

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Система электроснабжения электродвигателей насосов осушения здания  
Жигулевской ГЭС в чрезвычайных ситуациях

Студент

Д.А. Чекалин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д.т.н, профессор, А. А. Романов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

## Аннотация

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является оптимизация основной схемы собственных нужд Жигулевской ГЭС на базе новых современных решений. Потребность определена новыми техническими требованиями, утвержденными российской энергетической компанией ОАО «РусГидро».

Был проведен анализ электрических нагрузок гидростанции, нагрузку общестанционных силовых трансформаторов собственных нужд с уточнением необходимости регулирования их по нагрузке. Замена основного оборудования была выполнена ранее, поэтому в данной работе было обращено внимание на замену кабельной продукции. В связи с обновлением средств релейной защиты и автоматики на основном оборудовании, были рассмотрены вопросы перевода основных защит трансформаторов собственных нужд ГЭС на микропроцессорную технику.

Бакалаврская работа состоит из: пояснительной записки 52 страниц, 14 рисунков, 1 таблица, 23 использованных источников, включая 9 иностранных источников и 5 листов формата А1 графической части.

## Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика функционирования ГЭС при чрезвычайных ситуациях.....	6
2 Оборудование электроснабжения.....	7
2.1 Система контроля и защиты резервных насосов.....	7
2.2 Компоненты системы контроля и защиты резервных насосов.....	10
2.3 Режим функционирования СКЗ РН.....	10
2.4 Потребительские характеристики системы.....	12
2.5 Размещение оборудования СКЗ РН.....	12
2.6 Резервные насосы НОП – 8 и НОП – 9.....	15
3 Расчет потери напряжения и питающихся кабельных линий по допустимому значению тока.....	23
3.1 Исходные данные.....	23
3.2 Длительный ток питания ЮП.....	23
3.3 Защита кабельных насосных линий и электрооборудования .....	25
3.4 Сечение проводов и кабелей.....	25
3.5 Сечение питающего кабеля и задвижек НОП.....	28
4 Система электроснабжения.....	35
4.1 Южная насосная станция.....	35
4.2 Северная насосная станция.....	39
4.3 ДГУ 10 кВ.....	42
5 Расчет токов короткого замыкания для кабелей 10 кВ.....	45
Заключение.....	49
Список используемой литературы и используемых источников.....	50

## Введение

Главная проблема современной промышленной энергетики – это использование рационального построения системы электроснабжения, которые выполняют все основные принципы. Связано это со значительным увеличением потребления электрической энергии и широким внедрением электротехнологических процессов.

Гидроэлектростанция (ГЭС) представляет собой сложный комплекс, который состоит из разных сооружений и специального оборудования.

Строительство ГЭС осуществляется на реках, так как нужен постоянный приток воды, чтобы наполнить водохранилища и платины. Такие сооружения, которые строятся при постройке ГЭС, они концентрируют постоянный поток воды, с помощью оборудования для ГЭС преобразуют в электроэнергию.

Для эффективной работы ГЭС необходимы два условия:

- высокий уклон реки;
- круглогодичная гарантированная обеспеченность водой.

Преимуществом ГЭС является:

- возобновляемость ресурсов;
- утилизация отходов (ресурсы не являются радиоактивными и не обладают ядерным потенциалом);
- сокращение выброса углерода в атмосферу;
- дешевый вид производства электроэнергии.

Недостатком ГЭС является:

- сложный процесс строительство дамбы;
- заиливание стоков;
- образование парниковых газов.

Уделяется большое внимание поиску путей повышения эффективности работы электроснабжения электродвигателей насосов осушения здания Жигулевской ГЭС.

Эффективность работы электродвигателей насосов осушения здания в значительной степени определяется:

- исправной работой в течении определенного времени;
- минимальными потерями электрической энергии;
- издержками на ремонт.

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект по замене кабельной продукции, а также рассмотрены вопросы перевода основных защит трансформаторов собственных нужд ГЭС на микропроцессорную технику.

Была произведена оценка воздействия реализуемых проектных решений на земляные ресурсы, атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, вопросы образования отходов и порядок обращения с ними. А также разработаны природоохранные мероприятия.

## **1 Краткая характеристика функционирования ГЭС при чрезвычайных ситуациях**

В соответствие с заданием руководителя разработки проектируемой системы – система управления контроля и защиты электродвигателей резервных насосов Grundfos S1 и KSB Amarex KRTK 350 – 636/Z500 6 UHG – к. Система входит в состав проекта по повышению устойчивости функционирования гидроэлектростанции (ГЭС) при чрезвычайных ситуациях.

Основанием для выполнения работ являются задание руководителя на разработку документации «Система управления контроля и защиты электродвигателей резервных насосов в составе «Проекта повышения устойчивости функционирования ГЭС при чрезвычайных ситуациях».

Целью создания системы является:

- в условиях аварийного подтопления будет производиться обеспечение работоспособности насосных откачки потерны здания ГЭС, а также его оборудования;
- устранить недостатки технологического нарушения на Жигулевской ГЭС.

Будет выполнена разработка проектных решений по выбору оборудования релейной защиты и автоматики (РЗА), организации управления, контроля и защиты электродвигателей резервных насосов, насосов откачки потерны, включая:

- информационные и функциональные модели деятельности;
- выбор производителей технических средств;

Вывод: в двух станциях ЮП (южная потерна) и СП (северная потерна) устанавливаются 7 насосов для откачки дренажной воды.

## 2 Оборудование электроснабжения

### 2.1 Система контроля и защиты резервных насосов

Система контроля и защиты резервных насосов нужна для контроля, защиты и управления электродвигателями насосов, а также для электрооборудования, которые были перечислены выше.

Системы контроля и защиты резервных насосов состоит из следующего оборудования:

- НОП – 8 и НОП – 9 фирма KSB Amarex KRTK 350-636/Z5006 UHG-k;
- *H1* и *H2* фирма Grundfos S1;
- задвижки ОМП.

Схема электрическая принципиальная управления резервным погружным насосом Н1 показана на рисунке 1.

Измерительный преобразователь, контроллер шкафа управления Н1, Н2 и выходное реле защиты насосов нужны, чтоб определить состояние электротехнического оборудования.

Система контроля защиты резервных насосов является самостоятельной системой. От ее работы не зависит локальная система контроля и управления насосной откачки потерны (ЛСК НОП).

Схема электрическая принципиальная управления резервным погружным насосом Н2 показана на рисунке 2.

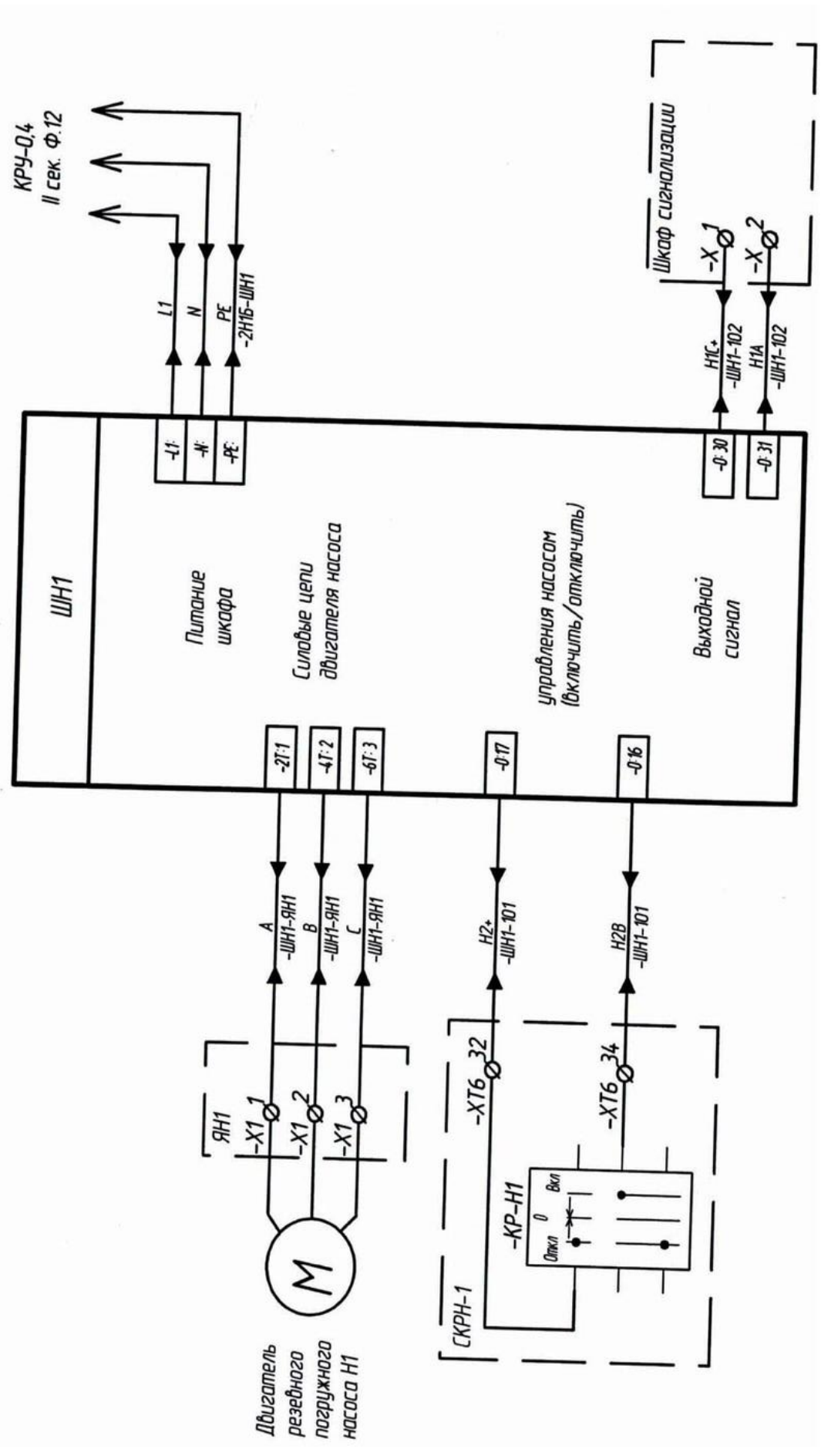


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная управления резервным погружным насосом Н1



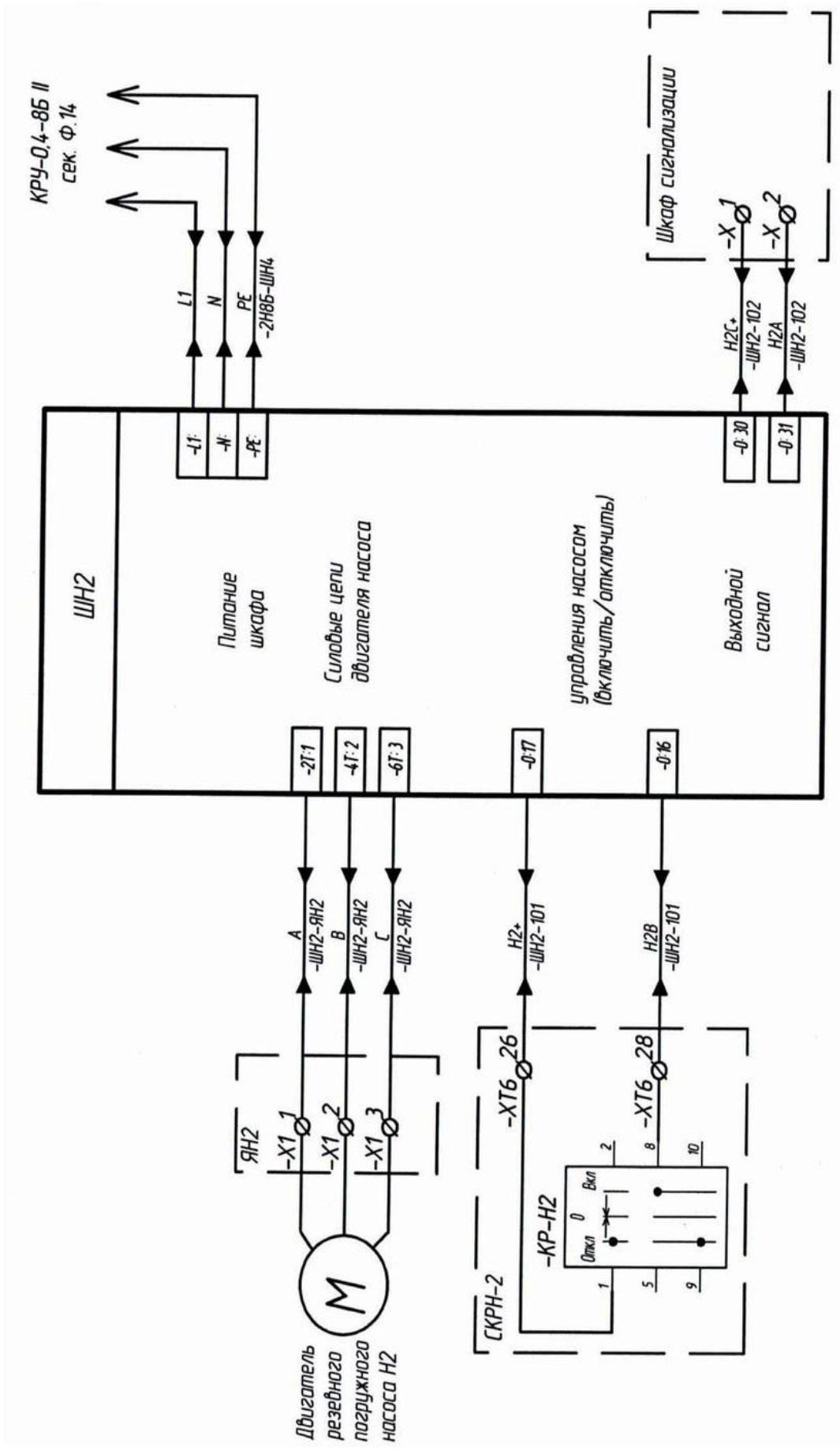


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная управления резервным погружным насосом H2

В шкафы ЛСКУ НОП устанавливаются дополнительно щитовые приборы, автоматические выключатели, светосигнальные арматуры и другое оборудование для создания СКЗ РН.

В ручном режиме управление техническим оборудованием производится с помощью:

- задвижек НОП;
- резервных погружных насосов;
- задвижек  $H1, H2$ ;
- табло сигнализации в шкафах СКРН;
- задвижек ОМП.

## **2.2 Компоненты системы контроля защиты резервных насосов**

Система контроля защиты резервных насосов Жигулевской ГЭС представляет структуру развития сбора информации, а также управление по команде оперативного персонала.

Щитовые приборы, шкафы управления задвижками, кнопки аварийного останова насосов в шкафах СКРН являются компонентами СКЗ РН.

Структурная схема комплекса технических средств представлена на рисунке 3.

## **2.3 Режимы функционирования СКЗ РН**

Режим функционирования бывает предварительно утвержденное ТО по регламенту и штатный режим эксплуатации.

Все функции выполняются в штатном режиме. К нарушению обслуживания системы функционирования не приводят профилактические и регламентные работы.

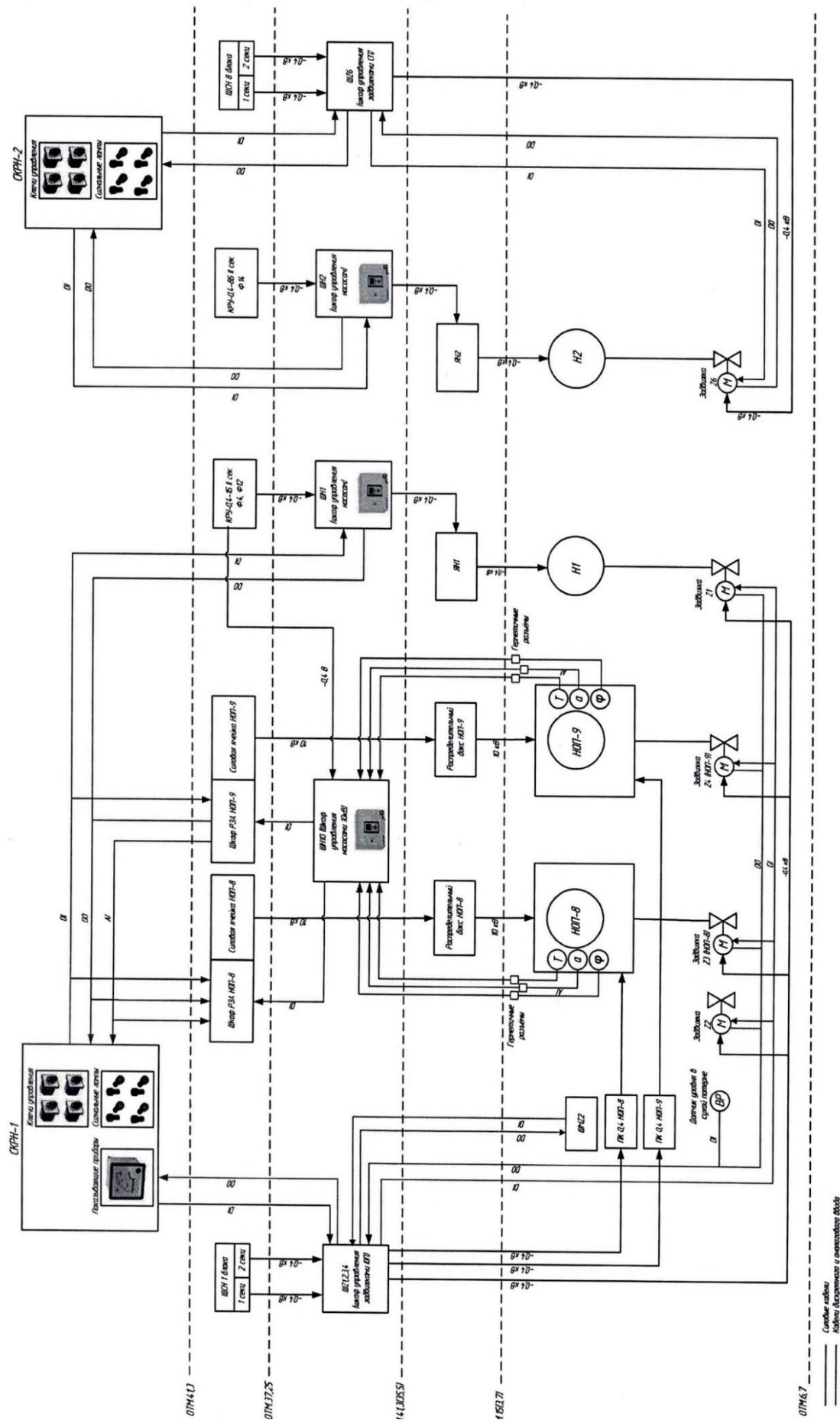


Рисунок 3 – Структурная схема комплекса технических средств

Система контроля защиты резервных насосов выполняет всю работу в штатном режиме. А также по обслуживанию системы не приводит к нарушению его функционирования.

В шкафах СКРН расположены местные ключи управления, которые управляют оборудованием системы в ручном режиме.

По должностной инструкции управление системой назначается работник из оперативного персонала. В результате, принимаются меры защиты от постороннего доступа.

## **2.4 Потребительские характеристики системы**

В СКЗ РН должны обеспечиваться основные требования к функциональным характеристикам:

- 1) Щитовые приборы, лампы сигнализации положения насосов и задвижки расположены на шкафах системы координации режимов насосов, которые показывают оперативную информацию;

Индикация состояния задвижек, насосов и аварийное состояние насосов являются функциями отображения информации.

- 2) управление исполнительными механизмами – это оборудование, которое используется для откачки воды из сухой и мокрой потерны.

Следовательно, резервные погружные насосы, НОП, задвижки НОП, задвижка ОМП – оборудования, которые управляются в ручном режиме.

В ходе выполнения проектных работ был принят ряд решений, позволяющих достичь заданных потребительских качеств системы. Схема кабельных связей представлена на рисунке 4.

## **2.5 Размещение оборудования СКЗ РН**

Компоненты, которые входят в состав СКЗ РН и выполняют требования ТЗ:

- контактный блок, а также совокупность других измерительных преобразователей;
- Реле открытия и закрытия задвижек насосов устанавливаются в шкафах управления задвижками Северная потерна (СП) и Южная потерна (ЮП);
- Состав шкафа СКРН состоит из следующего оборудования:
  - 1) управление насосами и задвижками с помощью ключей;
  - аварийное состояние НОП;
  - светосигнальная арматура состояния насосов;
  - в состав комплектного распределительного устройства (КРУ) входят следующие оборудования:
    - 1) ИП для двигателей насосов *E854/2 – M1*;
    - 2) Для двигателей насосов *SPAC – 810* используют терминал защиты ячеек (КРУ-10 кВ).

В таблице 1 приведено размещение комплекса технических средств СКЗ РН.

Таблица 1 – Размещение оборудования СКЗ РН

Наименование оборудования	Размещение
Измерительные преобразователи переменного тока <i>E854/2 – ЭС</i>	Помещения КРУ 10 кВ
Терминалы защит ячеек КРУ 10 кВ двигателей насосов <i>SPAC 810</i>	Помещения КРУ 10 кВ
Шкафы диагностики НОП – 8, НОП – 9, Н1	Южная насосная, отм. 6.7
Шкафы диагностики Н2	Северная насосная, отм. 6.7
Шкаф СКРН – 1	Машинный зал, отм. 41.3, АЩУ ГА6
Шкаф СКРН – 2	Машинный зал, отм. 41.3, АЩУ ГА14
Шкаф местного управления задвижкой ОМП (ШМЗ2)	Южная насосная, отм. 6.7
Шкаф управления задвижками ЮП и АВР	Отм. 35
Шкаф управления задвижками СП и АВР	Отм. 35

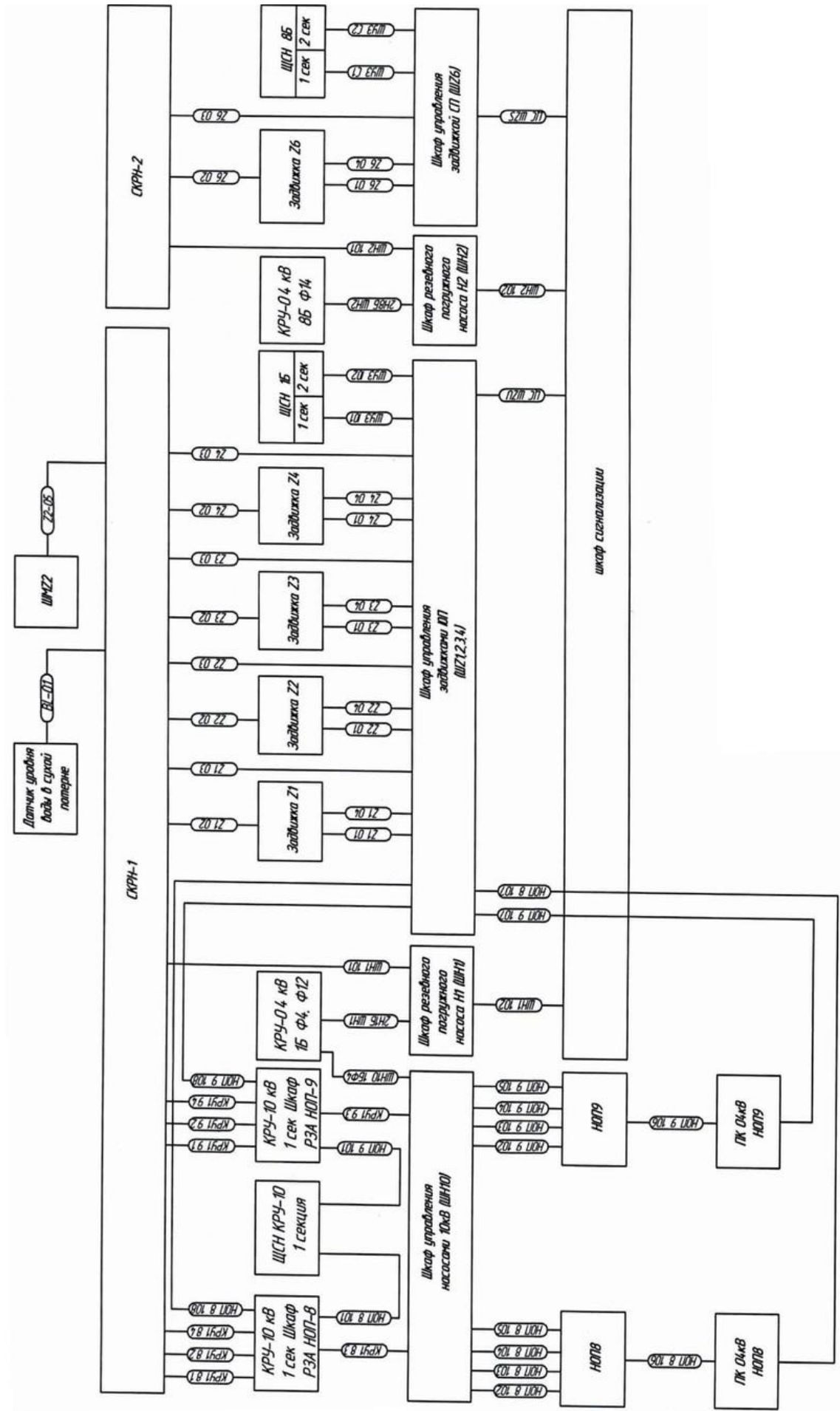


Рисунок 4 – Схема кабельных связей

## 2.6 Резервные насосы НОП – 8 и НОП – 9

Жигулевская гидроэлектростанция питает насосы 10 кВ НОП – 8 и НОП – 9 от первой и второй секций КРУ- 10 кВ.

В шкафы релейной защиты и автоматики (РЗА) ячеек 43, 45 КРУ-10 кВ устанавливаются микропроцессорные терминалы Spac-810-Д для защиты выключателей и управления.

Схема электрическая принципиальная управления, контроля и защиты НОП – 9 представлена на рисунке 9. Оперативные цепи управления, автоматики и защиты НОП – 9 представлены на рисунках 10 – 11.

Цепи сигнализации НОП – 8, НОП – 9 представлены на рисунке 5. Схема электрическая принципиальная управления, контроля и защиты НОП – 8 представлена на рисунке 6. Оперативные цепи управления, автоматики и защиты НОП – 8 представлены на рисунках 7 – 8.

Вывод: СКЗ РН является главной составляющей ГЭС. Система контроля и защиты резервных насосов обеспечивает контроль, защиту и управление электродвигателями насосов и электроприводами вышеперечисленного оборудования в пункте 2.1.

Шкафы сигнализации	Рка
	Световая сигнализация полевые выключатели
Линка "Мокрое отключение"	Отка
Абразное отключение выключатели	
Предупредительная сигнализация	
Сигнал неисправность SPAC	
От 303	
Алгоритм отключен	

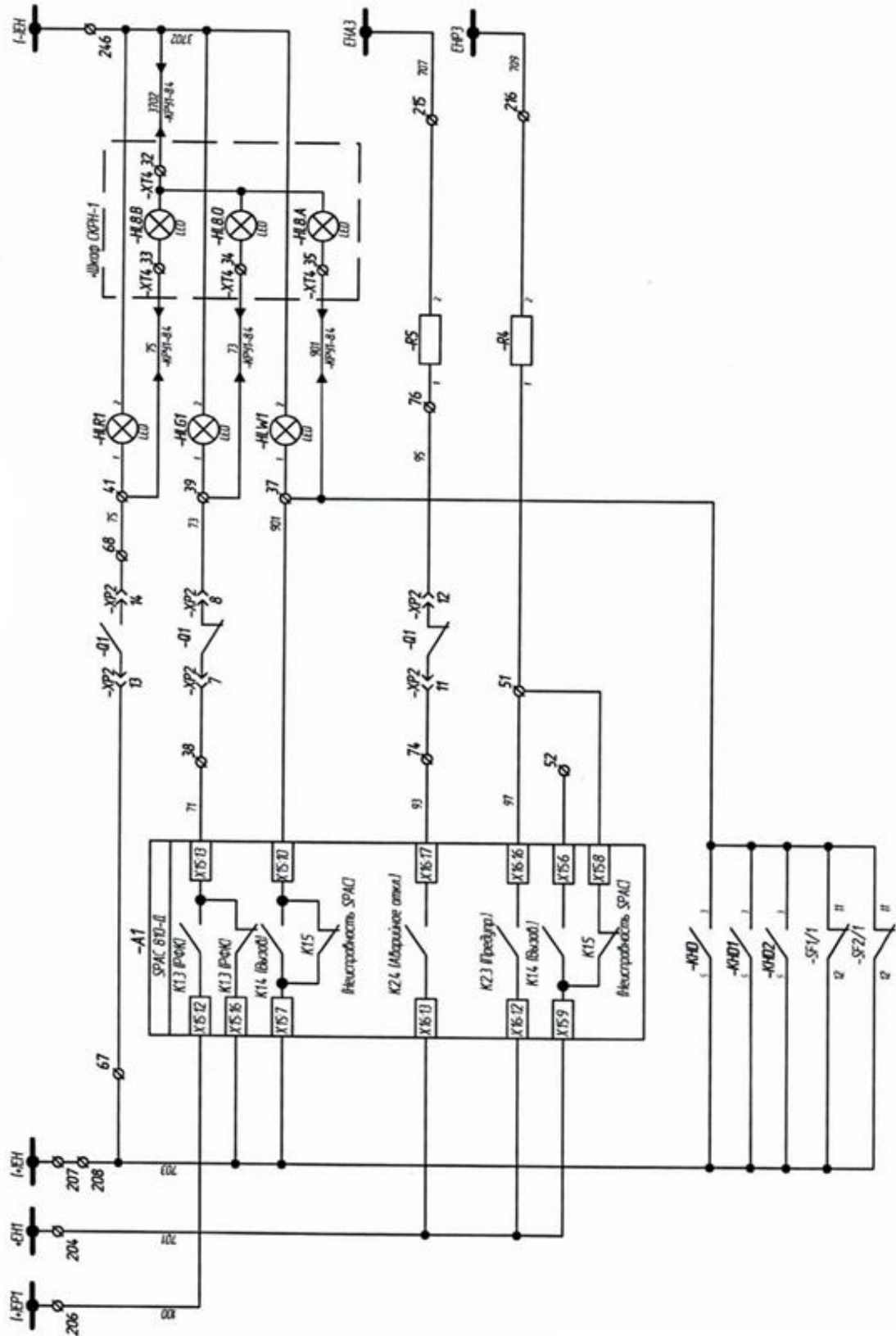
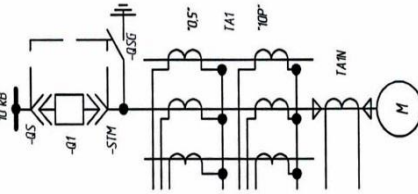


Рисунок 5 – Цели сигнализации НОП – 8, НОП – 9

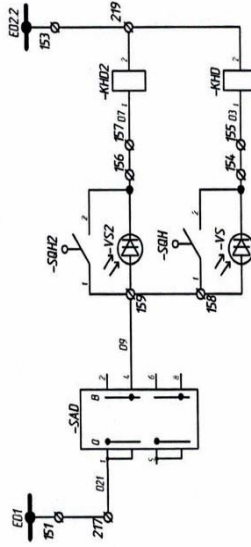


Шины ЮДВ
Выключатель ЮДВ
Заземляющий нож
Измерения
Защита ЗУС
Защита от замыкания на землю
НОП-8
Шинки ЗИЗ
Датчики ДЗ в отсеке выключателя
Датчики ДЗ в отсеке сборных шин

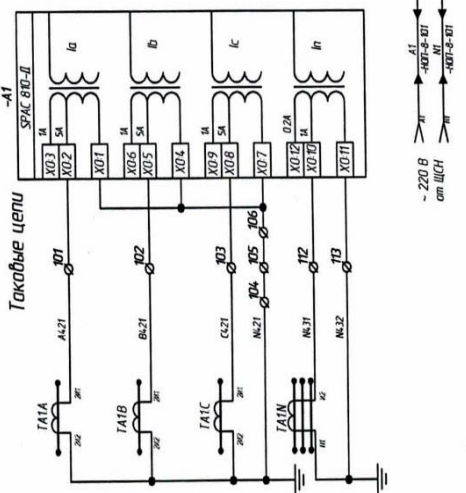
Поясняющая схема



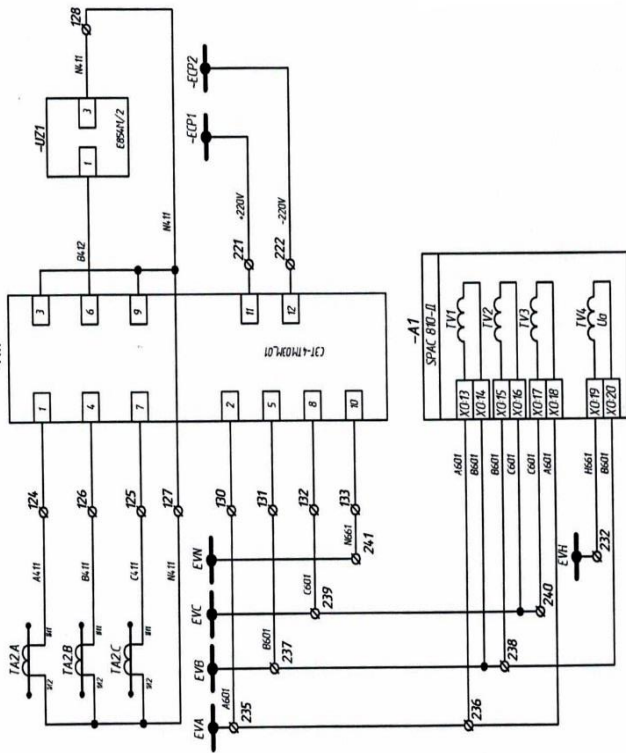
Защита от дуговых замыканий



Тактовые цепи

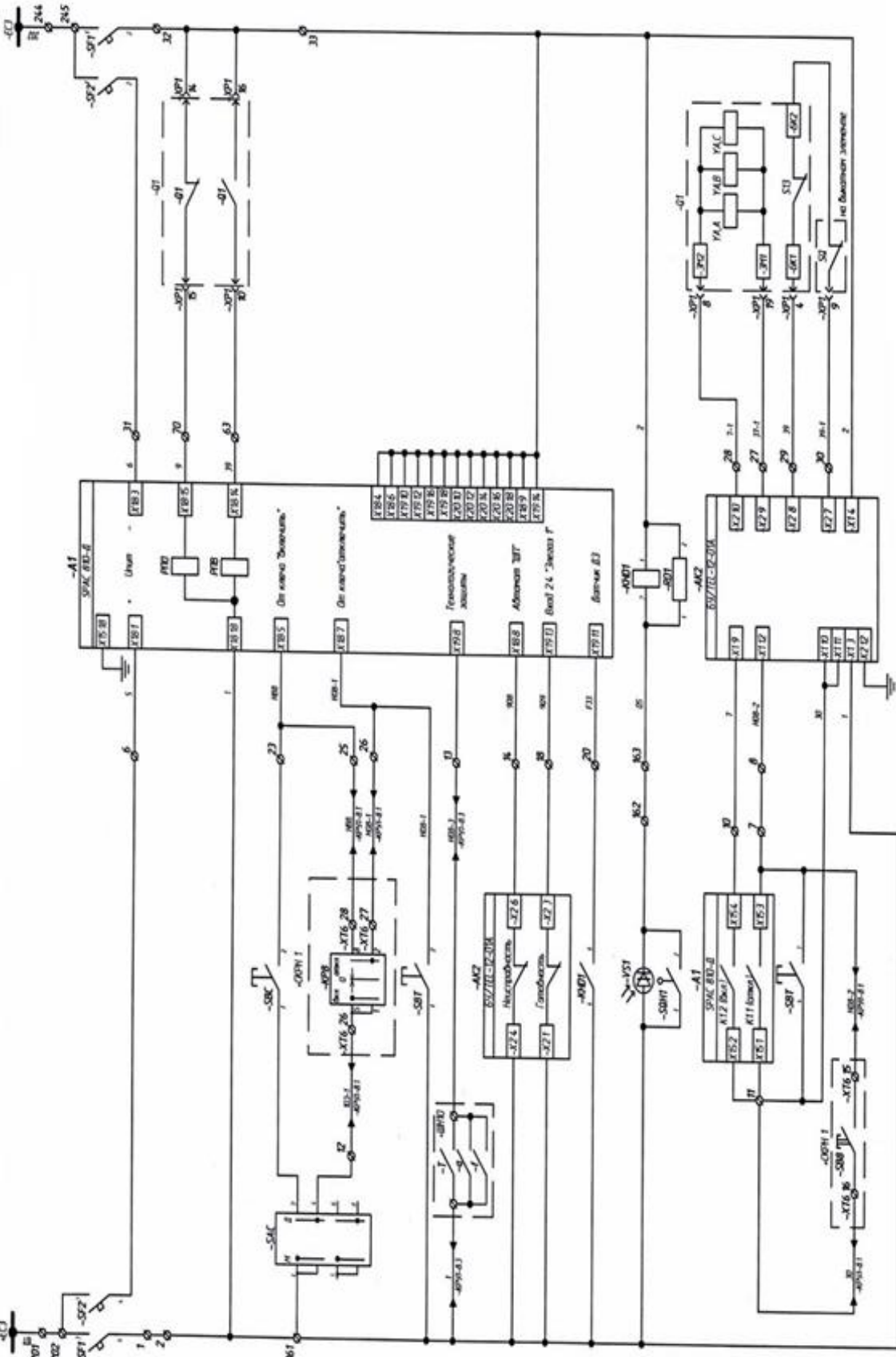


-PK1



трансформатора тока
фаза А
фаза В
фаза С
Трансформаторы тока дуги
последовательности
Питание преобразователей переменного тока
Тактовые цепи счетчика импульсов и реле времени и магистраль преобразователя переменного тока
Цели напряжения счетчика
Цели напряжения SPAC 800-Д

Рисунок 6 – Схема электрическая принципиальная управления, контроля и защиты НОП – 8



Шкафы управления	Автоматы (цепи питания и управления)	Питание (распределитель SPAC)	Ручное положение выключателя "Выключено"	Ручное положение выключателя "Полностью"	Кнопки "Выключить"	Управление от шараф СОПН	Кнопка "Закончить"	Неисправность БУ/ТЛ (кнопка жезел)	Работой не занят - кнопка жезел	ЭБЗ в отсечке 0000-0000	Цепь блокировки выключателя	Цепь сигнализации выключателя	Цепь готовности выключателя	Питание БУ/ТЛ
------------------	--------------------------------------	-------------------------------	--	--	--------------------	--------------------------	--------------------	------------------------------------	---------------------------------	-------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-----------------------------	---------------

Рисунок 7 – Оперативные цепи управления, автоматики и защиты НОП – 8

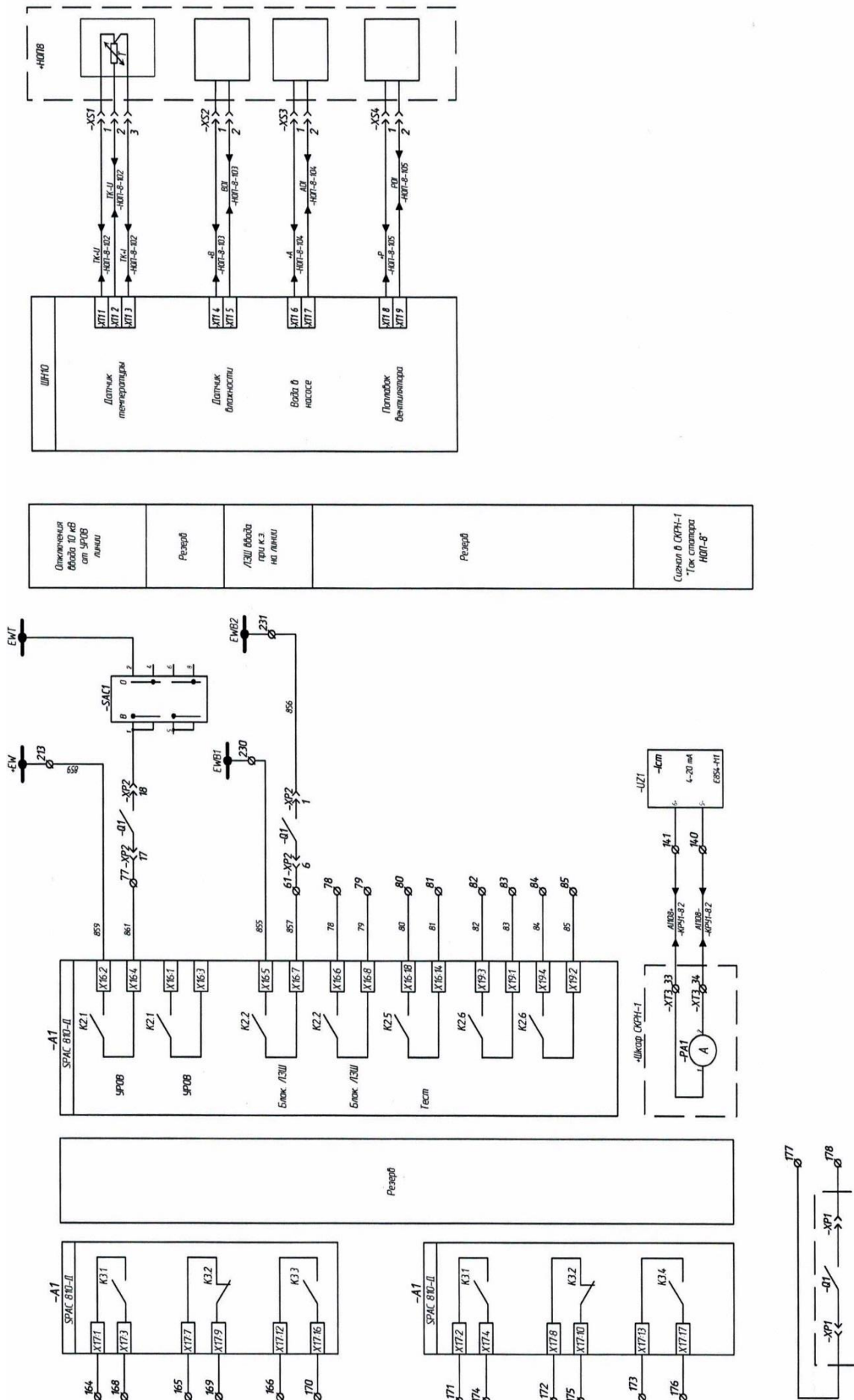
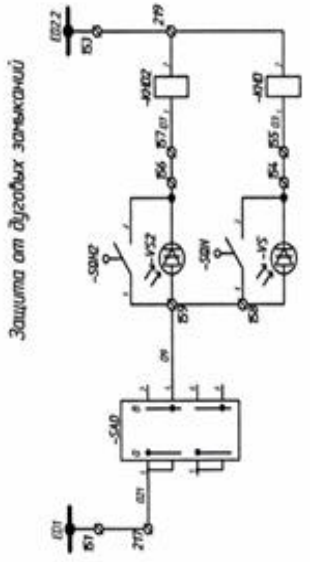
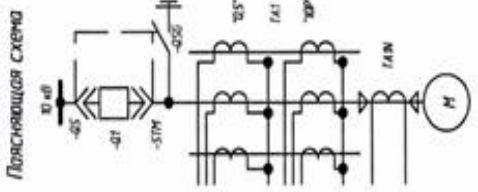
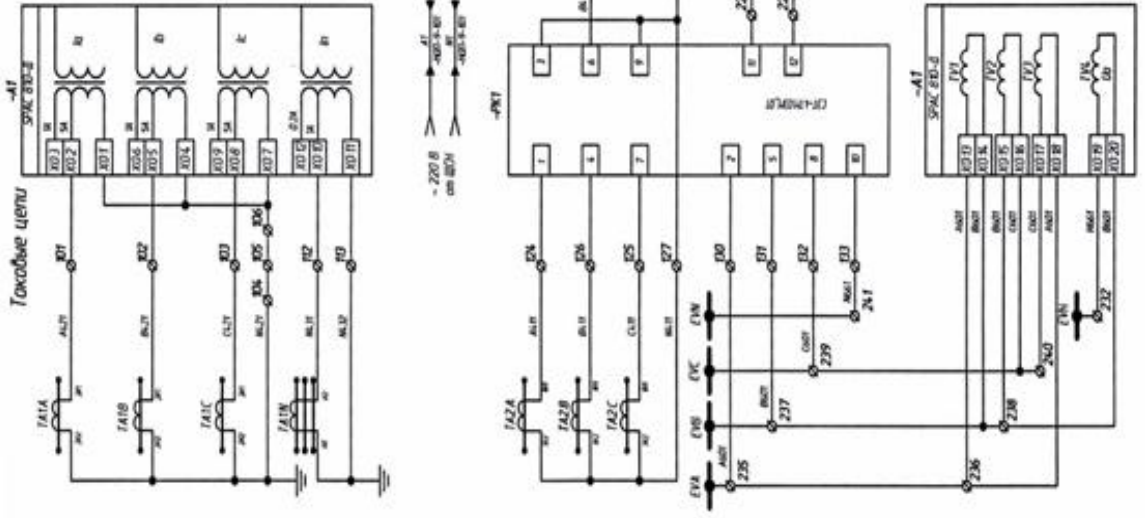


Рисунок 8 – Оперативные цепи управления, автоматики и защиты НОП – 8

ГОЭИЭС Электроснабжение Ленинградского района	4 000В	0 000В	2 000В
	Трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ		
	Линия электропередачи 10/0,4 кВ		
Линия электропередачи 10/0,4 кВ			
Линия электропередачи 10/0,4 кВ			
Линия электропередачи 10/0,4 кВ			
Линия электропередачи 10/0,4 кВ			



Шины 0,4В	Выключатель 0,4В	Защитный маг	Измерения	Защита 0,4В	Защита от замыканий на землю	НОП-9	Шкафы 0,4В	Датчики ДЗ в системе выключения	Датчики ДЗ в системе сбора информации
-----------	------------------	--------------	-----------	-------------	------------------------------	-------	------------	---------------------------------	---------------------------------------

Рисунок 9 – Схема электрическая принципиальная управления, контроля и защиты НОП – 9

Шины управления	Автоматы отключения питания и управления	Линейка управления SPAC	Реле положения выключателя "Выключено"	Реле положения выключателя "Включено"	Автомат "Включить"	Управление от автоабс (OPN)	Кнопка "Включить"	Индикация BS/TEL (кноп. звонка)	(Работает не только - кнопка звонка)	302 в отделе автоабс	Цель выключен выключатель	Цель отключен выключатель	Цель заблокирован выключатель	Линейка BS/TEL (кноп. отключение от сигнала OPN)
-----------------	--	-------------------------	--	---------------------------------------	--------------------	-----------------------------	-------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------	---------------------------	-------------------------------	--

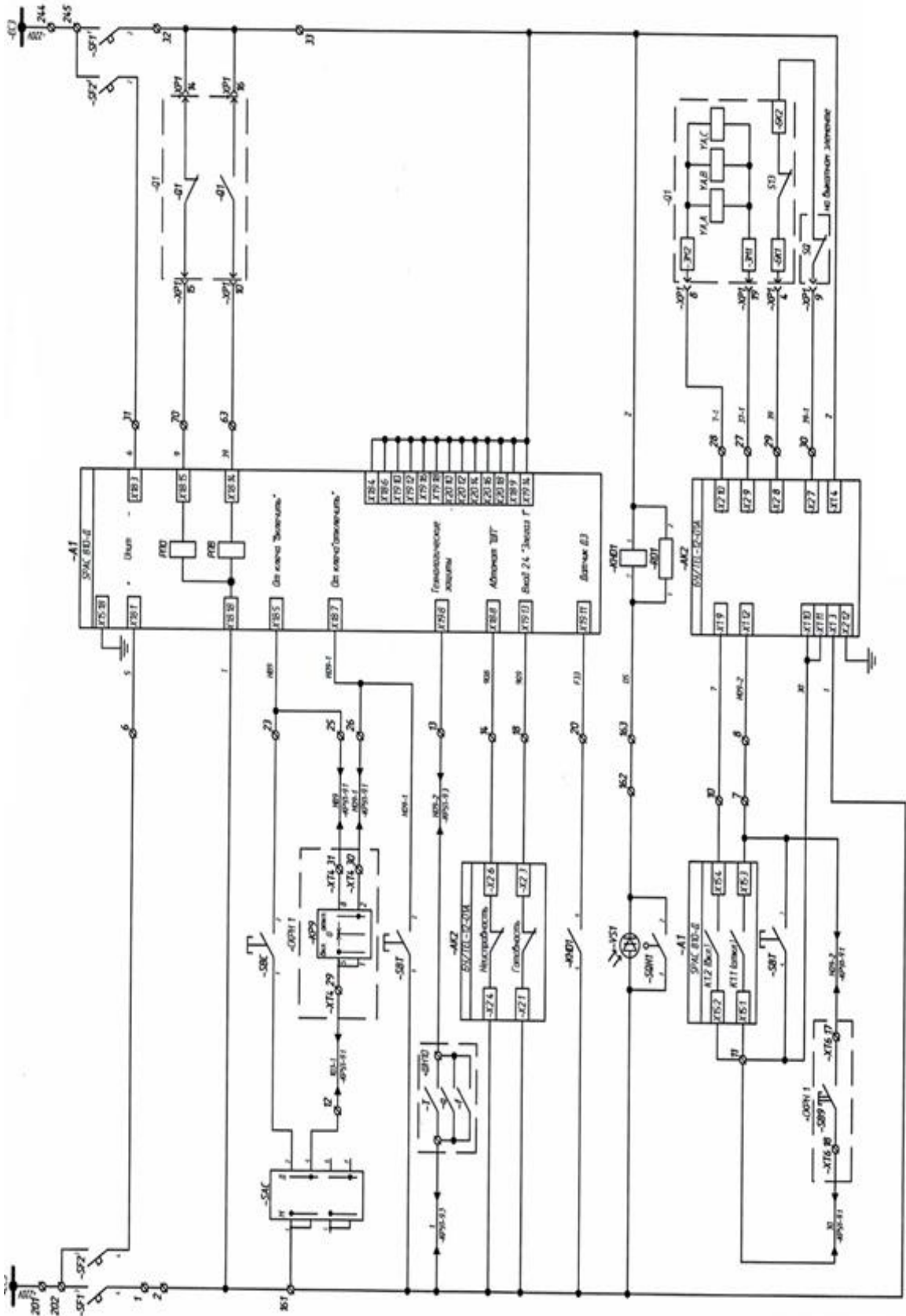


Рисунок 10 – Оперативные цепи управления, автоматки и защиты НОП – 9



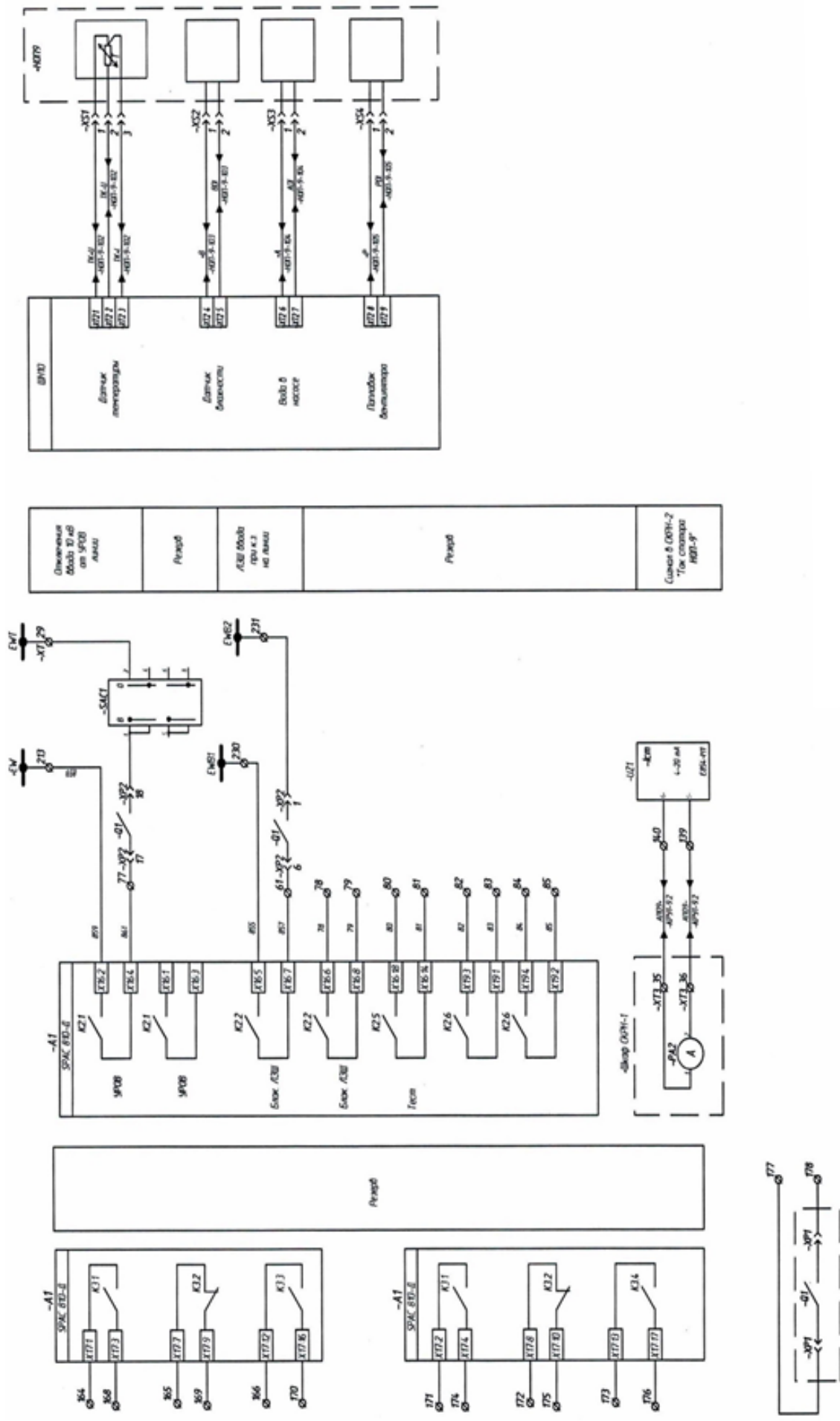


Рисунок 11 – Оперативные цепи управления, автоматики и защиты НОП – 9

### 3 Расчет потери напряжения и питающихся кабельных линий по допустимому значению тока

#### 3.1 Исходные данные

- номинальная мощность электродвигателей задвижек Shiebil для трубопроводов  $HOI - Pz = 9$  кВт;
- номинальная мощность трансформаторов  $CH - Pm = 630$  кВА;
- номинальная мощность электродвигателей вентиляторов  $HOI - Pv = 1,5$  кВт;
- номинальная мощность электродвигателей задвижек деаэрационных труб  $Pzdt = 1,5$  кВт;
- номинальная мощность электродвигателей задвижек Н1 ЮП (2 шт.), Н2 СП (2 шт.),  $OIII - Pn = 3$  кВт.

#### 3.2 Длительный ток питания ЮП

Определим по формуле 1 длительный ток питания южной потерны:

$$I_{\text{ШЕП}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{ШЕП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}} \cdot \cos \varphi} \cdot k_u, \quad (1)$$

где  $P_{\text{ШЕП}}$  – суммарная мощность подключенных потребителей;

$U_{\text{H}}$  – номинальное напряжение электроприемника;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности;

$k_u$  – коэффициент одновременной работы механизмов, равный 0,5.

$$I_{\text{ШЕП}} = \frac{1000 \cdot (9 \cdot 6 + 1,5 \cdot 8 + 3 \cdot 3)}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} \cdot 0,5 = 71,30 \text{ (A)}.$$

Электродвигатели задвижек НОП определяются по формуле

$$I_z = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \quad (2)$$

где  $P$  – номинальная мощность электроприемника;

$U_H$  – номинальное напряжение электроприемника;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности.

$$I_z = \frac{1000 \cdot 9}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} = 17,11 \text{ (A)}.$$

Для электродвигателей задвижек ДТ и вентиляторов НОП:

$$I_{zdt} = I_v = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \quad (3)$$

где  $P$  – номинальная мощность электроприемника;

$U_H$  – номинальное напряжение электроприемника;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности.

$$I_{zdt} = \frac{1000 \cdot 1,5}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} = 2,85 \text{ (A)}.$$

Для электродвигателей задвижек Z1, Z2, Z5:

$$I_{zdt} = I_v = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} \quad (4)$$

где  $P$  – номинальная мощность электроприемника;

$U_H$  – номинальное напряжение электроприемника;



$\cos\varphi$  – коэффициент мощности.

$$I_{zdt} = \frac{1000 \cdot 3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} = 5,70 (A).$$

### 3.3 Защита кабельных насосных линий и электрооборудования

Автоматические выключатели серии C120N Schenider Electric и C60N используют для защиты:

- электрооборудования;
- кабельных насосных линий.

Сначала рассчитывается длительность тока, при этом основная нагрузка приходится на электродвигатель. Расчеты имеют не значительный запас, поэтому принимаем по номинальному перечню автоматы Schenider Electric:

- автоматические выключатели ЩСН  $I_{асн}=125 A$ , кратностью токов отсечки  $I_{нв}=7\div 10$  (характеристика С, С120N);
- вводные автоматические выключатели шкафа ввода питания  $I_{аввн}=80 A$  ( характеристика С, С120N);
- автоматические выключатели задвижек НОП  $I_{аз}=25 A$  (С60N, характеристика С);
- автоматические выключатели задвижек ДТ, Z1, Z2, Z5 и вентилятор НОП  $I_{азdt}=I_{ав}=10 A$ .

### 3.4 Сечение проводов и кабелей

- по расчетным значениям тока линии выполняется выбор сечения проводника;

- кратковременные и длительные токи рассчитываются при запуске электродвигателя;
- с помощью расчетов тока линии выбирается максимальная токовая защита;
- защитные аппараты проверяются на дальние точки сети, на надежность при КЗ.

Определим для трехфазного электроприемника длительный ток:

$$I_{дл} = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi} \quad (5)$$

где  $P$  – номинальная мощность электроприемника;

$U_H$  – номинальное напряжение электроприемника;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности.

По допустимым токовым длительным нагрузкам можем определить сечение провода и кабеля до 1 кВ по условию нагрева. Данная таблица находится в правилах устройства электроустановок или можем использовать паспортные данные производителя.

Допустимый ток нагрузки на провод и кабель выбирается из отношения:

$$I_{ном.дл} \geq \frac{I_{дл}}{k_{п}}, \quad (6)$$

где  $I_{дл}$  – длительный расчетный ток линии, А;

$k_{п}$  – поправочный коэффициент.

По формуле 7 определяется поправочный коэффициент  $k_{пз}$  :

$$k_{пз} = \frac{0,875}{\sqrt{\frac{t_p}{t_{ц}}}}, \quad (7)$$

где  $t_p$  – длительность рабочего периода;

$t_{ц}$  – общая длительность цикла.

В данных расчетах не принимается поправка на кратковременный и повторно-кратковременный режим работы.

Если проводка требует внедрение несколько поправок, то поправочный коэффициент определяется следующим образом, перемножаются отдельные коэффициенты.

Сечение проводов и выбранные защитные аппараты должны во всех случаях удовлетворять следующему условию, то есть защитные аппараты должны надежно отключить КЗ, происшедшие в удаленных точках сети.

По формуле 8 определим ток однофазного короткого замыкания:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{z_T^{(1)}}{3} + z_{пт}}, \quad (8)$$

где  $U_\phi$  – фазное напряжение сети (230 В);

$\frac{z_T^{(1)}}{3}$  – сопротивление петли фаза-ноль трансформатора;

$z_{пт}$  – полное сопротивление петли фаза-ноль от трансформатора до точки короткого замыкания, определяемое по формуле:

$$z_{пт} = z_{пт.уд1} l_1 + z_{пт.уд2} l_2 + \dots + z_{пт.удn} l_{n+1} \text{ или } z_{пт} = z_1 + z_2 + \dots + z_n, \text{ Ом} \quad (9)$$

По справочным данным определяются для трансформаторов и проводников значение удельного сопротивления петли фаза-ноль.

При повреждении на зажимах удельного потребителя защищаемого участка сети, автоматический выключатель производит проверку чувствительности отсечки согласно наименьшему току однофазного короткого замыкания.

При повреждении коэффициент чувствительности должен иметь значение не менее:

$$k_q^{(1)} = \frac{I_K^{(1)}}{I_{c.o}} \geq 1,1 \cdot k_p = 1,27. \quad (10)$$

где  $I_K^{(1)}$  – токи при КЗ;

$k_p$  – коэффициент разброса Schenider Electric равен 1,15.

Сечение питающего кабеля рекомендуется увеличить, если автомат не проходит по чувствительности.

### 3.5 Сечение питающего кабеля и задвижек НОП

По таблице 1.3.3 и 1.3.12 правил устройств электроустановок принимаем значения  $K_{П1} = 0,85$  и  $K_{П2} = 1$  [10].

При условиях:

- температура воздуха (до + 40°C);
- прокладки кабеля.

По данным значениям можем определить сечение питающего кабеля.

Длительный расчетный ток нагрева определяются по формуле:

$$I_{НОМ.дл} \geq \frac{I_{дл}}{k_{П1} + k_{П2}}, \quad (11)$$

где  $I_{дл}$  – длительный ток трехфазного электроприемника;

$k_{П1, П2}$  – сечение питающего кабеля.

$$I_{\text{ном. дл}} = \frac{71,30}{0,85} = 83,88 \text{ (A)}.$$

По таблице 1.3.6 правил устройств электроустановок производим выбор сечения медного четырехжильного кабеля. Сечение кабеля, который проложен в воздухе равен  $25 \text{ мм}^2$ , его длительный ток в воздухе  $95 \text{ А}$  [10].

В этом случае ток однофазного металлического короткого замыкания на вводе шкафа ШВП при длине питающей линии  $70 \text{ м}$  и удельном сопротивлении медной кабельной линии сечением  $25 \text{ мм}^2 - 1,73 \text{ Ом/км}$ .

$$I_{\text{KM}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + z_{\text{пт.удли}}}, \quad (12)$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение сети ( $230 \text{ В}$ );

$\frac{z_T^{(1)}}{3}$  – сопротивление петли фаза-ноль трансформатора;

$Z_{\text{пт}}$  – складывается из сопротивлений петли фаза-ноль трансформатора, ВЛ  $0,4 \text{ кВ}$  и питающего кабеля.

$$I_{\text{KM}}^{(1)} = \frac{230}{0,002 + (1,73 \cdot 0,07)} = 1868,4 \text{ (A)}.$$

Определим коэффициент чувствительности автоматических выключателей ЩСН 1 по формуле:

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_k^{(1)}}{I_{\text{с.о}}}, \quad (13)$$

где  $I_k^{(1)}$  – токи при КЗ;

$$k_q^{(1)} = \frac{1868,4}{1250} = 1,49$$

Результаты выше удовлетворяют условиям.

Принимаем те же значения  $k_{п1} = 0,85$  и  $k_{п2} = 1$  определим сечение кабелей для питания задвижек НОП.

Длительный расчетный ток нагрева определяется по формуле:

$$I_{НОМ.дл} \geq \frac{I_{дл}}{k_{п1} + k_{п2}}, \quad (14)$$

где  $I_{дл}$  – длительный ток трехфазного электроприемника;

$k_{п1,п2}$  – сечение питающего кабеля.

$$I_{НОМ.дл} = \frac{17,11}{0,85} = 20,13 (А).$$

По таблице 1.3.6 правил устройств электроустановок производим выбор сечения медного четырехжильного кабеля. Сечение кабеля, который проложен в воздухе равен  $2,5 \text{ мм}^2$ , его длительный ток в воздухе 25 А [10].

Отсечка защиты автомата равна 250 А. Рекомендуется построить кабельную линию от:

- промклеммник напряжением 0,4 кВ на отметке 6700, длина 70 м, сечение  $10 \text{ мм}^2$  – до ШВП;
- электродвигатель, длина 10 м и сечение  $2,5 \text{ мм}^2$  – до ПК.

В таком случае ток однофазного металлического короткого замыкания в конце линии при удельных сопротивлениях медных кабельных линий сечением  $2,5 \text{ мм}^2$  – 17,37 Ом/км и сечением  $10 \text{ мм}^2$  – 4,34 Ом/км.

$$I_{KM}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + z_{ПТ.ВД1L1} + z_{ПТ.ВД2L2}}, \quad (15)$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение сети (230 В);

$\frac{z_T^{(1)}}{3}$  – сопротивление петли фаза-ноль трансформатора;

$Z_{ПТ1, ПТ2}$  – складывается из сопротивлений петли фаза-ноль трансформатора, ВЛ – 0,4 кВ и питающего кабеля до ШВП и кабеля до электродвигателя задвижки.

$$I_{KM}^{(1)} = \frac{230}{0,002 + (1,73 \cdot 0,07) + (17,37 \cdot 0,01)} = 382,8 \text{ (A)}.$$

Коэффициент чувствительности автоматических выключателей питания электродвигателей задвижек определяется по формуле:

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_k^{(1)}}{I_{c.o}}, \quad (16)$$

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{382,8}{250} = 1,53.$$

Результаты выше удовлетворяют условиям.

Основываясь на предыдущие расчеты для вентиляторов и кабелей питания задвижек ДТ, Z1, Z2, Z5, сечение медного четырехжильного кабеля принимаем проложенного в воздухе 2,5 мм<sup>2</sup>. Таким образом, однофазного тока металлического короткого замыкания в конце линии:

$$I_{KM}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + z_{\text{ПТ.УД1Л1}} + z_{\text{ПТ.УД2Л2}}} \quad (17)$$

$$I_{KM}^{(1)} = \frac{230}{0,002 + (1,73 \cdot 0,07) + (17,37 \cdot 0,08)} = 152,05 \text{ (A)}.$$

Следовательно, коэффициент чувствительности автоматических выключателей определяется по формуле:

$$k_q^{(1)} = \frac{I_k^{(1)}}{I_{c.o}} \quad (18)$$

$$k_q^{(1)} = \frac{152,05}{100} = 1,52,$$

Результаты выше удовлетворяют условиям.

По формуле для трехфазной линии переменного тока определяется сечение проводников при потере напряжения в линии (%):

$$\Delta U = \frac{1}{10 \cdot \gamma \cdot U_H^2} \cdot \frac{\sum PL}{S} \text{ или } \Delta U = \frac{1,73}{10 \cdot \gamma \cdot U_H} \cdot \frac{\sum IL}{S}, \quad (19)$$

где  $\gamma$  – удельная проводимость материала проводов, м/ (Ом·мм<sup>2</sup>),  
для меди  $\gamma = 57,1$  м/ (Ом·мм<sup>2</sup>), для алюминия  $\gamma = 35,4$  м/ (Ом·мм<sup>2</sup>).

$U_H$  – номинальное напряжение сети, кВ;

$S$  – сечение проводников, мм<sup>2</sup>;

$\sum PL$  – сумма произведений нагрузок, протекающих по участкам линии, на длину этих участков, кВт·м;



$\sum IL$  – сумма произведений активной составляющих токов, протекающих по участкам линии, на длину этих участков, А·м.

На протяжении всей линии должна быть подсчитана сумма произведений нагрузок или токов на длины участков.

При полной нагрузке на ШВП для электродвигателей задвижек НОП:

$$\Delta U = \frac{1}{10 \cdot \gamma_m \cdot U_H^2} \cdot \left( \frac{PL_{КЛ1}}{S_1} + \frac{PL_{КЛ2}}{S_2} + \frac{PL_{КЛ3}}{S_3} \right) \quad (20)$$

$$\Delta U = \frac{1}{10 \cdot 57,1 \cdot 0,38^2} \cdot \left( \frac{37,50 \cdot 70}{25} + \frac{9 \cdot 70}{10} + \frac{9 \cdot 10}{2,5} \right) = 2,47\% \leq 5\%$$

Для вентиляторов НОП и электродвигателей задвижек ДТ:

$$\Delta U = \frac{1}{10 \cdot \gamma_m \cdot U_H^2} \cdot \left( \frac{PL_{КЛ1}}{S_1} + \frac{PL_{КЛ2}}{S_2} \right) \quad (21)$$

$$\Delta U = \frac{1}{10 \cdot 57,1 \cdot 0,38^2} \cdot \left( \frac{37,50 \cdot 70}{25} + \frac{1,5 \cdot 80}{2,5} \right) = 1,86\% \leq 5\% ,$$

Результаты выше удовлетворяют условиям.

Для электродвигателей задвижек Z1, Z2, Z5:

$$\Delta U = \frac{1}{10 \cdot \gamma_m \cdot U_H^2} \cdot \left( \frac{PL_{КЛ1}}{S_1} + \frac{PL_{КЛ2}}{S_2} \right) \quad (22)$$

$$\Delta U = \frac{1}{10 \cdot 57,1 \cdot 0,38^2} \cdot \left( \frac{37,50 \cdot 70}{25} + \frac{3 \cdot 80}{2,5} \right) = 2,44\% \leq 5\%$$

Результаты выше удовлетворяют условиям.

Вывод: произведены расчеты питающих кабельных линий по допустимому значению тока и потери напряжения.

Результаты вычислений удовлетворяют следующим условиям:

- электродвигатели задвижек НОП  $\Delta U = 2,47\% \leq 5\%$  ;
- вентиляторы НОП и электродвигатели задвижек ДТ  $\Delta U = 1,86\% \leq 5\%$  ;
- электродвигатели задвижек Z1, Z2, Z5  $\Delta U = 2,44\% \leq 5\%$  ;
- коэффициент чувствительности автоматических выключателей ЩСН 1  $k_q^{(1)} = 1,49 > 1,27$ ;
- коэффициент чувствительности автоматических выключателей питания электродвигателей задвижек  $k_q^{(1)} = 1,53 > 1,27$ .

Номинальные значения сечений кабелей и автоматических выключателей принимаются для унификации оборудования северной насосной станции.

## 4 Система электроснабжения

Принято решение установить ДГУ фирмы «Onis visa 805M»– 0,4 кВ для повышения устойчивости и надежности функционирования гидроэлектростанции в режиме чрезвычайных ситуациях. Установка ДГУ производится на водосливной плотине и на участке 49-й дамбы. На площадке СУС устанавливается дизельный генератор фирмы «ENGUL 2350» мощность, которого составляет 1882 кВт/10 кВ. Состоит из контейнера с дополнительным топливным баком, КРУН-10 кВ и металлического молниеотвода.

По требованиям производственным и инженерно-технологическим, устанавливается оборудование на территории Жигулевской гидроэлектростанции с учетом функционального зонирования.

### 4.1 Южная насосная станция

В данном проекте рассматривается вопрос о прокладке в Южную насосную станцию силовые кабелей 10 кВ.

Кабель фирмы «NEXANS 3×70RM/35»подключается к двигателю *KRTK 350 – 636/Z5006UNG – K* мощностью 500 кВт.

От здания ГЭС питается двигатель N8 от ячейки 45 первая секция комплексного распределительного устройства 10 кВ, а двигатель N9 от ячейки 43 второй секции комплексного распределительного устройства 10 кВ.

По максимальному значению тока нагрузки выбраны кабели 10 кВ сечение, которого составляет 3×70 мм.

Кабельные муфты «Tusco Electronic» предназначены для разделки кабелей. Прокладка кабелей 10 кВ осуществляется по вновь прокладываемым кабельным конструкциям фирмы «Beterman».

Отметки 32,000 и 28,900 кабели прокладываются в проволочных лотках. На отметке 10,200 – в кабельном коробе.

В кабельном туннеле на отметке 42,150 кабель прокладывается на вновь устанавливаемых кабельных конструкциях. В кабельных шахтах кабели прокладываются по вновь устанавливаемым вертикальным лоткам лестничного типа.

При проходе через стену в районе деформационного шва кабели прокладываются в двух стальных трубах диаметром 100 и 150 мм.

Стальные трубы предназначены для прохода перекрытий и сквозь стены.

Система огнестойких кабельных проходок фирмы Vetterman используется для заделки проходов.

С контуром заземления здания гидроэлектростанции соединить следующее оборудование: кабели, двигатели, кабельные металлоконструкции со стальной полосой 4 × 40 мм.

В данной работе рассмотрены и урегулированы следующие вопросы:

- питание насоса 0,4 кВ *H1 Grindfos S1* и задвижек с *Z1* по *Z4*, шкафа управления двумя насосами 10 кВ – тип *KSB*;
- выбора и установки распределительного шкафа для питания задвижек;
- прокладки питающих и распределительных кабелей 0,4 кВ.

Насос фирмы *H1 Grindfos S1* имеет нагрузку 85 кВт, задвижки с *Z1* по *Z4* 21,75 кВт, а нагрузка насосов *KSB* 10 кВ – 5 кВт.

Отметка +41,300 незатопляемая, на ней устанавливают шкаф управления насосом, питания и задвижка. Установка происходит в техническом помещении на монтажной площадке. План расположения оборудования и проводок южной насосной станции показана на рисунке 12.

Шкафы питания и управления задвижками учтены в проекте фирмы ООО НВФ «СМС».

План на отм 6,700 (южная насосная)

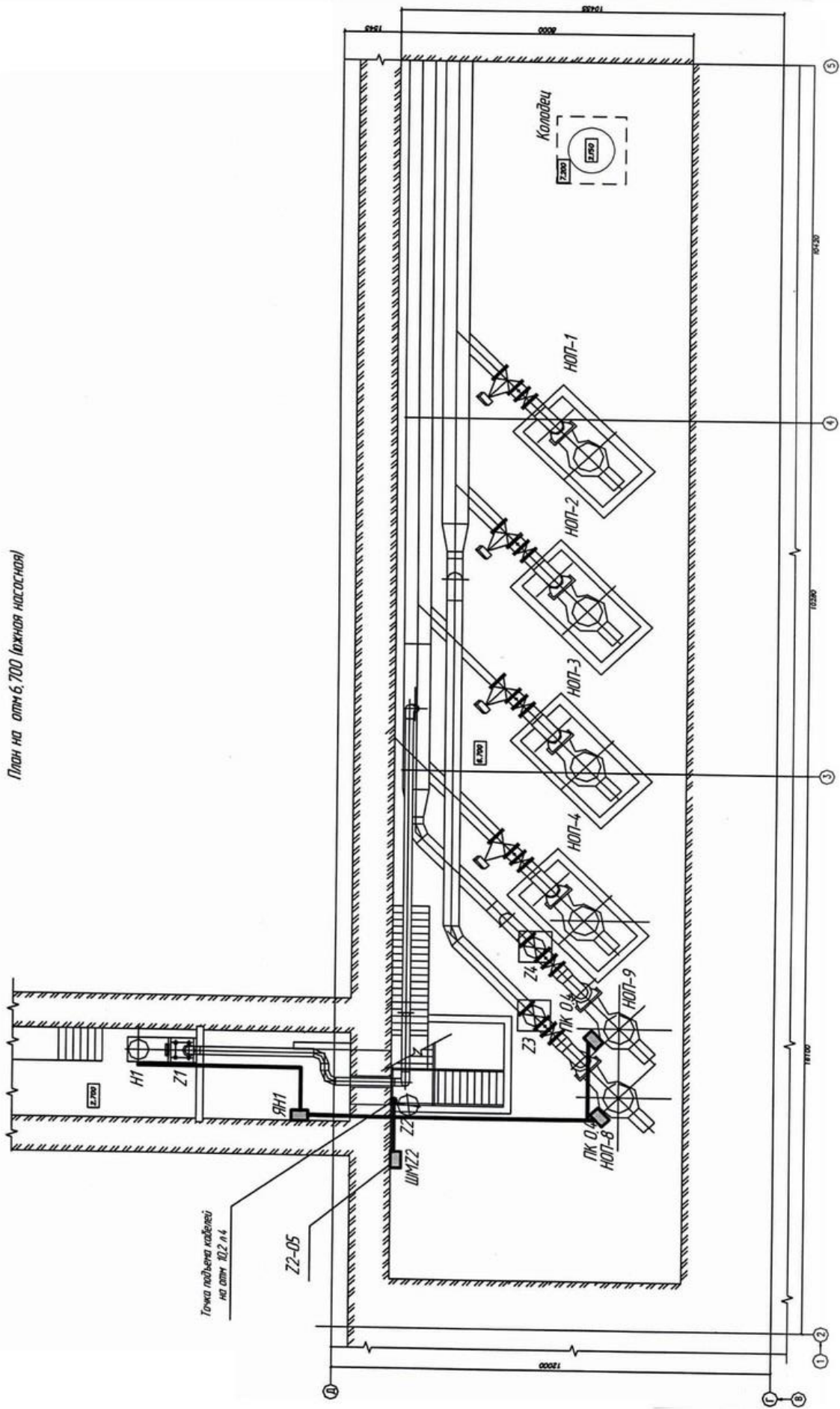


Рисунок 12 — План расположения оборудования и проводок южной насосной станции

Выбираем фирму АВВ серии G для настенного распределительного шкафа задвижек (ШРЗ). От низа шкафа до уровня пола высота установки составляет не более 1,2 м.

Для питания выбраны:

- кабель из силанольносшитого полиэтилена ПвБбШнг (А)–LS, прокладываемый на незатопляемой отметке;
- кабель в подводном исполнении Н07RN–F АТ, прокладываемый на затопляемой отметке.

Прокладка кабеля осуществляется в:

- в кабель – каналах;
- стальных трубах.

В проекте кабельные конструкции и трубы заложены с учётом прокладки контрольных кабелей. Проектируемые лотки, короба и кабели несущие устройства выбраны производства «Veterman».

Муфта концевая предназначена для разделки кабеля. Фирма Nexans производит данные муфты.

Превышать 5% не должны потери напряжения и мощность нагрузки для сечения кабеля 0,4 кВ.

По требованиям Циркуляра Ц-02-98 был произведен выбор кабеля. Максимальная высота спуска и подъема кабеля составляет около двух метров.

Согласно правилам устройства электроустановки, использовать водогазопроводные трубы для прохода через стены в помещения.

В качестве заземления будем использовать проводник кабеля типа РЕ. Заземления будет происходить от панели комплексного распределительного устройства 0,4 – 8Б.

Системой ТNC – S должны заземлять все металлические части, которые находятся в нормальном режиме и не находятся под напряжением по требованиям правил устройства электроустановки.

Подключать не допускается нулевые защитные РЕ и рабочие N под совместные зажимы.

Стальная полоса 4×40 мм заземляет шкаф управления, питание насосами и задвижку. Присоединение происходит к заземляющему контуру здания.

Электромонтажные работы выполнять согласно требованиям ПУЭ, ПТБ, СНиП 3.05.06–85 и правил по пожарной безопасности РД153–34.0–03.301–00. Технические решения, принятые в рабочих чертежах, соответствуют действующим нормам и правилам.

#### **4.2 Северная насосная станция**

В данной работе рассмотрены и урегулированы следующие вопросы:

- электропитания погружного насоса 0,4кВ – *H1 Grindfos S1*, задвижка *Z6*;
- прокладки питающего кабеля 0,4 кВ;
- прокладки распределительного кабеля 0,4кВ.

Электроснабжение насоса 0,4кВ, задвижки запроектировано от комплексного распределительного устройства 0,4–8В второй секции.

Насос *H1 Grindfos S1* имеет нагрузку 85 кВт, а задвижка *Z6* 0,75 кВт.

План расположения оборудования и проводок северной насосной станции показана на рисунке 13.

Отметка +35,500 незатопляемая, на ней устанавливают шкаф управления насосом, питания и задвижка.

План на опм 6,7 (северная насосная)

Точка подъема кабелей  
на опм. 15 и 2

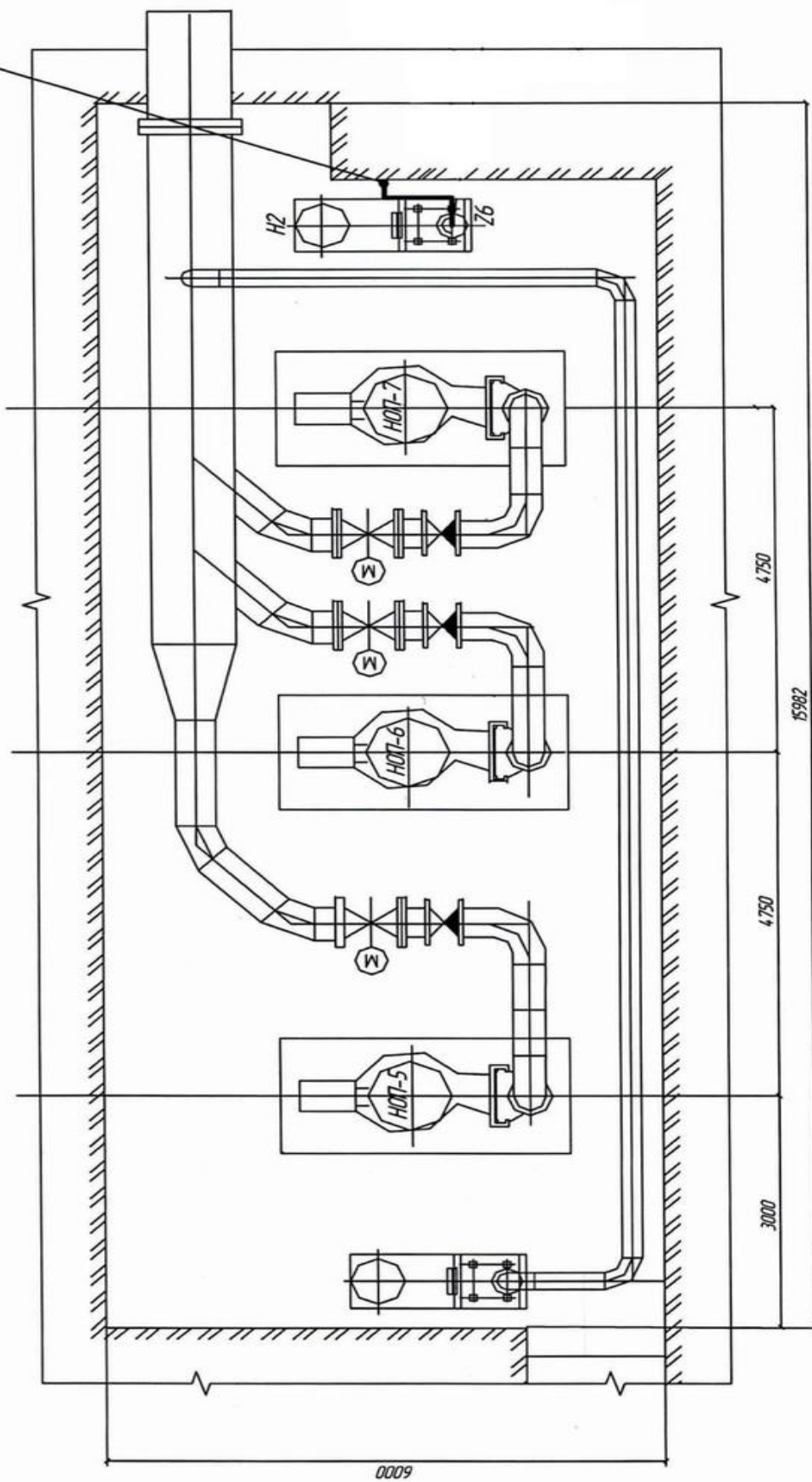


Рисунок 13 – План расположения оборудования и проводок северной насосной станции



Шкаф питания и управления задвижкой выбран и учтен в проекте фирмы ООО НВФ «СМС». От низа шкафа до уровня пола высота установки составляет не более 1,2 м.

Для питания выбран:

- кабель из силанольноспитого полиэтилена ПвБбШнг (А) – LS, прокладываемый на незатопляемой отметке;
- кабель в подводном исполнении Н07RN – F АТ, прокладываемый на затопляемой отметке.

Прокладка кабеля осуществляется в:

- в кабель – каналах;
- стальных трубах.

В проекте кабельные конструкции и трубы заложены с учётом прокладки контрольных кабелей. Проектируемые лотки, короба и кабеленесущие устройства выбраны производства «Veterman».

Муфта концевая предназначена для разделки кабеля. Фирма Nexans производит данные муфты.

Превышать 5% не должны потери напряжения и мощность нагрузки для сечения кабеля 0,4 кВ.

Для подъема и спуска кабеля используют защитную водогазопроводную трубу. Максимальная высота спуска и подъема кабеля составляет около двух метров. По требованиям Циркуляра Ц-02-98 был произведен выбор кабеля.

Согласно правилам устройства электроустановки, использовать водогазопроводные трубы для прохода через стены в помещения.

В качестве заземления будем использовать проводник кабеля типа РЕ. Заземления будет происходить от панели комплексного распределительного устройства 0,4 – 8Б.

Системой TNC – S должны заземлять все металлические части, которые находятся в нормальном режиме и не находятся под напряжением по требованиям правил устройства электроустановки.

Подключать не допускается нулевые защитные РЕ и рабочие N под совместные зажимы.

Стальная полоса 4×40 мм заземляет шкаф управления, питание насосами и задвижку. Присоединение происходит к заземляющему контуру здания. Данное заземление соответствует требованиям ГОСТ 103 – 2006.

Электромонтажные работы выполнять согласно требованиям ПУЭ, ПТБ, СНиП 3.05.06–85 и правил по пожарной безопасности РД153–34.0–03.301–00. Технические решения, принятые в рабочих чертежах, соответствуют действующим нормам и правилам.

### **4.3 ДГУ 10 кВ**

Дизель-генераторная установка (ДГУ) – это устройство, которое состоит из электрогенератора, схем управления и дизельного двигателя.

На площадку СУС ГЭС устанавливается ДГУ фирмы ENGUL2350 мощностью 1882 кВт. Для повышения устойчивости в проекте принято решение подключить ДГУ в схему собственных нужд гидроэлектростанции.

Для ДГУ 10 кВ устанавливаем КРУН 10 кВ, а также дополнительный контейнер с топливным баком и молниеотвод.

Кабель Nexans N2XSEN–3x70 RM/16 состоит из сшитого полиэтилена с изоляцией. Этим кабелем производим подключение комплексного распределительного устройства наружного исполнения 10 кВ от дизель-генераторной установки 10 кВ мощностью 1,8 МВт.

Для запитывания насосов НОП – 8 и НОП – 9 используют кабели фирмы Mediastrip RGH 3x70 RM135 10 кВ. Данные кабели изоляции, которых состоят из этиленпропиленовой резины. Запитывание происходит с первой секции КРУ-10 кВ гидроэлектростанции от ячеек N2,3,5.

По кабельной трассе производится прокладывание кабелей до кабельной шахты Сызрань 220 кВ. Далее по трассе устанавливают кабельные конструкции до насосов отметка, которой составляет 10200 м.

Запитывание ячейки N45 происходит от кабеля, который соединяется муфтой у НОП с кабелем Н8-45.

Запитывание ячейки N2 закрытого распределительного устройства 10 кВ панели противопожарных устройств открытого распределительного устройства 500 кВ от ячейки комплексного распределительного устройства наружного исполнения 10 кВ с помощью кабеля N2XSEN-3x70 RM/16 10 кВ. Данный кабель прокладывается в траншее, до открытого распределительного устройства 500 кВ.

По максимальному току нагрузки был выбран кабель 10 кВ сечение, которого составляет  $3 \times 70$  мм. Данный кабель был проверен на не возгорание при КЗ.

В здании пожарного депо устанавливается щит распределительного устройства 0,4 кВ, от него происходит питание ЩСН дизель-генераторной установки 10 кВ.

Учитываются расчетные нагрузки от 0,4 кВ до 20 кВт. Для контейнера СН с дизель-генераторной установкой 10 кВ используют нагрузку 10 кВт, а для СН контейнера с топливным дополнительным баком и комплексного распределительного устройства наружного исполнения 10 кВ используют нагрузку 5 кВт.

Кабель фирмы Nexans N2XНВН PE180 выбран для питания 0,4 кВ. Превышать 5% не должны потери напряжения и мощность нагрузки для сечения кабеля 0,4 кВ. Соединительные кабельные муфты и концевые кабельные муфты фирмы Tусо Electronics предназначены разделять и соединять кабели 0,4 и 10 кВ.

Для подъема и спуска кабеля используют защитную водогазопроводную трубу. Максимальная высота спуска и подъема кабеля составляет около двух метров.

Система огнестойких кабельных проходок используются для заделок проходов. Данная фирма «Veterman» проходит по всем критериям ПУЭ. Заземляющее устройство дизель-генераторной установки 10 кВ и комплексное распределительное устройство наружного исполнения 10 кВ должно соблюдать требования к сопротивлению. В любое время года сопротивление не должно превышать 0,5 Ом, а также выполнено электродами из стали диаметром 18 мм, длина 5000 мм, соединение с контуром заземления гидроэлектростанции с помощью стальной полосой 4 × 40 мм.

Молниеотвод обеспечивает защиту комплексному распределительному устройству наружного исполнения 10 кВ и дизель-генераторной установке 10 кВ. Высота молниеотвода МС – 32,7 составляет 32,75. Данная установка согласуется с ПУЭ.

Существующий контур ГЭС и площадку СУС соединить со следующим оборудованием: молниеотводом МС-32,7, дизель-генераторной установкой 10 кВ, комплексным распределительным устройством наружного исполнения с помощью стальной полосы 4 × 40 мм с использованием сварки.

Работы выполняются по условиям требования правил устройств электроснабжения и правил технической безопасности.

Вывод: в главе были рассмотрены вопросы электроснабжения, электрооборудования 0,4 кВ, 10 кВ – Южной насосной станции и Северной насосной станции. Установка и работа ДГУ проходит по согласованию требования ПУЭ.

## 5. Расчет токов короткого замыкания для кабелей 10 кВ

Ток трехфазного КЗ на шинах ЗРУ-10 кВ Жигулевской ГЭС:

$$I_{K3(3)} = 4281 \text{ A};$$

Эквивалентное сопротивление системы относительно шин ЗРУ-10 кВ:

$$Z_c = \frac{U_{НОМ}}{1,732 \cdot I_{K3(3)}}; \quad (23)$$

$$Z_c = \frac{10,5}{1,732 \cdot 4,281} = 1,416 \text{ Ом}.$$

Расчет для кабелей трехфазного тока КЗ ( $H1.1 + H1.2$ ), ( $H2.1 + H2.2$ ), ( $N2XSEHBH 3 \times 70RM / 16 \text{ мм}^2$ ):

$Z_{H.уд} = 0,106046 \text{ мОм/м}$  уд. сопротивление кабеля;

$$Z_{H0} = 0,268 \cdot 0,050 = 0,0134 \text{ Ом};$$

$$Z_n = Z_c + Z_{H0} = 1,416 + 0,0134 = 1,429 \text{ Ом};$$

где  $Z_n$  – полное сопротивление в месте проверки кабеля.

$$I_{K3(3)} = \frac{U_{CP}}{1,738 \cdot Z_n}; \quad (24)$$

$$I_{K3(3)} = \frac{10,5}{1,738 \cdot 1,429} = 4,242 \text{ кА}.$$

Температура нагрева кабельных жил трехфазного тока КЗ:

$$K = \frac{B \cdot B_{\text{ТЕР}}}{S^2}; \quad (25)$$

где  $B$  – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, равна для меди  $19,58 \text{ мм}^4 / \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ ;

$B_{\text{ТЕР}}$  – интеграл Джоуля от тока КЗ,  $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ ;

$S$  – сечение жилы кабеля,  $\text{мм}^2$ .

1) Для кабелей Н1.3, Н2.3 (сечение жилы  $2 \times 150 \text{ мм}^2$ ):

$$K = \frac{19,58 \cdot 5,801^2 \cdot 4}{(2 \cdot 150)^2} = 0,029.$$

2) Для кабелей (Н1.1 + Н1.2), (Н2.1 + Н2.2), (сечение жилы  $3 \times 70 \text{ мм}^2$ ):

$$K = \frac{19,58 \cdot 4,242^2 \cdot 4}{70^2} = 0,288.$$

Начальная температура для жилы до КЗ:

$$\Theta_{\text{н}} = \Theta_{\text{о}} + (\Theta_{\text{дд}} - \Theta_{\text{окр}}) \cdot \left( \frac{I_{\text{раб}}}{I_{\text{дд}}} \right); \quad (26)$$

где  $\Theta_{\text{о}}$  – фактическая температура окружающей среды во время короткого замыкания, °С, (38 °С);

$\Theta_{\text{дд}}$  – значение расчетной длительной допустимой температуры жилы, °С,

для кабелей с пластмассовой изоляцией  $\Theta_{\text{дд}} = 70^\circ\text{С}$ ,

для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена  $\Theta_{\text{дд}} = 90^\circ\text{С}$ ;

$\Theta_{OKP}$  – значение расчетной температуры окружающей среды (воздух), °C (25 °C);

$I_{раб}$  – значение тока перед коротким замыканием, А,

для кабелей Н1.3, Н2.3  $I_{раб} = 171 \text{ кВм} / (0,38 \text{ кВ} \cdot 0,9 \cdot 1,732) = 288 \text{ А}$ ,

для кабелей (Н1.1+Н1.2), (Н2.1+Н2.2):

$$I_{раб} = 250 \text{ кВм} / (10 \text{ кВ} \cdot 0,9 \cdot 1,732) = 16,04 \text{ А},$$

где  $I_{дл}$  – значение расчетного длительно допустимого тока, А,

для кабелей 2хВББШвнг – LS (4х150)  $I_{дл} = 674 \text{ А}$ ,

для кабелей N2XSEHBN3х70RM/16  $I_{дл} = 210 \text{ А}$ .

1) Для кабелей Н1.3, Н2.3

$$\Theta_H = 38 + (70 - 25) \cdot \left( \frac{288}{674} \right)^2 = 46,22$$

2) Для кабелей (Н1.1+Н1.2), (Н2.1+Н2.2)

$$\Theta_H = 38 + (90 - 25) \cdot \left( \frac{16,04}{210} \right)^2 = 38,38$$

Номограмма для проверки кабелей на не возгорание приведена на рисунке 14.

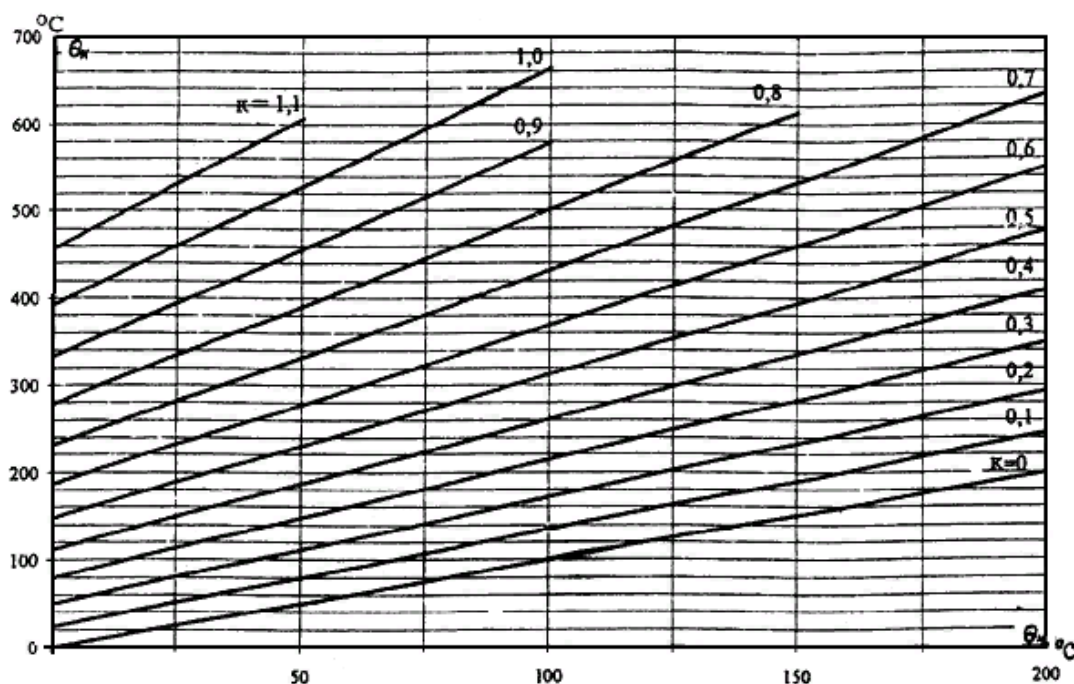


Рисунок 14 – Номограмма для проверки кабелей на не возгорание

Кабельные линии 10 кВ используют кабель N2XSEHBN3x70RM/16 (с медными жилами), а для кабельных линий 0,4 кВ – ВБбШвнг – LS 2x(4x150) мм (бронированный кабель с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из ПВХ пониженной пожароопасности, негорючий, с низко дымо-и газовыделением), для контрольных кабелей – КВВГЭнг (А) – LS 7x2,5 мм (экранированный, с медными жилами в негорючей ПВХ изоляции с низким дымо- и газовыделением).

Вывод: полученные результаты не превышают допустимых температур нагрева токопроводящих жил (для кабеля ВБбШвнг – LS принимается равным 350°C, для кабеля N2XSEHBN принимается равным 400°C).

После действия токов короткого замыкания выбранные нами кабели проходят по условиям пригодности к эксплуатации. Значения, которые были получены выше не превышают допустимых температур токопроводящих жил (для кабеля ВБбШвнг – LS принимается равным 160°C, для кабеля N2XSEHBN принимается равным 250°C).



## Заключение

Оба резервных насоса типа KSB Amarex KRTK 350–636/2 500 6 UHG–k резервной насосной установить на отм. 6700 южной насосной. Откачку воды предлагается организовать в сбросной коллектор диаметром 720 мм на отм. 6700.

В ручном режиме происходит управление насосами. В шкафах СКРН разместить ключи управления, которые расположены на 14ГА и АЩУ 6ГА. Предусмотрели возможность вывода цепей управления в целях пуска насосов прямым включением ячеек РУ 10 кВ ДГУ 10 кВ.

Дополнительно к резервным насосам KSB установили два имеющихся погружных насоса Grindfos S1 – первый на отм.6,7 в Северной насосной; второй – в сухой потерне на отм.3,7 в пределах секции №1.

Откачка воды первым насосом Grindfos S1 должна быть организована в сбросной коллектор диаметром 920 мм на отм.6,7 Северной насосной.

Откачка воды вторым насосом Grindfos S1 должна быть организована в сбросной коллектор диаметром 720 мм на отм.6,7 Южной насосной.

Электропитание насосов обеспечили от системы общестанционных собственных нужд с КРУ 0,4 кВ 8-го и 1-го электроблоков соответственно.

Проектное решение: замена существующего электропривода задвижки осушения сухой потерны на герметичный.

Отказались от мероприятий, связанных с закупкой и установкой резервной автономной насосной установки с приводом от дизельного двигателя по причине отсутствия на рынке оборудования с требуемыми в условиях Жигулевской ГЭС параметрами. Соответствующие проектные работы исключили из объема разработки проекта пуч, выполнив вместо этого рабочую документацию на привязку насосов Grindfos S1, привязку насосов KSB Amarex KRTK 350–636/Z 500 6 UHG–k, замену и автоматизацию электропривода задвижки осушения сухой потерны.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В., Селиверстов В.А., Орлова А.А. Регулирование речного стока и расчет установленной мощности ГЭС. Учебное пособие. Самара, СГАСУ. 2014, 56 с. (дата обращения 7.10.2021)
2. Васильев Ю.С., Елистратов В.В. Гидроэнергетические установки. Краткий конспект лекций. СПб.: СПбГПУ, 2011. – 128с. (дата обращения 7.10.2021)
3. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб.- метод. пособие для практ. занятий и курсового проектирования/ В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. (дата обращения 7.10.2021)
4. Введение в гидроэлектроэнергетику : учебное пособие для вузов / А.Л. Можевитинов, Г.В. Симаков, А.В. Михайлов, В.Н. Поспелов; под ред. А.Л. Можевитинова. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 232 с. (дата обращения 7.10.2021)
5. Гидравлические машины/ Под редакцией Г.И. Кривченко, М.: Энергоатомиздат, 1978. (дата обращения 7.10.2021)
6. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций / Под редакцией Д.С. Щавелева и Ю.С. Васильева, том 1 и 2, 1990. (дата обращения 7.10.2021)
7. Елистратов В.В., Гидроэлектростанции малой мощности. Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2004. 412 с. (дата обращения 7.10.2021)
8. История электротехники / под ред. И.А. Глебова. – М. Изд-во МЭИ, 1999. – 524 с. (дата обращения 7.10.2021)
9. Попов М.А., Природоохранные сооружения [Текст] : учебник для студ. вузов / Попов М.А., Румянцев И.С. – М. : КолоС, 2005. – 520 с. (дата обращения 7.10.2021)

10. Правила устройства электроустановок. Издание 7. [электронный ресурс] // URL: <https://www.ruscable.ru/info/pue/1-3.html> (дата обращения 7.10.2021)
11. Рассказов Л.Н., Орехов В.Г., Анискин Н.А. Гидротехническое сооружения (речные)/ В 2 частях. - Учебник для вузов. - 2-е издание, исправленное и дополненное. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 528 с. (дата обращения 7.10.2021)
12. Розанов Н.П., Бочкарев Я.В., Лапшенков В.С. и др.; Под ред. Розанова Н.П. Гидротехническое сооружения / - М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с. (дата обращения 7.10.2021)
13. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Основы электроснабжения: Учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 480 с. (дата обращения 7.10.2021)
14. Электроэнергетика России. История и перспективы развития под общ. ред. А.Ф. Дьякова. – М. : АО «Информэнерго», 1997. – 568 с. (дата обращения 7.10.2021)
15. Cardoso, A.A virtual reality system for real time control of electric substations / A. Cardoso.- 2013 IEEE Virtual Reality, 2013, pp. 165-166 (дата обращения 7.10.2021). (дата обращения 7.10.2021)
16. Daza S.A. Electric Power System Fundamentals. London: Artech House, 2016. 388 p. (дата обращения 7.10.2021)
17. Elmakias, D. New Computational Methods in Power System Reliability. [Text] / D. Elmakias, Israil, Haifa, 1996. – 416 p (дата обращения 7.10.2021).
18. Fofana I., Hadjadj Y. Electrical-Based Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers. Power Transformer Diagnostics, Monitoring and Design Features, 2016. 256 p. (дата обращения 7.10.2021)
19. Khan S., Ahmed G. Industrial power systems. Boca Raton: CRC Press, 2016. 488 p (дата обращения 7.10.2021)

20. Medium Voltage Switching Devices Selection for application and purpose [Электронный ресурс]: URL: <https://electrical-engineering-portal.com/res/MV-Switching-devices-selection-for-application.pdf> (дата обращения 7.10.2021)

21. Messalti, S. Design of Mv/Lv Substation Transformer / F. Zitouni, I. Griche. [Электронный документ] / University of M'sila, Faculty of Technology, M'sila, Algeria. - 2013. Published Online January 2013 (<http://file.scirp.org/Html/26596.html>) (дата обращения 7.10.2021).

22. Norms of technological design. Design of electrical supply of industrial enterprises (instead of СН 174-75). [Electronic Resource] URL: [https://gostbank.metaltorg.ru/data/norms\\_new/ntp/6.pdf](https://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/ntp/6.pdf) ( дата обращения 7.10.2021)

23. Parfomak, Paul W. Physical Security of the U.S. Power Grid: High-Voltage Transformer Substations. [Электронный документ] / Specialist in Energy and Infrastructure Policy. - 2014. Congressional Research Service (<https://fas.org/sgp/crs/homesecc/R43604.pdf>) (дата обращения 7.10.2021).