы более высокого напряжения ТМ-630/10/0,4 кВ. Трансформатор масляный ТМ с естественным воздушным охлаждением предназначены для преобразования электрической энергии напряжения 10кВ в электрическую энергию напряжением 0,4 кВ в трехфазных сетях энергосистем и потребителей.

В трансформаторах типа ТМ температурные изменения объема масла компенсируются за счет маслорасширительного бака, расположенного на верхней крышке трансформатора.

Для предотвращения попадания в трансформатор влаги и промышленных загрязнений при колебаниях уровня масла расширительный бак снабжен встроенным воздухоочистителем.

Гофрированный бак трансформатора также обеспечивает необходимую поверхность для естественного охлаждения без применения съемных охладителей, что значительно увеличивает надежность трансформатора.

Таблица 7 – Основные технические характеристики ТМ-630/10/0,4

Характеристики	Обозначение	Параметры
Высшее напряжение, кВ	$U_1$	10
Низшее напряжение, кВ	$U_2$	0,4
Номинальная мощность, кВА	$S_{\text{ном}}$	630
Напряжение короткого замыкания, %	$U_{\text{кз}}$	5,5
Потери короткого замыкания, кВ	$U_{\text{пкз}}$	7,6
Потери холостого хода, кВ	$U_{\text{пхх}}$	1,16



## Выводы по разделу четыре

1. Для защиты оборудования РУ-10кВ от токов короткого замыкания выбраны трансформаторы тока ТЛК-10 УЗ и трансформаторы напряжения ЗНОЛ – СЭЩ-10 УЗ.

2. Выбранно электрооборудование для установки в РУ-10кВ:

- вакуумный выключатель ВВ/TEL – 10;
- разъединителя РВ – 10 / 400 УЗ;
- для ввода в РУ – 10 кВ кабель марки АСБ-95;
- для секция шин 10 кВ сборная шина из алюминия размером 40×35;
- масляный трансформатор ТМ-630/10/0,4 кВ

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР					

## 5 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ КТП-177

### 5.1 Структурная схема КТП-177

На рисунке 8 показана структурная схема цифровой подстанции КТП-177 10/0,4кВ, построенная с применением интеллектуального цифрового первичного оборудования, установленного внутри шкафа КРУ с использованием кластерной технологии. Используемое в цифровом шкафу КРУ серии «Волга» первичное оборудование уже содержит встроенные интеллектуальные электронные устройства, которые функционально и конструктивно ориентированы на поддержку информационного обмена и взаимодействия данными по цифровым локальным вычислительным сетям с использованием сервисов стандарта МЭК 61850.

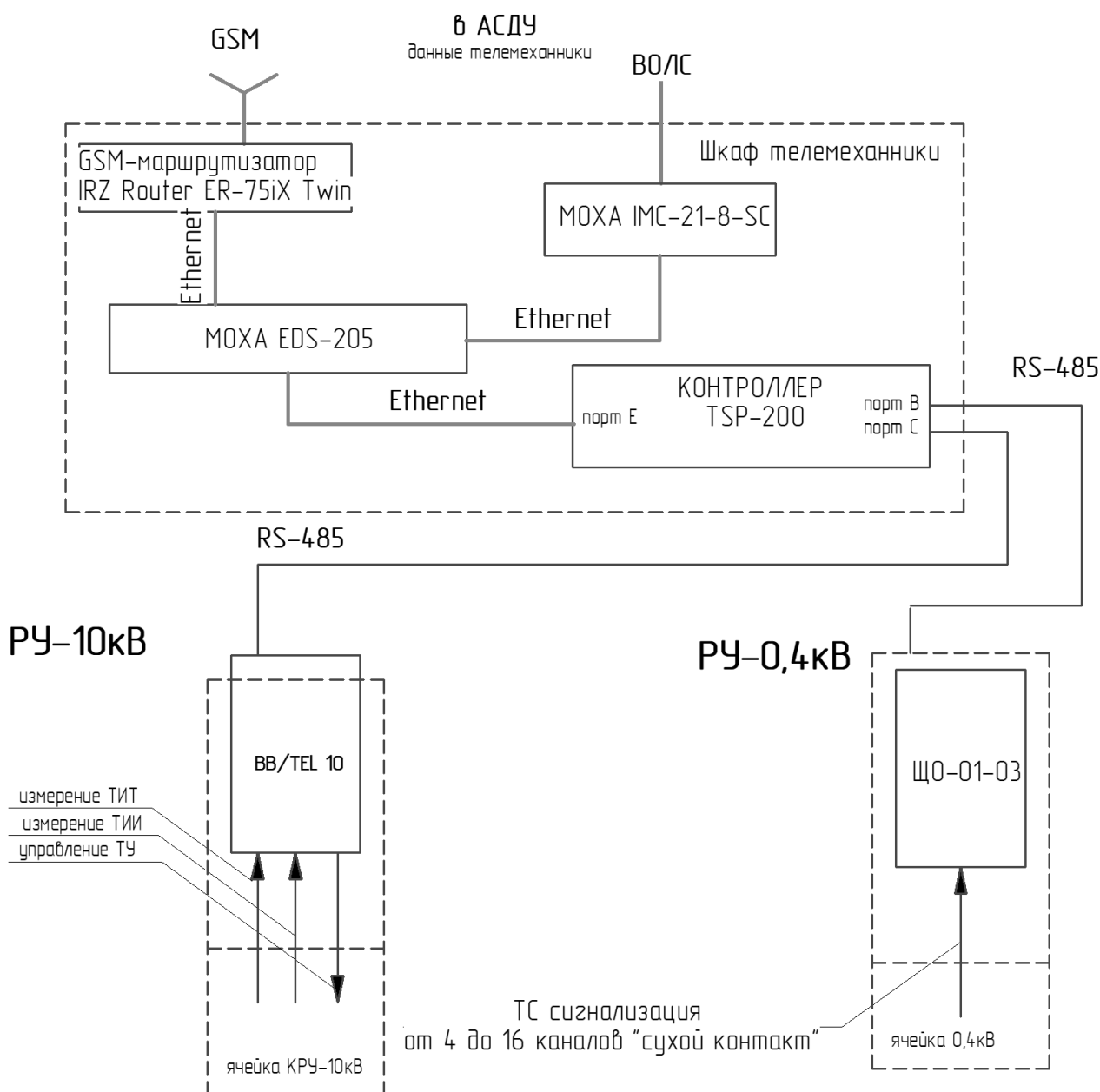


Рисунок 8 – Структурная схема цифровой подстанции КТП-177

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР

Лист

36

Первый уровень, организованный на КТП-177 предназначен для сбора и предварительной обработки данных, получаемых с ячеек КРУ-10 серии Волга и установленных в них интеллектуальных устройств, а также с низковольтных щитов ЩО-5 подстанции, передачи собранных данных для дальнейшей обработки и хранения на второй уровень системы – уровень диспетчерского ПУ. А также для управления подстанцией по командам диспетчера, передаваемым с уровня диспетчерского ПУ.

Второй уровень установленной АСУ КТП-177 функционирует на диспетчерском ПУ и предназначен для организации непрерывного автоматизированного сбора данных о параметрах электрической сети и учета электроэнергии, обработки и визуализации полученных данных, ведения базы данных, выдачи отчетных документов, обеспечения возможности наблюдения и управления территориально рассредоточенными подстанциями. Уровень АСУ КТП строится на базе SCADA-системы «Телеконтроль» и состоит из одномашинного программного комплекса, функционирующего на IBM PC совместимых компьютерах под управлением Windows и необходим для организации АРМ Диспетчера, АРМ Наблюдателя, АРМ Телемеханика [16].

## 5.2 Устройства телемеханики, установленные в КТП-177

Ячейка КРУ включает в себя встроенную сенсорную панель с диагональю 10 дюймов установленную на двери отсека выкатного элемента шкафа КРУ «КРУ Smart View» рисунок 9.



Рисунок 9 - Система «КРУ Smart View»

«КРУ Smart View» контролирует и управляет основными электрическими и технологическими параметрами шкафа КРУ в режиме реального времени и обеспечивает непрерывную проверку технического состояния оборудования, установленного внутри шкафа КРУ.

Цифровой пирометрический датчик температуры «Контроль-Т» контролирует температуру окружающего воздуха в месте установки датчика и осуществляет бесконтактный контроль температуры, измеряемой на поверхности материала в реальном времени.

Производит контроль:

- нагрева контактных соединений силового высоковольтного выключателя;
- нагрева контактных соединений сборных шин;
- нагрева мест соединения шин и оконцевания кабельных муфт, находящихся под напряжением.

Также в шкафу КРУ установлено технологическое видеонаблюдение, предназначенное для удаленного визуального контроля за состоянием и процессом перемещения выкатного элемента, за работой шторочного механизма внутри изолированного отсека выкатного элемента, а также за положением и работой заземляющего ножа внутри изолированного отсека кабельных, шинных присоединений. Позволяет оперативному персоналу в реальном времени удаленно наблюдать за коммутационными аппаратами и визуально оценивать контактные соединения [16].

В комплектацию шкафа ТМ устанавливаемого в КТП-177 входит следующее основное оборудование:

- контроллер TSP-200;
- блок питания;
- оборудование связи с диспетчером.

Связь организована микропроцессорным оборудованием:

- коммутатор и маршрутизатор производства «МОХА»;
- GSM модем и роутер производства «Радиофид»;
- конвертор интерфейсов производства «ICP DAS».

Оборудование устанавливается в отдельном блоке устройств релейной защиты и автоматики на DIN-рейку, подключение производится через без винтовой пружинный клеммный соединитель.

Устройства телемеханики выполняют многофункциональные интеллектуальные функции:

- измерения параметров присоединений;
- сбора измерительных данных;
- сбора данных с телесигнализации;
- телеуправления коммутационными аппаратами и исполнения ее команд;
- технического учета электроэнергии;
- контроля показателей качества электрической энергии;
- передачи собранных данных на верхний уровень АСУ КТП.

Контроллер TSP-200 вместе с оборудованием для канала связи размещается

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

в отдельном шкафу телемеханике (ТМ) в помещении КТП-177.

Регистрация событий осуществляется контроллером, все события хранятся в памяти TSP-200 с привязкой к времени, он же осуществляет передачу данных диспетчерскому ПУ по существующим каналам связи. Сбор и передача информации с трансформаторной подстанции КТП-177 осуществляется по протоколу ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 за минимальное время. Контроллер TSP-200 доставляет информацию в кратчайшие сроки и оперативно реагирует на диспетчерские команды и аварийные ситуации, произошедшие на оборудовании КТП-177.

Модуль серии M-7000 необходим для сбора данных и управления оборудованием подстанции, монтируется на DIN-рейку в шкаф телемеханики (ТМ) расположенный в помещении КТП-177, непосредственно вблизи от источников сигнала.

Счётчик электрической энергии Меркурий устанавливается в отсек релейной защиты ячейки КРУ-10кВ серии Волга, предназначен для сбора и измерений телесигналов, телеизмерений текущих, телеизмерений интегральных. Счётчик имеет жидкокристаллический экран и цифровой интерфейс RS-485 используемый для связи с контроллером TSP-200, по протоколу обмена данными Modbus.

Релейная защита выполнена блоками SEPAM предназначенными для выполнения функций:

- защиты электрооборудования от токов короткого замыкания;
- управления высоковольтными выключателями отходящих линий;
- аварийно-предупредительной сигнализации, установленной на трансформаторах и кабельных линиях напряжением 10кВ.

Блоки SEPAM устанавливаются в отсек релейной защиты ячейки КРУ – 10кВ серии Волга и обеспечивают сбор информации, производят измерения, которые указаны знаком «+» в зоне текущих телеизмерений, а также для исполнения команд из зоны телеуправления. Связь организована цифровым интерфейсом RS-485 с дополнительным модулем ACE-949-2, по протоколу обмена данными Modbus RTU [16].

#### Выводы по разделу пять

1. Разработана структурная схема КТП-177 состоящая из двух уровней: первый уровень КТП, второй уровень АСДУ.

2. Выбрано электрооборудование телемеханики: цифровая ячейка КРУ «Волга», контроллер TSP-200, блок питания, коммутаторы и маршрутизаторы производства «МОХА», GSM модемы и роутеры производства «Радиофид», конвертеры интерфейсов производства «ICP DAS», блоки релейной защиты SEPAM, счётчик электрической энергии из серии Меркурий.

3. Связь осуществляется по цифровому интерфейсу RS-485, протокол обмена данными стандартный Modbus RTU. Взаимодействия данными с АСДУ по цифровым локальным вычислительным сетям с использованием сервисов стандарта МЭК 61850.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

## 6 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АСУ КТП-177

### 6.1 Функциональная схема АСУ КТП-177

Функциональная схема телемеханики КТП-177 - схема размещения устройств телемеханики внутри подстанции, таких как ячеек КРУ-10кВ, низковольтных щиты, шкафа ТМ.

Функциональная схема выполнена согласно плану компоновки оборудования внутри помещений трансформаторной подстанции КТП-177. Схема выполняется исходя из устройств телемеханики, и привязкой их к конкретным интерфейсным портам контроллера TSP-200.

При создании функциональной схемы необходимо руководствоваться:

- общим количеством устройств телемеханики, которые подключаются к одному контроллеру через интерфейсные порты TSP-200, должно быть не более 48 устройств, подключенных к одному контроллеру;

- устройства SEPAM должно быть не более 10;

- подсеть с интерфейсом RS-485, должна содержать не более 32 устройств;

Признаки разделения устройств подсети:

- тип устройства (РЗиА, УСО, счётчики и т.д.);

- тип цифрового интерфейса связи (RS-232, RS-485, Ethernet);

- тип протокола обмена данными.

На рисунке 10 изображена функциональная схема КТП-177.

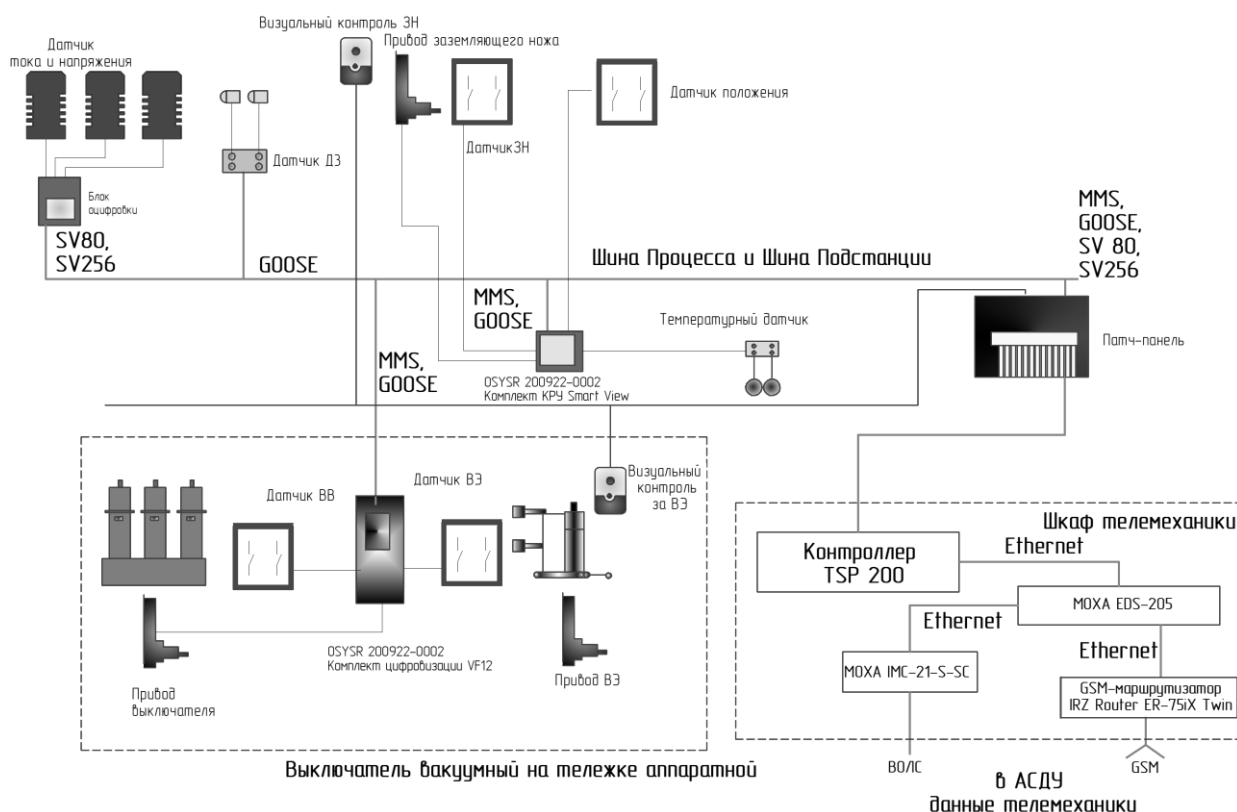


Рисунок 10 – Функциональная схема КТП-177

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР

Лист

40

Контроллер TSP-200 и каналобразующая аппаратура помещается в отдельный шкаф (АСУ КТП-177). К контроллеру подключается через цифровой канал отдельно каждое интеллектуальное устройство.

Канальное оборудование предназначено для организации связи между подстанцией и диспетчерским пунктом через основной и резервный канал связи, оно обеспечивает передачу данных по каналам связи промышленному интерфейсу RS-485, оптико-волоконным линиям связи, GSM каналу сотовой связи.

Система АСУ КТП-177 построена по принципу пространственно-распределенного сбора данных и управления, каждое интеллектуальное устройство содержит свой собственный микропроцессор, осуществляющий функции сбора, первичной обработки и управления, независимо от состояния всей системы.

Обработка данных происходит по месту возникновения сигналов. Каждое интеллектуальное устройство расположено в непосредственной близости от своего источника сигнала.

Внутри каждой ячейки КРУ имеется свой набор интеллектуальных устройств, таких как микропроцессорный блок РЗА, счётчик электроэнергии, система мониторинга и управления.

## 6.2 Мониторинг и управление ячейками КРУ-10кВ

Панель «Измерения» в реальном времени отображает основные электрические параметры присоединения, объем электрических параметров присоединения зависит от назначения линии: ввод, секционный выключатель, отходящая линия и т.д.

При необходимости, для каждого электрического параметра присоединения можно задать верхнюю и нижнюю границу изменения его значений. Для активации этой функции необходимо нажать на соответствующий цифровой индикатор и задать в сплывающем окне верхнюю и нижнюю границу измерения значения указанного параметра. Выход параметра за заданные уставки будет регистрироваться системой в «Журнале событий».

Функции, выполняемые ячейками КРУ:

- функция управления вакуумным выключателем;
- функция управления выкатным элементом. Перемещение выкатного элемента из контрольного положение в рабочее (операция вкатывания) и обратно (операция выкатывания) осуществляется при помощи электродвигателя тележки аппаратной через установленные в ней редуктор, муфту и цепную передачу;
- функция управления заземлителем, осуществляется при помощи электродвигателя через установленные в ней редуктор, муфту и цепную передачу.

Для перехода в раздел управления необходимо нажать кнопку «Управление». Экран «Управление» показан на рисунке 11.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41





прогнозирования с использованием специально разработанной модели парной регрессии. Построение указанной математической модели выполняется автоматически в режиме реального времени и заключается в определении параметров уравнения регрессии с последующей их постоянной корректировкой в процессе накопления данных. Процесс накопления минимального объема данных, необходимого для построения достоверной математической модели прогнозирования занимает в среднем 1 год, с момента запуска системы в штатную эксплуатацию.

Прогнозирование жизненного цикла основного оборудования заключается в выполнении следующей последовательности действий:

- необходимо переместить ползунок с отметки «0» вправо, выбрав интересующий временной интервал прогноза от 1 года до 12 лет по шкале времени, начиная от текущей даты;
- нажать на кнопку «Вычислить прогнозные значения».

После вычисления прогнозных значений поле «Точность прогноза» будет содержать одну из следующих оценок:

- выборка не репрезентативна (накопленных данных недостаточно для вычисления прогнозных значений);
- неудовлетворительная;
- удовлетворительная;
- хорошая;
- высокая.

Когда остаточный ресурс жизненного цикла диагностируемого оборудования приблизится к контрольным значениям на экране автоматически появится событие о необходимости проведения регламентных работ по профилактическому обслуживанию. Только после того, как на экране появится предупредительная сигнализация о необходимости проведения регламентных работ по профилактическому обслуживанию, следует приступать к выполнению операций контроля профилактического состояния, выбрав на сенсорной панели соответствующие операции.

Логика работы системы мониторинга и управления АСУ ТП направлена на своевременное предупреждение специалистов служб эксплуатации и ремонта о необходимости проведения регламентных работ только той единицы оборудования, которая в этом обслуживании нуждается. Такой подход позволяет отказаться от проведения плановых регламентных работ по ТОиР и перейти на работы по мере необходимости.

### 6.3 Тепловой контроль и сигнализация

Каждое сообщение в системе содержит дату и время своего возникновения. Все сообщения в системе упорядочены по дате и времени их возникновения. Вверху таблицы событий отображается последнее по дате и времени возникновения сообщение, зарегистрированное системой.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Для перехода в окно активных предупреждающих сообщений необходимо нажать на закладку «Сигнализация».

Все сообщения в окне «Сигнализация» имеют красный цвет и отображаются там до тех пор, пока указанные сообщения в системе будут активны. После того, как указанные сообщения в системе станут не активными, устранение причины сигнала, система автоматически удалит все не активные сообщения из окна «Сигнализации».

Для перехода к архивным сообщениям необходимо нажать на закладку «События». Все сообщения в окне «События» могут иметь три цвета:

- красный цвет (активные и не активные события предупредительной и аварийной сигнализации);
- синий цвет (служебные события системы, переключения в электроустановке);
- черный цвет (остальные события).

Функции контроля температуры реализованы по принципу бесконтактного измерения, преобразование энергии инфракрасного излучения, излучаемую поверхностью объекта в электрический сигнал. Каждый датчик «Контроль-Т» передает измеренные значения температур по промышленному интерфейсу RS-485 в стандартном цифровом протоколе обмена данными Modbus RTU для последующей их обработки, хранения и отображения на сенсорной панели. Датчики температуры «Контроль-Т» измеряют температуру в фазах: А, В и С верхних и нижних контактов выкатного элемента и в фазах А, В и С разделки кабельной линии. Контроль температуры во всех указанных точках учета заключается в выполнении сенсорной панелью следующих основных функций:

- контроль избыточных значений температуры;
- контроль нормированного превышения температуры.

Непрерывный контроль температуры в девяти различных точках учета внутри изолированных отсеков шкафа КРУ обеспечивает автоматическое выявление опасных ситуаций на ранних стадиях их развития, то есть ещё до того, как они перерастут в серьезные аварии.

#### Выводы по разделу шесть

1. Разработана функциональная схема АСУ КТП-177, на основе пространственно-распределенного сбора данных и управления, каждая ячейка КРУ-10кВ содержит свой собственный микропроцессор, осуществляющий функции сбора, первичной обработки и управление.

2. Система мониторинга и управления АСУ КТП-177 своевременно предупреждает специалистов служб о необходимости проведения регламентных работ только той единицы оборудования, которая в этом обслуживании нуждается, такой подход позволяет отказаться от проведения плановых регламентных работ по ТОиР и перейти на работы по мере необходимости.

3. Непрерывный контроль температуры в девяти различных точках учета

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

внутри изолированных отсеков шкафа КРУ-10кВ обеспечивает автоматическое выявление опасных ситуаций на ранних стадиях их развития, и предупреждает диспетчера до того, как произойдет серьезная авария.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## 7 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Расчёт капиталовложений для реконструкции КТП-177 построен на технико-экономическом расчёте, в который входят составляющие и элементы годовых эксплуатационных расходов. К ним относятся:

- расходы, связанные с текущим ремонтом оборудования, составляют 2% от стоимости оборудования;
- амортизационные отчисления, равные 5% от стоимости оборудования с учетом монтажа.

Рассчитан размер годовых затрат на техническое оснащение КТП новым оборудованием. Ячейки для КРУ-10кВ серии «Волга» поставляются в полной заводской готовности, комплект ячеек КРУ для РУ-10 кВ приведён в таблице 8.

Таблица 8 - Комплект ячеек КРУ для РУ-10 кВ

Наименование	Количество, штук
Ввод	2
Масленный трансформатор	2
Разъединитель шинного моста	1

Общая стоимость реконструкции подстанции КТП-177 рассчитывается из расходов на покупку 7 штук ячеек КРУ-10кВ серии «Волга» фирмы "Элтехника", они составили 3 260 000 рублей.

Результаты расчета капитальных вложений на реконструкцию РУ-10кВ приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Капитальные вложения на реконструкцию РУ-10кВ КТП-177

Наименование	Стоимость, рублей
Строительные работы	1 340 000
Монтажные и наладочные работы	2 750 000
КРУ-10кВ серии «Волга»	3 260 000
Всего	7 350 000

Приведенные годовые затраты определяются по формуле:

$$Э_{пр} = C + E_n \cdot K, \quad (7.1)$$

где C – годовые эксплуатационные расходы на содержание и обслуживание РУ – 10 кВ, рублей;

$E_n$  – коэффициент эффективности капиталовложений, для трансформаторной подстанции, равный 0,4;

K – капиталовложения на реконструкцию РУ – 10 кВ, рублей.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Результаты расчета приведенных годовых затрат приведены в таблице 10.

Таблица 7- Приведенные годовые затраты на реконструкцию КТП-177

Наименование сравнительных элементов затрат	Коэффициент отчислений	Стоимость, руб.
Капитальные вложения		7 350 000
Годовые эксплуатационные расходы, включающие в себя:		514 500
Расходы связанные с текущим ремонтом оборудования;	2%	147 000
Амортизационные отчисления	5%	367 500
Приведенные годовые затраты		3 454 500

Эффективность затрат определяется показателями:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{пр}}}; \quad (7.2)$$

$$E_p = \frac{\mathcal{E}_{\text{пр}}}{K}. \quad (7.3)$$

Внедрение системы считается достаточно эффективным, если расчётный коэффициент ( $E_p$ ) затрат равен или больше нормативного ( $E_{\text{НВТ}}$ ), т.е.

$$E_p \geq E_{\text{НВТ}}; \quad (7.3)$$

В промышленности  $E_{\text{НВТ}}$  принимается 0,3, следовательно, внедрение системы эффективно, если  $E_p \geq 0,3$ ;  $T \leq 3,3$  года.

Экономический эффект от внедрения системы АСУ ТП может быть лишь косвенным, так как внедренные средства автоматизации это не прямой источник дохода, а вспомогательный, так как является средством организации получения прибыли, и помогает минимизировать затраты на устранение аварийных ситуаций.

Экономический эффект от реконструкции КТП-177 заключается:

- производится первичный анализ действий цифровых защит и изменение уставок цифровых защит в режиме реального времени без необходимости выезда на подстанцию оперативного персонала;
- сокращается время поиска и устранения неисправности, так как большая часть поиска неисправностей связана с программным обеспечением, где не требуется значительных человеческих ресурсов и использования дополнительного оборудования;
- повышается качество обслуживания подстанции за счет непрерывного

контроля различных сигналов и параметров сети совместно с системой диагностики силового оборудования, что позволит планировать техническое обслуживание в соответствии с потребностью, а не проводить его регулярно.

Определяется расчётный коэффициент затрат по формуле 7.3:

$$E_p = \frac{3454500}{7350000} = 0,47$$

Срок окупаемости системы будет равен:

$$T = \frac{1}{E_p} = \frac{1}{0,47} = 2,1 \text{ (год)}.$$

Выводы по разделу шесть

1. Капитальные затрат на создание АСУ КТП составили 7 350 000 руб.;
2. Эксплуатационные затраты составили 514 500 руб. в год;
3. Приведенные годовые затраты 3 454 500 руб.;
4. Срок окупаемости системы будет равен 2,1 года это меньше нормативного срока - 3,3 года, следовательно, реконструкция КТП-177 будет эффективна.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## 8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 8.1 Краткое описание производственного участка

Трансформаторная подстанция киоскового типа КТП-177 6/0,4кВ Машзаводского района г. Златоуста является понизительной подстанцией. Она осуществляет питание освещения жилого сектора.

Производится реконструкция подстанции, путем замены РУ-6кВ на РУ-10кВ, применяется схема с системами сборных шин секционированных выключателем. При реконструкции КТП используется на стороне 10кВ цифровое КРУ серии «Волга», на стороне 0,4кВ панели распределительных щитов ЩО-70.

Основными задачами реконструкции КТП-177 являются:

- замена устаревшего оборудования на более современное;
- по возможности при монтаже оборудования устанавливать новые ячейки на старые места.
- установить секционный выключатель для разделения секций, чтобы секции могли работать независимо друг от друга.

### 8.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Дневная смена электромонтера оперативно-выездной бригады начинается с 8:00 и длится до 20:00, ночная с 20:00 до 08:00. В аварийных ситуациях оперативно-выездная бригада незамедлительно отправляется на место аварии на специальном служебном транспорте. В праздничные дни бригада электромонтеров занимается осмотром кабельных линий.

Электромонтеры по обслуживанию КТП осуществляют различные виды работ, такие как:

- разборка, капитальный ремонт, сборка, установка, наладка высоковольтных выключателей, электроприборов и электроаппаратов различных типов и систем напряжения до 10 кВ;
- ремонт, монтаж и демонтаж кабельных линий;
- испытание высоковольтных выключателей, трансформаторов и электроаппаратов;
- инструктаж работников о правилах эксплуатации оборудования и т.д.

При работах на подстанциях киоскового типа возможны воздействия следующих опасных и вредных производственных факторов:

- движущиеся механизмы;
- повышение или понижение температуры воздуха рабочей зоны;
- высокая влажность воздуха;
- повышенная напряженность электрического и магнитного полей;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека при приближении на расстояние менее допустимого к незаизолированным токоведущим частям и элементам оборудования,

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

находящегося под напряжением, а также при перемещении и работе в зонах рас-  
текания тока на землю, влияния электрического поля и наведенного напряжения;

- возникшая электрическая дуга при переключениях в электроустановках или в аварийных ситуациях;

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях оборудования;

- повышенная вероятность возникновения взрывов, пожаров в результате которых образуются ядовитые газы, происходит разрушение конструкции подстанции;

- недостаточная освещенность рабочих мест;

- попадание остатков оптического волокна на работника;

- физические перегрузки;

- эмоциональные перегрузки.

### 8.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды

Работа электромонтер 4 разряда оперативно-выездной бригады, обслуживающего ТП – 10кВ относится к категории работ Пб по уровню энергозатрат.

В переносной сумке дежурный электромонтер переносит различный инструмент и измерительную аппаратуру, приспособления, мелкие детали для ремонта электрооборудования на ТП.

Микроклимат на рабочем месте электромонтера оперативно-выездной бригады должен соответствовать утвержденным гигиеническим нормативам и требованиям по обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания СанПиН 1.2.3685-21(таблица 9).

Таблица 9 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с		Категория работ по уровню энергозатрат, Вт
	ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин			ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более	
холодный	от 15 до 16,9	от 19,1 до 22	от 14 до 23	от 15 до 75	0,2	0,4	ПБ (233-290)
теплый	от 16 до 18,9	от 21,1 до 27	от 15 до 28	от 15 до 75	0,2	0,5	ПБ (233-290)

Помещение ТП оборудовано естественной и механической вентиляцией. Механическая вентиляция действует как приточно-вытяжная, также есть аварийная вентиляция, она предназначена для устранения загазованности в помещении ТП при аварийных ситуациях.



## 8.4 Охрана труда

Перед допуском бригады на рабочее место необходимо произвести первичный инструктаж, с перечислением оборудования находящегося под напряжением, к которому нельзя приближаться во время работы.

В рабочей сумке электромонтера оперативно-выездной бригады должна находиться техническая (принципиальная электрическая схема КТП-177, аварийная схема) и учетная (оперативный журнал, журнал учета отключения отходящих линий от коротких замыканий, журнал выдачи ключей от КТП, журнал учета выдачи нарядов и распоряжений) документация, должностная инструкция, а также документация по безопасности и организации труда.

Рабочая одежда электромонтеров должна быть удобной, не стеснять движений при работе.

Во время производства переключений в электроустановках или выполнения наладочных работ, рабочее место должно содержаться в образцовом порядке:

- пользоваться разрешается только исправным, поверенным инструментом;
- рабочее место не должно содержать ничего лишнего, не требующегося для выполнения данной работы;
- содержание рабочего места должно строго отвечать всем требованиям охраны труда, производственной санитарии и гигиены и исключать возможность возникновения коротких замыканий или пожара.

Бригадный автомобиль должен быть укомплектован необходимым инструментом таким как:

- сумкой с инструментом до 0,4кВ содержащей плоскогубцы и отвертки с изолированными ручками различных видов, молоток, нож, шило монтерское, линейка метровая складная металлическая;
- указатель напряжения;
- переносные заземления на 10кВ и до 1000В;
- очки защитные светлые;
- указатель напряжения для совпадения фаз;
- штанги для наложения заземления.

Основная задача правильной организации рабочего места электромонтера ОВБ - обеспечить его безопасность, оградив от случайного прикосновения к оголенным токоведущим частям в процессе сборки, разборки схемы либо ремонте оборудования.

Аккуратность, чистота, отсутствие посторонних предметов под ногами и поблизости во время производства работ поможет оградить электромонтера от случайного поражения электрическим током, так как человек спотыкаясь, начинает падать и непроизвольно хватается за любой предмет, стараясь удержаться. При работе в электроустановках это может оказаться оголенный провод, прикосновение к которому может привести к самым печальным последствиям.

Следующим аспектом является внимательность к мелочам. Отсоединив

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

контакты, монтер проверяет наличие тока на каждой из фаз, после чего забывает снять напряжение и продолжает работу в электрошите. В этом случае небольшая потеря тока чревата ударом электричества.

Рабочий инструмент электромонтер должен проверять ежедневно на отсутствие трещин, сколов или других повреждений изолированных частей, это может сохранить ему жизнь и здоровье.

Плакаты безопасности в помещении КТП-177 вывешиваются на рабочее место электромонтера.

Перед приемкой смены электромонтер, обслуживающий КТП-177 обязан надеть спец одежду, убедиться в наличии удостоверения, ознакомится с изменениями в схеме электроснабжения КТП и текущими записями в оперативном журнале.

Приемка смены оформляется персоналом, обслуживающим КТП в оперативном журнале, с докладом диспетчеру о принятии смены. Мастер участка выдает задание оперативному персоналу на предстоящую работу в виде наряда-допуска или распоряжения.

После получения задания электромонтер ОВБ обязан:

- ознакомится с предстоящей работой по содержанию распоряжения или наряда;

- подготовить необходимые средства защиты, проверить их исправность и дату следующего испытания;

- подобрать инструмент необходимый при выполнении предстоящей работы.

Во время реконструкции подстанции электромонтер производят необходимые отключения коммутационных аппаратов и принимает меры направленные на запрет подачи напряжения к месту работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения этих аппаратов. Вывешивает на привод ручного и ключи дистанционного управления запрещающие и предписывающие плакаты. Проверяет отсутствие напряжения на токоведущих частях, на которые будет установлено заземление или включены заземляющие ножи. Накладывает на токоведущие части заземление, для защиты персонала от действия электрического тока. Производит ограждение рабочего места, устанавливает изолирующие прокладки и вывешиваются предупреждающие плакаты.

После окончания работ по реконструкции КТП-177 бригада удаляется с рабочего места, производится осмотр электроустановки, на предмет отсутствия посторонних предметов, снимаются установленные ограждения, вывешенные плакаты, заземления.

Перед включением КТП-177 после его реконструкции проверяется состояние электрооборудования, вводимого в работу на предмет отсутствия посторонних предметов, течи масла, готовности его к подаче напряжения.

Перед включением коммутационных аппаратов необходимо произвести проверку правильность включения и отключения выключателей ячеек КРУ, а

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

также работы всех других аппаратов на соответствие требованиям инструкций по эксплуатации этих аппаратов.

Полное окончание работ оформляется в наряде и оперативном журнале, с докладом диспетчеру и мастеру, выдавшему разрешение на подготовку рабочего места и на допуск к работам о окончании работ. Только после этого диспетчер дает команду на восстановление нормальной схемы электроснабжения.

После ввода КТП-177 в работу электромонтер обязан:

- производить периодический осмотр оборудования, изоляторов, места соединения шин, проверять показания измерительных приборов, правильность прилегания дверей, жалюзи не реже одного раза в шесть месяцев;
- результаты осмотров и замеров сопротивления заземлителей оформлять актами и заносить в технический паспорт заземления подстанции;
- вести оперативный журнал, журнал по учету состояния нагрузок, температур, осмотра оборудования, аварийных отказов в работе оборудования;
- производить необходимые переключения в электроустановке;
- готовить рабочее место, для безопасного производства работ на электрооборудовании КТП-177.

В процессе эксплуатации подстанции нельзя допускать перегрузки отдельных ее элементов и аппаратов, так как при этом значительно сокращается срок их службы.

По окончании работ электромонтер обязан привести в порядок средства защиты, разложить их на места хранения, прибыть на базу, сдать смену рассказав о проделанной работе дежурному персоналу, оформить окончание смены записью в оперативном журнале. Переодеться в гражданскую одежду, спецодежду привести в порядок и повесить в специальный шкаф, вымыть лицо и руки с мылом.

## 8.5 Эргономика и производственная эстетика

Потолки КТП окрашиваются в белый цвет или светло серый цвет. Нижняя часть стен окрашивается в светло-зеленый или светло-синий цвет. Рукоятки заземляющих ножей окрашиваются в красный цвет, заземляющий контур в черный, места для заземлений обозначаются специальным символом черного цвета. Ящик с песком и огнетушители – в красный цвет.

Освещенность на рабочем месте электромонтера должна соответствовать нормам в соответствии со СанПиН 1.2.3685-21, и обеспечивать равномерную яркость в поле зрения, отсутствие резких теней и бликов. Оно должно быть постоянным во времени и обеспечивать правильное направление светового потока. Для создания достаточной освещенности используют комбинированное освещение - общее и местное.

Искусственное освещение должно освещать помещение ТП равномерно, на отдельных участках в ячейках КРУ должно устанавливаться локальное освещение для безопасной работы электромонтеров. КТП должно быть оборудовано

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

аварийным освещением, включаемым при внезапном отключении рабочего освещения, оно должно быть не менее 2 Лк внутри подстанции.

При производстве работ на электрооборудовании КТП электромонтер обслуживающий подстанцию находится в положении стоя, в постоянном напряжении и внимании, в среднем он совершает до 740 различных трудовых действий.

Спецодежда электромонтера состоит из комплекта дугозащиты, специальной обуви, защитной каски с забралом, противогаза, предохранительного монтерского пояса.

Организовать свое рабочее место электромонтеру необходимо учитывая конструкцию КТП, его размеры и расположение оборудования на котором будут производиться отключения, в соответствии с антропометрическим, физиологическим и психологическим данным.

Электромонтеру необходимо располагаться так, чтобы была возможность видеть все помещение КТП и совершать все движения необходимые для обслуживания оборудования, хорошо воспринимать звуковую и зрительную информацию.

Оптимальное положение достигается регулированием:

- высоты рабочей поверхности;
- подставками для ног, если работник низкого роста;
- конструкция оборудования должна обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела или его наклона вперед не более чем на 15°.

Основная задача правильной организации рабочего места электромонтера ОВБ - обеспечить его безопасность, оградив от случайного прикосновения к оголенным токоведущим частям в процессе сборки, разборки схемы либо ремонте оборудования.

Аккуратность, чистота, отсутствие посторонних предметов под ногами и поблизости во время производства работ поможет оградить электромонтера от случайного поражения электрическим током.

## 8.6 Противопожарная и взрывобезопасность

На основании действующих стандартов и пункта 4.2.6. Правил устройства электроустановок (ПУЭ), КТП-177 является электроустановкой для приема, преобразования и распределения электроэнергии и состоит из трансформаторов, распределительных устройств, устройств управления, технологических и вспомогательных сооружений.

Киосковая трансформаторная подстанция которую предлагается реконструировать не подходит под определение производственное помещение категории В1 по пожарной безопасности. В ней в качестве распределительного устройства 10кВ устанавливаются вакуумные выключатели (категория по пожарной безопасности В2) и масляные трансформаторы мощность 630 КВА. Поэтому требование по оборудованию КТП-177 установками автоматической

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

пожарной сигнализации и пожаротушения носит только рекомендательный характер.

КТП-177 не предназначена для постоянного пребывания людей, имеет ограниченный доступ людей, осмотр ее осуществляется периодически.

В соответствии с требованиями пункта 6 приложения 10 «Правил пожарной безопасности для энергетических предприятий», подстанции без обслуживающего персонала первичными средствами пожаротушения не обеспечиваются. На автомобилях оперативно-выездной бригады должно быть не менее четырех углекислотных или порошковых огнетушителей массой не менее 5кг каждый.

Фактическое расстояние по вертикали от поверхности до неизолированных токоведущих частей КТП-177 соответствует нормам. КТП-177 поставлена на залитый фундамент, воздушные токоведущие вводы не пересекают проезды или места, где возможно движение транспорта, а также фактическое расстояние по вертикали от поверхности земли до неизолированных токоведущих частей соответствует нормам, установка каких-либо ограждений для защиты людей в случае возгорания или взрыва по периметру КТП-177 не требуется.

Вблизи подстанции необходимо оборудовать и обозначить места установки и заземления пожарной техники.

В случае возникновения пожара на КТП-177 может произойти разлив трансформаторного масла, обрыв линий электропередач. Для исключения подобного варианта событий на подстанции установлены маслоприемники, в которые производится сброс масла в случае возникновения пожара в трансформаторном отсеке. Выбросы газов при возникновении пожара на подстанции минимален.

По своему устройству и режиму работы КТП не может привести к катастрофическим авариям, связанным с массовым поражением населения или обслуживающего персонала. Повреждения и аварии на подстанции редко распространяется за ее пределы на расположенные вблизи жилые здания или промышленные сооружения.

## 8.7 Экологическая безопасность

Киосковая трансформаторная подстанция КТП-177 не представляет угрозы для животного мира, так как имеет защиту от проникновения в них животных, птиц. Все оборудование подстанции находится в закрытом помещении, кабельные каналы огорожены. Системы связи на подстанции радиорелейная кабели проложены под землей, это не позволит птицам столкнуться с линиями при массовой миграции.

Запрещается на подстанции хранение опасных веществ, отходов, которые могут повлечь за собой гибель зверей, птиц или оказать негативное воздействие на их среду обитания.

Основное влияние КТП на окружающую среду связано с изъятием участков

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

земли под площадку для установления подстанции и опор воздушных линий.

Напряженность электрического поля вокруг КТП не превышает допустимых норм, соответственно не более 15 кВ/м и не более 5 кВ/м на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное присутствие персонала для профилактических и ремонтных работ.

В случае возникновения пожара выделение токсичных газов и углекислого газа необходимо свести к минимуму, для защиты людей и окружающей среды.

## 8.8 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

При возникновении аварийной ситуации на КТП-177 или оборудовании подстанции, обнаружении каких-либо неисправностей, работа на должна быть немедленно прекращена.

При возгорании на подстанции дежурный электромонтер, а в его отсутствие любое лицо из числа электротехнического персонала обязан сообщить руководству и диспетчеру, находящемуся на смене о сложившейся ситуации, при необходимости вызвать по телефону 01 пожарное подразделение и аварийно-восстановительную бригаду.

При вызове пожарного подразделения чётко сообщить:

- адрес места установки КТП-177 где возник пожар;
- наименование объекта;
- по возможности уточнить что горит: электрооборудование, масло, здание, кровля, двери.

В зависимости от размеров произошедшей аварии дежурный персонал по своим возможностям должен отключить: оборудование, находящееся в зоне действия пожара, а также соседние присоединения, при необходимости секции РУ-10кВ или РУ-0,4кВ, полностью трансформаторная подстанция, вводная линия.

Все операции по отключению и заземлению электрооборудования должны производятся при строгом соблюдении правил ТБ, без предварительного получения разрешения диспетчера, но с последующим его уведомлением.

Руководить ликвидацией аварии должен старший оперативный персонал, присутствующий на смене. Прибывшая аварийно-спасательная команда принимает на себя дальнейшие действия по ликвидации аварии и ее последствий, ее должен возглавлять командир аварийно-спасательной команды.

При небольших и локальных неисправностях дежурный оперативный персонал должен отключить поврежденный участок цепи, если он не отключился релейной защитой, приступить к тушению пожара подручными средствами пожаротушения, проветрить помещение с помощью вентиляции, сообщить диспетчеру и непосредственному руководству о произошедшей аварии и повреждениях оборудования к которым привела авария. Вызывать аварийно-спасательную бригаду в таких случаях необязательно.

По возможности при возникновении пожара на КТП-177 дежурный электромонтер должен принять меры по предупреждению распространения огня и

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

дыма, незамедлительно должна быть полностью отключена вытяжная и приточная вентиляция.

Наряд-допуск на производство работ, связанных с пожаром, возгоранием, ликвидации аварийной ситуации грозящей разрушению электрооборудования или самого КТП-177 – не оформляется.

После ликвидации аварийной ситуации на КТП-177 дежурный обязан записать в оперативном журнале о всех оперативных переключениях, которые он выполнил в процессе ликвидации аварии, нанесённых повреждениях электрооборудованию, по возможности, о причинах возникновения аварии, и действиях персонала с указанием времени каждого действия.

При возникновении несчастного случая с человеком, его следует по возможности вывести из опасной зоны, оказать доврачебную помощь, доложить об этом руководству или администрации. Вызвать скорую медицинскую помощь.

Не нарушать место и обстановку, при которой произошел несчастный случай для проведения расследования специально организованной комиссией.

Локализация аварий, сопровождаемых разливом трансформаторного масла, может производиться в ручную или с применением средств механизации, назначенных дорожными и инженерно-техническими подразделениями.

Личный состав по предотвращению и ликвидации аварий формируется, из персонала, работающего на этом оборудовании, он помимо знания правил и мер безопасности должен уметь оказывать первую помощь пострадавшим от поражения электрическим током.

#### Выводы по разделу семь

1. Проведен анализ вредных и производственных факторов, влияющих на электромонтера ОВБ при работах в электроустановке.

2. Разработаны мероприятия по обеспечению безопасного выполнения работ на оборудовании КТП-177, разработаны мероприятия организации рабочего места во время производства работ в КТП.

3. Киосковые трансформаторные подстанции не представляют угрозы для животного и окружающего мира.

4. КТП-177 относится к категории В2 по пожарной безопасности, не имеет обслуживающего персонала поэтому установка автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения не требуется.

5. Рассмотрены способы локализации аварий на оборудовании КТП при угрозе возникновения пожара и аварийных ситуаций.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе произведена реконструкция трансформаторной подстанции КТП-177 напряжением 6/0,4 кВ на трансформаторную подстанцию 10/0,4кВ.

Произвели замену в РУ-10кВ вместо установленных выкатных ячеек КСО386 6кВ устанавливаются цифровые КРУ-10кВ серии «Волга, с вакуумными выключателями, на выкатном элементе, с заземлителем, для защиты оборудования устанавливается микропроцессорный блок релейной защиты и автоматики, система многоканального бесконтактного температурного контроля и индикатор высокого напряжения.

В РУ-0,4кВ вместо ЩО-01 устанавливаются панели распределительного щита серии ЩО-05 укомплектованные автоматическими выключателями с электромагнитным приводом, коммутационной и защитной аппаратурой с тремя трансформаторами тока, тремя амперметрами и одним вольтметром.

Все процессы информационного обмена между элементами подстанции, а также управление работой подстанции осуществляются в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850.

Расчитаны токи короткого замыкания для аварийных и рабочих режимов работы оборудования и выбраны для защиты оборудования РУ-10кВ от токов короткого замыкания трансформаторы тока ТЛК-10 У3 и трансформаторы напряжения ЗНОЛ – СЭЩ – 10 У3. Выбранно электрооборудование для РУ-10кВ:

- вакуумный выключатель ВВ/TEL – 10;
- разъединителя РВ – 10 / 400 У3;
- для ввода в РУ – 10 кВ кабель марки АСБ-95;
- для секции шин 10 кВ сборная шина из алюминия размером 40×35;
- масляный трансформатор ТМ-630-10/0,4кВ.

Разработана структурная и функциональная схема КТП-177 состоящая из двух уровней: первый уровень КТП, второй уровень АСДУ. Выбранно электрооборудование телемеханики: контроллер TSP-200, блок питания, коммутаторы и маршрутизаторы производства «МОХА», GSM модемы и роутеры производства «Радиофид», конверторы интерфейсов производства «ICP DAS», блоки релейной защиты SEPAM, счётчик электрической энергии из серии Меркурий.

Экономический эффект от реконструкции КТП-177 заключается в:

- первичном анализе действий цифровых защит и изменение уставок цифровых защит в режиме реального времени без необходимости выезда на подстанцию оперативного персонала;
- сокращении времени поиска и устранения неисправностей в среднем с 35 часов до 29 часов;
- увеличении производительности труда на 10,5 %;
- снижении себестоимости ремонта на 2,4 %.

Экономический эффект от реконструкции подстанции и внедрения системы

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58



АСУ КТП может быть лишь косвенным, так как внедренные средства автоматизации это не прямой источник дохода, а вспомогательный, так как является средством организации получения прибыли, и помогает минимизировать затраты на устранение аварийных ситуаций.

Капитальные затрат на создание АСУ КТП составили 7 350 000 рублей.

Срок окупаемости реконструкции КТП-177 будет равен 2,1 года, следовательно, реконструкция КТП будет эффективна.

В разделе безопасность жизнедеятельности проведен анализ вредных и производственных факторов, влияющих на электромонтера ОВБ при работах в электроустановке. Разработаны мероприятия по обеспечению безопасного выполнения работ на оборудовании и разработаны мероприятия организации рабочего места во время производства работ на КТП. Рассмотрены способы локализации аварий на оборудовании КТП при угрозе возникновения пожара и чрезвычайных ситуациях.

КТП-177 относится к категории В2 по пожарной безопасности, не имеет обслуживающего персонала поэтому установка автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения не требуется.

Выявлено что киосковые трансформаторные подстанции не представляют угрозы для животного и окружающего мира.

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Трансформаторные подстанции (КТП). Проектирование, производство, монтаж КТП, КРУ, КСО. Компания полного цикла - <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/859-avtomatizacija-transformatornykh.htm>.

2 Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. Пособие для вузов / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.

3 Правила устройства электроустановок. – 6-ое издание, перераб. и доп.: утверждено Министерством энергетики РФ. Приказ от 8 июля 2002 г. №204.

4 МЭК-61850 — Стандарт «Коммуникационные сети и системы подстанций»

5 Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб. - метод. пособие для практических занятий и курсового проектирования / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2007.

6 Неклепаев, Б.Н. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 153-34.0-20.527-98 / под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2006.

7 Григорьев, В.И. Справочник энергетика: учебник / В.И. Григорьев. – М.: Колос, 2006.

8 Крючков, И.П. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования / под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Энергоатомиздат, 2005.

9 Выключатели вакуумные серии ВВ/TEL. Руководство по эксплуатации ИТЕА674152.003РЭ. – Предприятие Таврида Электрик, 2002.

10 Блок управления ВU/TEL – 220 – 05А для вакуумных выключателей ВВ/TEL. Руководство по эксплуатации ИТЕА 468332.021РЭ – Предприятие Таврида Электрик, 2002

11 ПОТРМ-016-2001—Межотраслевые правила по охране труда. Правила безопасности при эксплуатации электроустановок с изменениями и дополнениями.

12 Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 N 390

13 Перечень мероприятий по оказанию первой помощи и Перечень состояний, при которых оказывается первая помощь, утверждены приказом Минздравоохранения России от 04.05.2012 N 477н.

14 Перечень мероприятий по оказанию первой помощи и Перечень состояний, при которых оказывается первая помощь, утверждены приказом Минздравоохранения России от 04.05.2012 N 477н.

15 КРУ серии «Волга» 10, 20, 35 кВ - <http://www.elteh.ru/products/10/49/>

16 Система диспетчеризации «Элтехника-ПУ» - <http://www.elteh.ru/products/8/46/>

					13.03.02.2021.325.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60