

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

Институт энергетики и электротехники  
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование кафедры)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки)

Общая теория электромеханического преобразования энергии  
(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Установка бесперебойного питания системы электроснабжения  
собственных нужд ГЭС в аварийных ситуациях»

Студент	<u>С.П. Холопов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>Ю.П. Петунин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., профессор В.В. Ермаков \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Тольятти 2018

## Аннотация

Темой данной работы является “использование дизельных генераторных установок на электростанциях”.

Целью работы является повышение надежности системы электроснабжения собственных нужд электростанций. Это непосредственно связано с выбором дополнительных источников питания (стационарных дизельных электростанций) с запуском с наименьшей выдержкой времени для электроснабжения кранов, насосов, задвижек, собственных нужд и многого остального на электростанции типа ГЭС для обеспечения повышенной устойчивости в аварийных режимах гидротехнического сооружения.

Причиной для проектирования данной магистерской квалификационной работы, оказалось чрезвычайное происшествие на Саяно-Шушенской ГЭС, а так же часто повторяющееся полное прекращение электроснабжения действующих электростанций и технологические нарушения на Жигулевской ГЭС.

Основные причины, из за которых происходят несоответствия комплексных защитных мер по защите используемого оборудования на электростанциях, к которым относятся:

- отсутствие независимого третьего источника питания с управлением ключом на главном щите управлений;
- отсутствие резервной схемы дистанционного включения резервного питания от резервных источников;
- недостаток в работе гидравлических и механических колонок для регулирования режима закрытия направляющего агрегата при исчезновении электроснабжения;
- применение большинства оборудования и линий питания, связи, управления, контроля и защиты с влаго незащищенным исполнением.

При проектировании данной выпускной магистерской работы необходимо решить вопросы по увеличению надежности и безопасности Жигулевской ГЭС в чрезвычайных ситуациях.

В объем работы входит проработка схемы питания основных потребителей электроэнергии, питающихся от трансформаторособственных нужд, и возможное подключение питания от дизеля - генераторных установок. Рассчитаны значения токов КЗ, выбраны электрические аппараты и приборы.

Данная выпускная работа отображает в себя пояснительную записку 88 страниц, 6 таблиц, 13 рисунков.

## Оглавление

Введение.....	6
1 Краткая характеристика Жигулевской ГЭС.....	11
1.1 Анализ существующих систем питания насосов ГЭС .....	11
1.2 Возможные последствия в момент полного пропадания электроэнергии.....	13
2 Размещение и выбор оборудования согласно плану резервного электроснабжения .....	15
2.1 Выбор системы электроснабжения дополнительно для Южной и Северной насосных станций 10 кВ .....	15
2.2 Описание процесса деятельности.....	16
2.3 Основные технические предложения и решения.....	17
2.4 Применение основного силового электрического оборудования исходя из заданных критерий .....	22
2.5 Расчет величин токов короткого замыкания на всех точках электрических соединений схемы .....	31
2.6 Выбор силовых кабелей и питающего электрооборудования на Южной насосной части здания ГЭС .....	38
2.7 Применение кабельной линии и электрического оборудования на водосливной платформе .....	44
2.8 Принятие решений по электроснабжению на напряжение 10кВ.....	49
2.9 Технический расчет кабельных линий для питания по допустимой величины значения силы тока и вероятные потери по напряжению для питания электроэнергией насосные станции “Южную” и “ Северную”.....	54
2.10 Выбор используемого КРУН для дизель генераторных установок 10 и 0,4кВ66	
2.11 Выбор средств релейной защиты и автоматики .....	68
3 Сметная стоимость примененного оборудования .....	78

3.1 Проведение технического диагностирования дизельных электростанций используемых на режимных объектах.....	80
Заключение .....	84
Список используемых источников.....	85

## Введение

Электроэнергетика – это весьма обширная отрасль, в которую включается: производство, выработка электроэнергии и транспортировку ее до конечного места-потребителя. Электроэнергетика относится к одной из самых важных базовых отраслей промышленности России.

Электроэнергетика обеспечивает жизнедеятельность всех основных субъектов хозяйства, в большей степени формирует основные финансово-экономические показатели РФ. Эффективное развитие отрасли электроэнергетики позволяет образовывать необходимые предпосылки для вывода экономики страны на путь устойчивого развития, обеспечивающего рост благосостояния и повышение уровня жизни населения.

Основные особенности развития энергетики – сооружение новых систем электроэнергетики, соединение их во едино и расширение энергетической системы (ЕЭС) страны. В нашей стране электроэнергию вырабатывают 500 значимых электростанций, 400 которых из них входят в состав РАО «Единой Энергетической Системы России». Одним из главных производителей электроэнергии являются тепловые электростанции. На них приходится 66 % выработанного количества электроэнергии, гидроэлектростанции преобразуют 18 % электроэнергии, электростанции на атомном топливе – 16 %. Инновационные преобразователи электроэнергии (ветряные, приливные, солнечные и другие электростанции) берут на себя не более 0,1 % от всей выработанной электроэнергии в России. [5]

Гидроэлектростанции обладает значительными преимуществами над теплоэлектростанциями. Не учитывая низкую стоимость электроэнергии ГЭС обладает отсутствием выбросов в атмосферу, имеет возможность выполнения задач судоходства, водоснабжения. [9]

Данная диссертация отражает процесс модернизации электроснабжения собственных нужд ГЭС.

При разработке схемы и плана подключения дизель генераторной установки на ГЭС необходимо определить наиболее ответственных потребителей для подачи электроэнергии в момент полного её пропадания и повысить качество и быстроту работы автоматического ввода резерва. При введении новых ДГУ уменьшается вероятность аварий, возникновения которых возможны в момент отсутствия напряжения на этих узлах. Затраты на дизель генераторную станцию не соизмеримы с восстановительными работами в случае чрезвычайного происшествия.

Цель работы является увеличение уровня надежности и безопасности электроснабжения собственных нужд электростанций. Это напрямую зависит от выбора резервных источников электрического питания (не передвижных дизельных генераторных установок) с запуском за наименьшее количество времени для осуществления электроснабжения кранового хозяйства, насосов для откачки воды, задвижек на верхнем бьефе, собственных нужд и многого остального на электростанции типа ГЭС для обеспечения повышенной безопасности гидротехнического сооружения.[5]

## Описание объекта

Жигулевская гидроэлектростанция территориально располагается в городском округе Жигулевске, в Самарской области на реке Волга.

По данным схематической районной карты климатического расположения здание ГЭС относится к II климатической категории.

На Жигулевской ГЭС применяется 20 агрегатов с вертикальным исполнением с вырабатываемой номинальной мощностью примерно 125,5МВт (типа ПЛ- 587- ВБ- 930). Суммарная выработанная мощность Жигулевской ГЭС на 2017 составляет 2341МВт, исходя из чего Жигулевская ГЭС относится к одной из крупнейших гидроэлектростанций в мире по количеству выработанной номинальной мощности и качественной электроэнергии. Так же относится к самым первым строительным гигантам энергетики времен СССР. Гидро электростанция за год вырабатывает более 10 миллиардов кВт\*ч не дорогой электроэнергии с возможностью дальнейшей ее передачей в Единую энергетическую систему России.[3]

К главному сооружению гидроузла относятся: гидроэлектростанция общей длиной 700м, сороудерживающее здание протяженностью 633,3м, водосбросная плотина, земляная плотина, грязевой спуск длиной 59м, двух ступенчатый двух камерный шлюз с между шлюзовым бьефом, причал, открытые распределительные устройства 110, 220 и 500кВ. Здание Жигулевской ГЭС состоит из десяти гидроагрегатных секций с донными водосбросами над выкачивающими трубами. [9]

Вырабатываемая электроэнергия гидроагрегатами обладает напряжением 13,8кВ, передающаяся на трансформаторы однофазного исполнения и автотрансформаторы, располагающиеся на участке нижнего бьефа. Суммарно на Жигулевской ГЭС находится 8 трансформаторных групп и автотрансформаторов: одна группа автотрансформаторов АОЦТ- 90000/ 220/ 110 - 3 штуки, одна группа



автотрансформаторов АОРЦТ- 135000 /500 / 220- 3 штуки,  
Завтотрансформаторных группы АОРЦТ- 135000 /500 / 220- 9 штук,  
три трансформаторных группы ОРЦ-135000/ 500- 9 штук.

Общая протяженность напорного фронта слива воды составляет 5500 м, из которых земляная плотина составляет - 2820 м, водосливная плотина 991,2 м и само основное здания ГЭС - 630 м. Вдоль сливной платины по сооружению Жигулевской ГЭС располагается автомагистраль, федеральная трасса М-5 имеющая ширину проезжей части -13,8 м.

Имеющаяся на данный момент схема электроснабжения потребителей особой важности от трансформаторов 10 и 0,4 кВ собственных нужд Жигулевской ГЭС имеют слабое резервирование, исходя из чего схема не соответствует основным и главным предписанным требованиям по надежности современных развивающихся предприятий, направленными на выработку электрической энергии с применением водных ресурсов. В следствии чего перерыв или что еще страшнее, полное погашение оборудования может спровоцировать и привести к неисправимой и очень серьезной аварии, одна из опаснейших причин- увеличение вероятности затопления здания ГЭС с нижних этажей и увеличение уровня воды вплоть до достижения основных узлов, что вероятно спровоцирует масштабную аварию с человеческими жертвами, колоссальными финансовыми затратами средств на восстановление возможных разрушений.[5]

В данной магистерской диссертации был рассмотрен проект по нововведению дизель генераторных установок, для снабжения электроэнергией собственных нужд Жигулевской ГЭС и питания ответственных потребителей.

Необходимость внедрения в работу дизель генераторных установок, вырабатываемых напряжение 10 и 0,4 кВ для электропитания: насосов, собственных нужд здания ГЭС, задвижек, кранового хозяйства, аварийного освещения и для пожарной безопасности, что может повысить уровень надежности и увеличить устойчивость режимного объекта к аварийным ситуациям, таким как

полная потеря электроэнергии. Так же не произойдет затопления помещения мокрой потерны и не приведет к дальнейшего увеличения уровня воды, что является одним из самых опасных бедствий на гидроэлектростанциях. Для этого необходимо установить 7 насосов погружного исполнения. [12]

## **1 Краткие характеристики Жигулевской ГЭС**

Жигулевская гидроэлектростанция относится к шестой ступени и является второй по мощности ГЭС на Волжско – Камском каскаде. ГЭС способна преобразовывать огромную мощность электроэнергии достойного качества для различных потребителей. Жигулевская ГЭС способна без труда покрывать большую часть пиковых нагрузок в суточном графике, регулировать частоту и напряжение в сети. [30]

Турбо генераторы гидроэлектростанции способны за наименьшее количество войти в режим полного хода, так как для сдвига турбины и старта вращения необходимо подать воду на её лопасти, путем открытия задвижек со стороны верхнего бьефа.

### **1.1 Анализ существующих систем питания насосов ГЭС**

Оборудование, предусмотренное для откачки воды из спиральных камер, как правило применяют осушающие устройства, насосы. Используются трубы для выкачивания воды в момент отключения (вывода) гидроагрегатов из работы в ремонтное состояние, а также постепенное просачивания воды сквозь шахтные шпоны. Вся вода скапливается в помещении, называемое мокрой потерной, из которого при помощи насосов откачивается и сбрасывается в нижний бьеф через задвижки.[1]

Из мокрой потерны выкачивают воду на данный момент времени при помощи 7 погружных насосов, размещающихся в двух, не относящихся друг к другу станциях, предназначенным для откачки дренажной воды, попавшей в потерну: Северной и Южной части здания ГЭС. [17]

В южной части здания ГЭС на насосной станции установлено 4 насоса используемые для погружения в воду, тип KTRFTK 352-685 Z 5107 UN0G - K,

произведенные фирмой KSB. Один насос выдает мощность равную 520 кВт,  $Q=2850 \text{ м}^3$ ,  $U=10 \text{ кВ}$ .

Общая мощность погружных насосов, расположенных в южной части составляет 2080 кВт.

На северной части здания ГЭС в насосной станции установлено 3 насоса погружного типа KTRFTK 352-685 Z 5107 UN0G - K, производством которых занимается фирма KSB. Мощность одного насоса составляет 520кВт,  $Q=2850 \text{ м}^3$ ,  $U=10 \text{ кВ}$

Общая мощность погружных насосов, расположенных в северной части составляет 1560 кВт.

Первичная схема питания электроэнергией насосов для откачки воды из мокрой потерны показана на рисунке 1

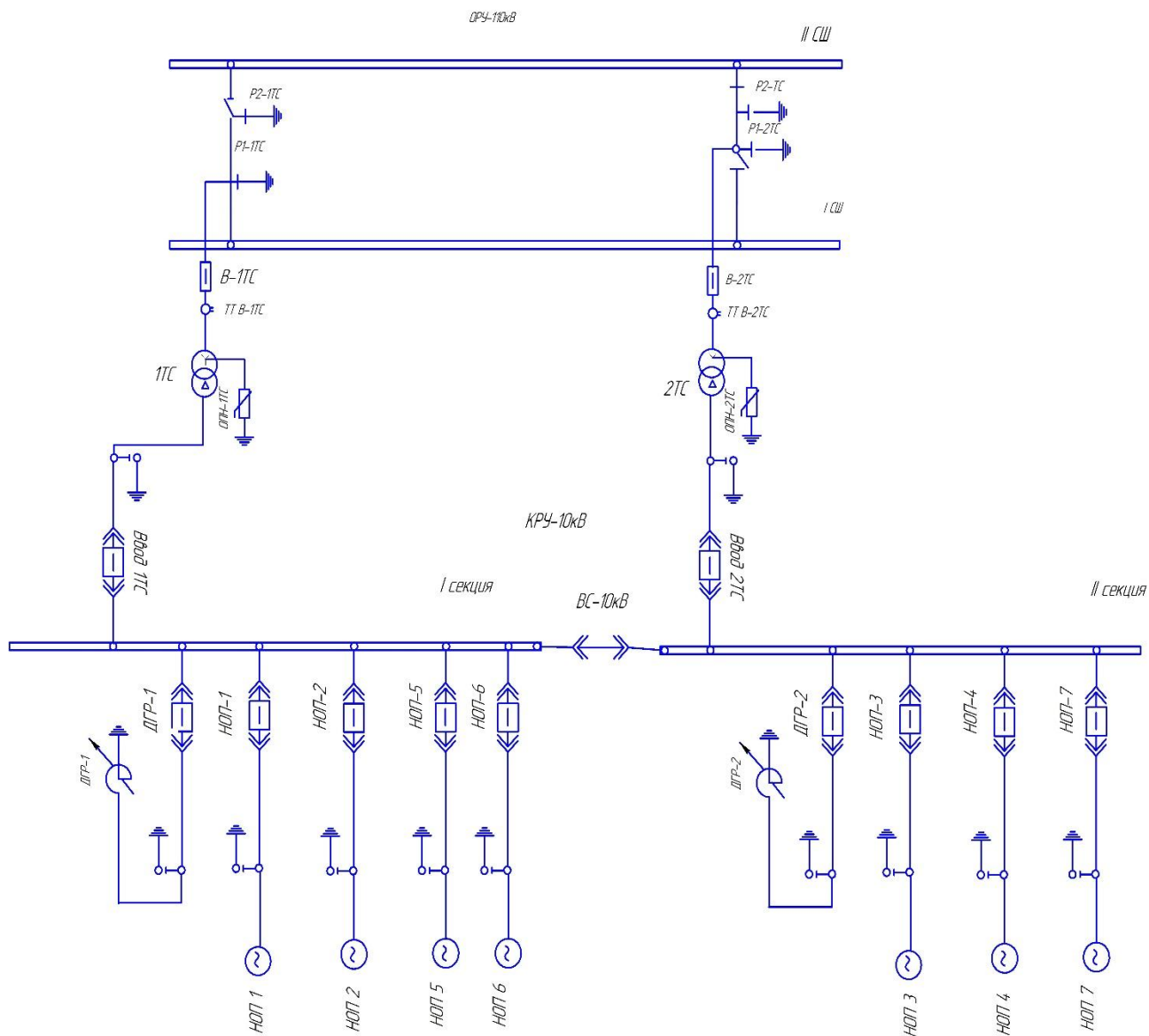


Рисунок 1.1 -Первичная схема питания насосов по откачки с мокрой потерны

## 1.2 Возможные последствия в момент полного пропадания электроэнергии

При отсутствии питания электроэнергией вероятны неизбежные и не поправимые последствия вплоть до глобальных разрушений. При остановке подачи электроэнергии на основные насосы по откачки воды из мокрой потерны, вода будет стремительно затапливать здание ГЭС с нижних этажей, что будет приводить

к увеличению уровня воды в основном здании, не будет возможности управлять задвижками что ускорит время затопления ГЭС, не будет возможности пользоваться коммутационным оборудованием на ОРУ 500, а также аварийной сигнализацией, освещением и пожаротушением.[6]

При остановке подачи электроэнергии на ответственных потребителях необходимо их запитывать от независимых источников - дизель генераторных установки 10кВ и 0,4кВ. Потребители для подключения к ДГУ: задвижки на верхнем бьефе, собственные нужды ОРУ, насосы предназначенные для откачки воды из потерны, крановое хозяйство, аварийное освещение, сигнализацию и систему пожаротушения. [15]

## 2 Размещение и выбор электрооборудования на основании плана аварийного электроснабжения

### 2.1 Выбор системы электроснабжения дополнительно для Южной и Северной насосных станций 10 кВ

На рисунке 2.1 приведен пример схемы питания от ДГУ с южной насосной подстанции 10кВ

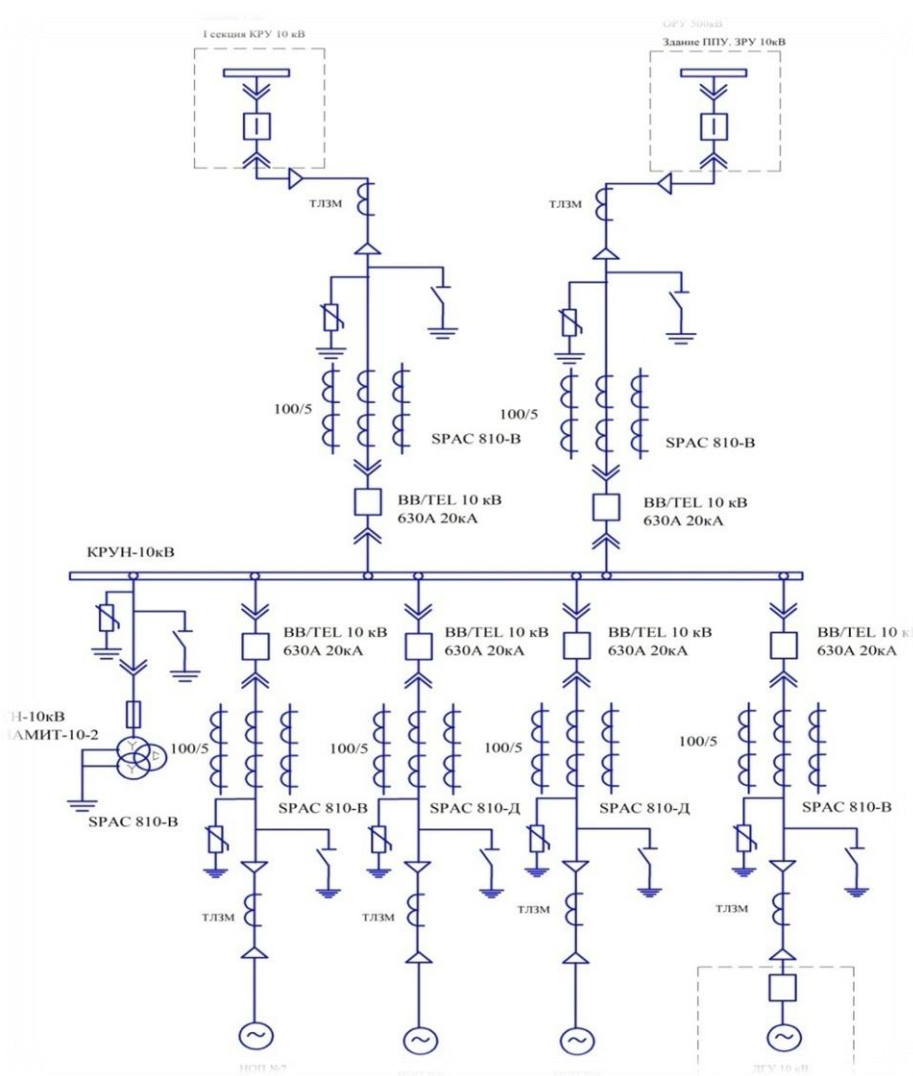


Рисунок 2.1- схемы питания от ДГУ с южной насосной подстанции 10кВ

## 2.2 Описание процесса деятельности

Основной объем применяемого энергетического оборудования составляют, средства комплексной защиты - (СКЗ):

- аварийные (резервные) промышленные установки по откачке воды из мокрой потерны типа KSB Amarex KRTK 350-636/Z 500 6 UHG- к, обозначенные на электрической схеме: (НОП-7, НОП-8, НОП-9);

- аварийно- резервные насосы погружного исполнения, марки Grundfos S1 предназначенные для установки в местах наиболее актуальных, на северной и южной насосной станции (Н1, Н2);

- регулирование положения задвижек с электроприводом, для совместного применения с резервными насосами, имеющих нумерацию: НОП-7, НОП-8, НОП-9, Н1, Н2;

Задвижка для слива и осушения мокрой потерны.

СКЗ применяются для воплощения контроля, защит и управления дизель генераторными установками, насосами и электроприводами.

Для применения по сбору и компоновке данных по готовности и состоянию электрического оборудования, обязательно, необходимо применение следующие устройства:

- измерительные преобразователи;
- соединительные контакты для коммутационных аппаратов и выходных реле по защите насосов;
- контроллеры шкафов управления насосами Н1, Н2.

СКЗ используется и применяется, как самостоятельная, независимая система от работы основной системы контроля, управления технологическими системами и электрооборудованием «Северной» и «Южной» мокрой потерны по откачки воды с помощью насосов. [20]

Для создания средств комплексной защиты на основании существующих шкафов НОП, необходимо установить некоторое количество дополнительных,



новых выключателей автоматического типа, измерительных щитовых приборов, светосигнальную арматуру, клемники и другое вспомогательное оборудование для упрощения СКР. Управление силовым электрооборудованием будет производиться в ручном режиме, благодаря кулачковым переключателям и кнопкам для дальнейшего формирования сигналов и импульсов управления на пусковом оборудовании насосов по откачки, дополнительных, аварийных, резервных насосов погружного исполнения, задвижек ОМП и табло сигнализации непосредственно в шкафах СКР.[3]

### **2.3 Основные технические предложения и решения**

Средства комплексной защиты на Жигулевской ГЭС представляют собой необходимую структуру по сбору информации и формированию управляющих команд оперативного-дежурного (обслуживающего) персонала.

СКЗ составляют следующие компоненты:

- ключи управления задвижками и насосами в шкафах;
- кнопки аварийной остановки насосов;
- щитовые измерительные приборы такие, как амперметры, для осуществления контроля тока статора насосов по откачки воды из потерны в шкафах СКРН;
- шкафы для осуществления управления задвижками.

### **Предлагаемые методы по режимам функционирования систем**

СКЗ Жигулевской ГЭС рассчитываются на непрерывный, круглосуточный режим работы.

Предполагаются следующие возможные режимы функционирования:

- штатный, основной режим эксплуатации;
- обслуживание по ранее утверждённой программе.

В нормальном режиме работы, возможны регламентные и профилактические виды работ по техническому обслуживанию систем, которое не приведет к технологическому нарушению в функционировании основных процессов.

В нормальном режиме работы системы управления реализуются ручным образом.

При ручном режиме управления электрическим оборудованием системы, производится на прямую с местных ключей управления, находящихся на шкафах СКЗ. Управление системой, осуществляется оперативно дежурным персоналом, основываясь на должностных инструкциях. При этом необходимо обеспечение мер защит от несанкционированного доступа. [16]

### **Отображение информации**

В представленной работе предусмотрено рассмотрение проекта по отображению оперативной информации на щитовых приборах и сигнальных лампах по состоянию положения задвижек и насосов, располагавшихся на дверцах шкафов средств комплексной защиты.

Основная отображающаяся информация позволяет выполнить следующие функции:

отображение замеренного значения тока двигателя насосов для откачки воды из помещения мокрой потерны (НОП-8, НОП-9) на щитовых приборах;

указание состояния насосов и задвижек;

отображение аварийного режима насосов.

### **Регулирование основными исполнительными механизмами**

Для пуска насосов по откачки воды из помещения- мокрой и сухой потерны необходимо производить действия над основным оборудованием.

Следовательно, осуществляется регулирование и управление в ручном режиме следующим оборудованием:

резервные насосы для откачки воды из мокрой потерны (2 штуки);  
резервные погружные насосы Н1, Н2;  
задвижки насосов по откачки воды из потерны (2 штуки);  
задвижки резервных насосов по откачки воды (4 штуки);

### **Предложения по техническим решениям**

#### **Насосная южная станция**

На данный момент времени на участке Южной станции, для установки насосов по откачки вод из помещения- мокрая потерна, располагающаяся на отметке 2.700м., устанавливаются четыре насосные установки KRTK 350-636/2500 6 UNG-k (НОП-1-НОП-4), обладающие производительностью 2800 м<sup>3</sup>/ч каждый, из которых два основных, используемых в обычном режиме, один резервный (аварийный), один дренажного исполнения и два дренажных насоса артезианского исполнения 12НА-22х6. [23]

Сброс откаченной воды из помещения мокрой потерны выполняется в выбросном коллекторе диаметром 0720х9 расположенные на высоте, соответствующий отметке 6.700м.

### **Решения по проекту**

В по причине того, что заполнение водой Южной насосной станции при отключенных насосах по осушению потерны произойдет быстрее, чем Северная, поэтому проектным расположением здания Жигулевской ГЭС, резервной электрооборудование насосной станции устанавливается в помещении Южной насосной.[7]

Резервная насосная станция состоит из двух насосов погружного исполнения типа KRTK 350-636/2500 6 UNG-k фирмы KSB  $C \geq 2800 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H=48\text{м}$ . и одного

насоса для откачки Grundfos S1.100.200.850.4.70H.H.432.GND.Q=350 м<sup>3</sup>/ч, H=48 м. в Южной насосной.

Электротехническое подключение дизельных генераторов, 10кВ KRTK 350-636/Z500 6 UHG-Кобладающего мощностью 500кВт (N8, N9) выполнено кабельной линией, производством фирмы Nexans MEDIAstripRG(F)H 3x70RM/35 на напряжение 10кВ с изоляцией из материала сшитого полиэтилена с водонепроницаемым экраном, в оболочке, не имеющей галогенов и не распространяющей горение. [8]

Двигатель N8 питающиеся от энергетической ячейки N45 I секции комплектного распределительного устройства-10кВ здания Жигулевского ГЭС, двигатель N9 - питающиеся от энергетической ячейки N43 II секции КРУ-10кВ здания ГЭС.

Кабельная линия напряжением 10кВ с сечением жил 3x70мм и с изоляцией из сшитого полиэтилена выбраны исходя из значения максимального тока нагрузки и произведены проверки по условию на невозгорание при возможном коротком замыкании. Для разделки кабелей используются концевые кабельные муфты производством Tycso Electronics Raychem GmbH.

Прокладка кабелей 10кВ осуществляется по вновь прокладываемым кабельным конструкциям. [29]

Насосы, моделью KRTK располагаются на отметке равной 6.700м. в Южной насосной части ГЭС, насос Grundfos S1 располагается в сухом помещении сухой потерны на отметке 3.700м. в пределах секции N1. Выброс воды из потерны, обновленными установленными насосами, осуществляется через имеющиеся выбросные коллекторы диаметром 0720x9 расположенными на отметке 6.700м. насосной Южной подстанции. Для этого будет осуществляться подключение существующих насосов для откачки НОП-1 и НОП-3 к выбросным коллекторам. На напорных трубопроводах диаметром 0426x7, насосов KRTK, предусматривается применение клапанов обратного исполнения и задвижек с электрическим приводом. На напорном трубопроводе 0219x6 насоса Grundfos S1 будет

располагаться клапан обратного типа и две задвижки с электрическим приводом, одна из которых установлена на месте входа в выбросной коллектор. Электрический привод задвижек Ду400 будет располагаться и обслуживаться на отметке 10.200м. Для установки насосов марки КРТК и задвижек Ду400 в перекрытии на отметке 10.200м. На высоте 10.200м. необходимо осуществить перекладку участка вентиляционного трубопровода, проходящего мимо и попадающего в проем под установку насоса.[11]

Насосы марки КРТК включаются автоматически в момент заполнения водой до участка соответствующего отметки в 7.860м., насосы фирмы Grundfos S1 при полном погружении в воду.

В работе рассчитана замена электропривода Н-В 05 N=3.3 кВт задвижек Ду600 для осуществления осушения помещения сухой потерны на герметичной поставке, фирмы «Schiebel» N=3.0 кВт. Имеющаяся задвижка Ду 600 располагается на отметке 4.100м., основные механизмы привода выведется на отметку 6.700м. помещения Южной насосной станции.

Предусматриваемые в представленном дипломном проекте герметические электроприводы задвижек, поставляемые фирмой «Schiebel» (Австрия) и имеют возможность работать на глубине до 30м. при затоплении речной водой в течение до 30 дней. Регулировка насосами производится с помощью протокола N2010/10 в ручном режиме. Управляющие ключи располагаются на шкафах СКРН, на АЩУ 6ГА и 14ГА.[25]

### **Проект северной насосной станции**

На данный момент времени в месте Северной насосной подстанции для выкачивания воды из помещения мокрой потерны, располагающуюся на отметке 2.700м. имеются три насоса КРТК 350-636/2500 6 UNG-k (НОП-5-НОП-7), обладающие вырабатываемой мощностью  $2800 \text{ м}^3/\text{ч}$ , два насоса работают в постоянном, нормальном режиме, а один резервный.

Сброс откаченной воды из помещения мокрой потерны выполняется в выбросном коллекторе диаметром 0920x9 располагающемся на высоте, соответствующий отметке 6.700м.

### **Решения по проекту**

Дополнительно с резервными насосами, устанавливаемыми в помещении Южной насосной станции, на участке Северной станции устанавливается один насос, погружного исполнения Grundfos S 1.100.200.850.4.70H.H.432.GND.

$Q=350\text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H=48\text{ м.в.ст.}$  Насос устанавливается на отметке равной точки 6.700м. выкачивание воды производится в существующем выбросном коллекторе размером 0920x9.

На напорном трубопроводе для насоса устанавливается клапан обратного типа и две задвижки с герметично закрытыми электроприводами. Предусмотренные в данном магистерском проекте герметичные электроприводы задвижек, производством фирмы «Schiebel» (Австрия). Насос включается при полном погружении в воду. Имеют возможность работать на глубине до 30 м при затоплении речной водой в течение до 30 дней. Регулировка насосами производится с помощью протокола N2010/10 в ручном режиме. Управляющие ключи располагаются на дверцах шкафов СКРН и так же на АЦУ 6ГА и 14ГА

## **2.4Применение основного силового электрического оборудования исходя из заданных критерий**

### **Выбор и применение ДГУ 10кВ**

Подбор дизель генераторной электростанции – один из основных ответственных процессов по выбору оборудования, так как ошибочно, неверно выбранная дизельная электроустановка может очень значительно повлиять на ухудшение эффективности работы потребителей, которых и будет снабжать электроэнергией. Производя выбор дизель – генераторной установки необходимо точно определить необходимую мощность, рабочий режим и количество числа фаз.

После чего выбирать уровень шумозащищенности и вариации компоновки дизель генераторных узлов.

Одним из первых условий и критерий по выбору электростанции является ее рабочий режим. Обязательно нужно обратить внимание на то что, электродвигатели могут быть в работе непрерывно, а некоторые с перерывом во времени до 30- 60 минут. В большей степени это зависит от вида и вида охлаждения мотора. Качество режима работы дизельного электродвигателя может изменить технический регламент его обслуживания, различное качество горюче смазочных материалов. [28]

На сухом, не затопляемом участке со стороны верхнего бьефа нужно принять дизельную электростанцию, обладающую суммарной номинальной мощностью не ниже 1700 кВА с величиной значения напряжением 10 кВ для запитывания электроэнергией насосных станций для осушения потерны (НОП). При необходимости запитывать от независимого источника питания кранового хозяйства, располагающихся на участках нижнего и верхнего бьефа, на участке соответствующему 49 дамбе следует применить дизельную электроустановку с номинальной рабочей мощностью не ниже 600 кВА с напряжением 0,4 кВ, а на водосливной плотине - не ниже 600 кВА с напряжением 0,4 кВ.

Таким образом, поскольку необходимая электрическая нагрузка потребляет трехфазный ток то, следовательно, и дизель генераторная установка также должна обеспечивать выработку и подачу трехфазного напряжения.[11]

Так же ДГУ обязательно должна иметь в своем оборудовании устройства автоматического ввода резерва (АВР), для совершения переключений, в моменты потерь напряжения на шинах потребителей в минимальные сроки.

Дизельная электроустановка должна соответствовать установленным запросам по количеству издаваемого шума, вибрации и выбросам в окружающую среду. [28]

Выбираемые дизель генераторные станция должна иметь исполнение контейнерного типа, так как для них не предусмотрены специальные помещения конструкцией здания ГЭС.

Принимая необходимые данные критерии для ДГУ, был произведён выбор дизельных генераторных электростанций: 2 штуки ONIS VISA P805M - 0,4кВ имеющих полную мощностью 640 кВт, 1 штуку Engul 2350 DHIT – 10 кВ мощностью 1882 кВт. [31]

Наружноеисполнение дизельной электростанция 0,4кВ ONIS VISA P805M приведена на рисунке 2.4.1



Рисунок 2.4.1 – Наружный вид дизельной электростанции ONIS VISA P805M  
Р

Паспортные данные для дизельной электростанции ONIS VISA P805M приведены в таблице 2.4.1



Таблица 2.4.1- Характеристики дизельной электростанции ONIS VISA P805M

Наименование	Количественное значение	Ед. измерения
вырабатываемая мощность	640	кВ
Величина резервной мощности	725	кВ
Напряжение на выходных контактах	0,4	кВ
Значение частоты выходного напряжения	50	Гц
Число фаз	3	Ф
Масса	4,58	Т

**Дизель генераторная станция на напряжение 0,4кВ на подстанции “Северная”**

Данный раздел диссертации, включает в себя:

- применение дизельной станции, марки: ONIS VISA P805M -0,4 кВ (ДГУ) для электроснабжения кронов;
- подбор и подключение энергетической панели для питания ввода 0,4кВ на подстанции “Северная”
- подбор и подключение реле для контроля значения напряжения на энергетических шинах напряжением 0,4кВ на подстанции “Северная”
- заземление проводниками генераторной установки.

Подключение источника электроснабжения для питания шкафа собственных нужд дизель генераторной установки ко второй секции шин распределительного устройства на напряжение 0,4кВ подстанции “Северная”.

Номинальное значение нагрузки:

- 445,5кВт –питание двух кранов ВСП;

- 6кВт –электроснабжение собственных нужд дизель генераторной установки.

Генератор ONIS VISA P805M –0,4кВ вырабатывает номинальную мощностью равную 640кВт. Установка ДГУ устанавливается на незатопляемом участке соответствующего отметке рядом с подстанцией “Северная”.

ONISVisaP805M – 0,4кВ заказывается совместно со шкафом АВР. Производитель генератора, компания VISA, Италия. Установка в металлическом корпусе- контейнере.

ONISVisap805M- 0,4кВ комплектуется и поставляется совместно со шкафом автоматического ввода резерва, изготовитель компания VISA S.p.A., Италия. Производится установка в контейнер из металла типа к-б, который изготавливается в городе Тольятти на заводе ООО «ТРИОС-Техно», поставляется комплектно с электроосвещением, электроотоплением, вентиляцией, системой пожаротушения и шкафом собственных нужд (ШСН). [32]

Для питания кранового хозяйства в моменты полного пропадания электрической энергии для питания собственных нужд ГЭС в РУ на второй секции применяется установка вводной панели, идентично имеющейся вводной панели. В момент промезутокотсутствие напряжения на секциях шин 0,4кВ, которое фиксирует реле для контроля напряжения, после отключения происходит запуск ДГУ и подается электропитание на вновь устанавливаемую панель подстанции «Северная».

Для передачи электроэнергии используется кабельная линия с защитной изоляцией из сшитого полиэтилена с внутренней броней и являющиеся огнестойкими N2XNBHFE180, произведённый фирмой NEXANS.[19]

## 49-я дамба. 0,4 кВ. Электрооборудование

В представленном производится:

- установка дизель генераторной станции ONISVisa p805M- 0,4 кВ Для электропитания козловых кранов и кранов для регулировки задвижек, а так же для питания зала для размещения оборудования систем передачи и оперативно-технологической связи (ЛАЗ Линейно-аппаратный зал);
- выбор и установка распределительного шкафа 0,4кВ;
- выбор и установка вводного автоматического выключателя для питания шкафа собственных нужд контейнера с дизель генераторной установкой;
- Выбор и установка автоматического выключателя для защиты питающей линии;
- выбор и установка стабилизатора напряжения;
- Прокладка питающих и контрольных кабелей от ДГУ до распределительного устройства (РУ) - 0,4кВ «Северная»;
- заземление ДГУ.

Необходимая расчетная нагрузка составляет:

- 240,0кВт- кран ВБ;
- 340,0кВт- кран НБ;
- 60,0кВт- зал для размещения оборудования систем передачи и оперативно-технологической связи (ЛАЗ Линейно-аппаратный зал);
- 5 кВт- потребляемая мощность собственные нужды ДГУ.

Генераторная установка ONISVisa p805M- 0,4кВ вырабатываемая мощность 640кВт размещается на не затапливаемой участке на 49 дамбе на территории здания ГЭС.

Электроустановка снабжается комплектно со шкафом устройства автоматического ввода резерва, изготовленный компанией VISA S.p.A., Италия. Производится установка в контейнер из металла типом к-6, который производится в городе Тольятти на заводе ООО «ТРИОС-Техно». Поставляется комплектно с электроосвещением, электроотоплением, вентиляцией, системой пожаротушения и шкафом собственных нужд (ШСН). [33]

Для питания козловых кранов в чрезвычайных, аварийных ситуациях устанавливается шкаф для ввода, производством компанией АВВ. Для электроснабжения кранового хозяйства по регулировки задвижек в аварийном режиме, устанавливается вводной шкаф. При пропадании напряжения на троллеях козловых кранов и на шинах 0,4кВ, которое фиксируется с помощью реле по контролю напряжения, запускается дистанционно дизельная электро установка и подает электропитание на вводные шкафы.[3]

### **Выбор и применение ДГУ на напряжение 10кВ**

Комплектность основной части контейнера с дизель генераторной установкой на 10 кВ:

- 1 – устройство для распределения электроэнергии РУ-10кВ ДГУ;
- 2 – собственные нужды СН ДГУ;
- 3 – основная несущая часть- рама, для размещения дизельной электроустановки. Внутри неё располагается бак для топлива;
- 4 –насос предназначенный для закачивания дизеля из резервного бака в основной;
- 5 –генератор;
- 6 –аккумуляторы для пуска двигателя;
- 7 – аккумуляторные батареи, предназначенные для электрических блоков по управлению;
- 8 – основной силовой двигатель;
- 9 –радиатор двухконтурный для охлаждения силового двигателя;
- 10 – глушители для выброса выхлопного газа;
- 11– ящик клемный ДГУ, для кабелей питания вторичных коммутационных аппаратов.

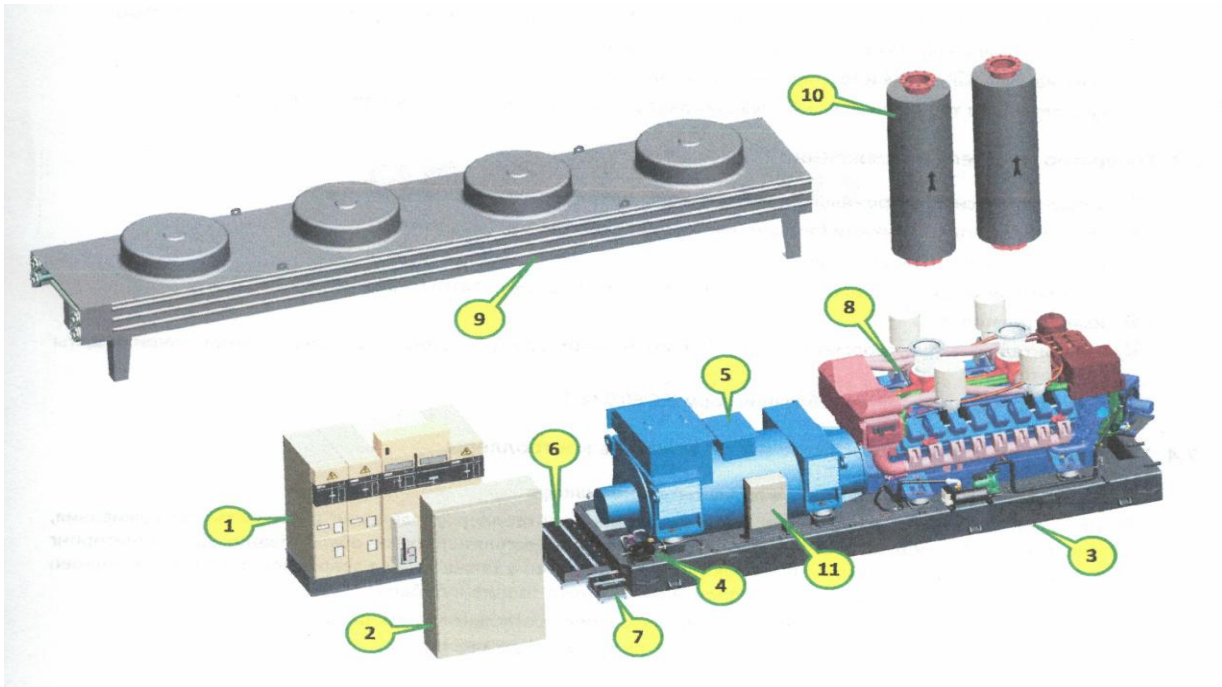


Рисунок 2.4.2 – наружный вид дизельной генераторной электроустановки Engul 2350 DНІТ

Заводские характеристики для дизельной электроустановки Engul 2350 DНІТ приведены в таблице 2.4.2.

Таблица 2.4.2 - Характеристики дизельной электростанции Engul 2350 DНІТ

Наименование	Единица измерения	Значение
Суммарное значение мощности	кВ	1882
Максимальное значение мощности	кВ	1950
Напряжение на выходе ДГУ	кВ	10
Частота	Гц	50
Количество фаз	ф	3
Масса	т	12,25

В базовый комплект необходимых, выбранных, дизельных электроустановок входит: сборная – сварочная металлическая основа- рама с демпфирующими подушками, для уменьшения вибраций двигателя, радиатор, решетка на бензонасосе для защиты от загрязнений топливной системы, глушители - 9 дБ, автоматически заполняемый топливный бак из резервного резервуара с топливом, система автоматической доливки масла с баком, синхронизирующий трансформатор, 3-х функциональный регулятор, аккумуляторные батареи.

Рисунок 2.9.3 отображает схему электроснабжения, питание от секции КРУ-10кВ СН в перспективе. [24]

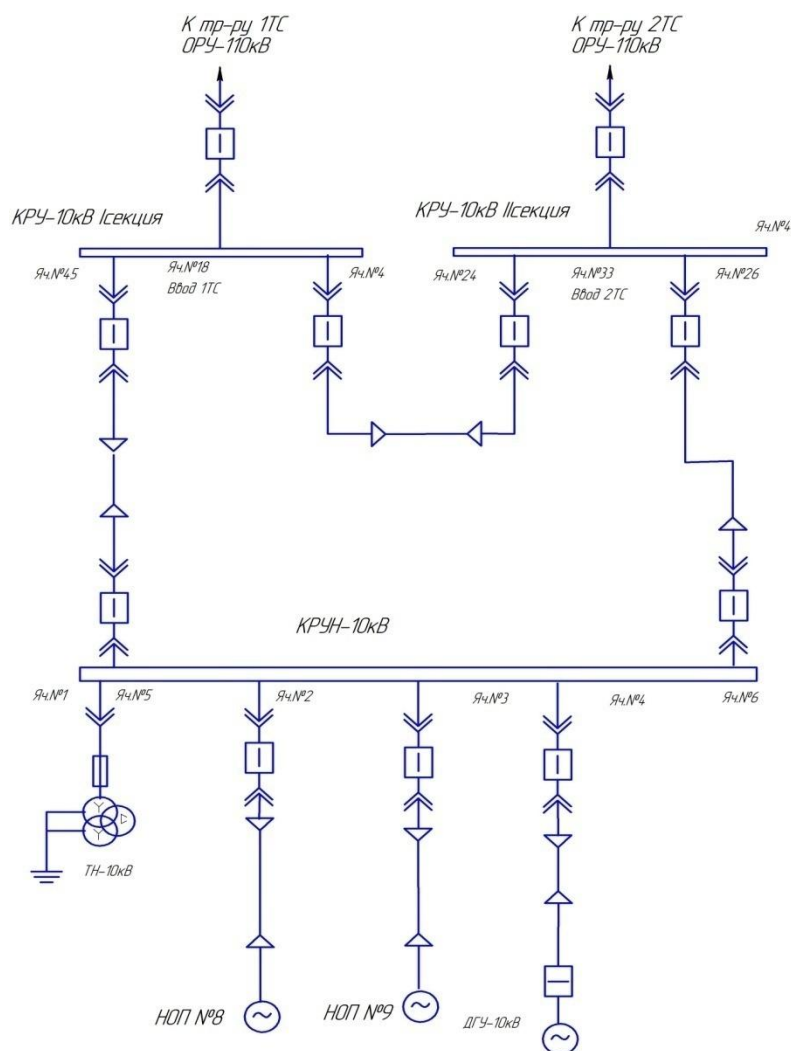


Рисунок 2.4.3 - Основная схема соединений электрических элементов, КРУН- 10 кВ

## 2.5 Расчет величин токов короткого замыкания на всех точках электрических соединений схемы

Расчет токов короткого замыкания обязателен для технически верного, обоснованного выбора, принятого электрического оборудования и применяемых проводников для электрической схемы. Из ниже приведенных расчетных данных установлено: при удалении точки к.з. от дизель генераторной установки, уменьшается величина токов КЗ.[4]

Максимальное значение тока в момент к.з. считается, максимальное значение тока трехфазного короткого замыкания протекающий по шинам 10кВ. электрическая схема, необходимая для расчета значения к.з, представлена на рисунке 2.5.1.[14]

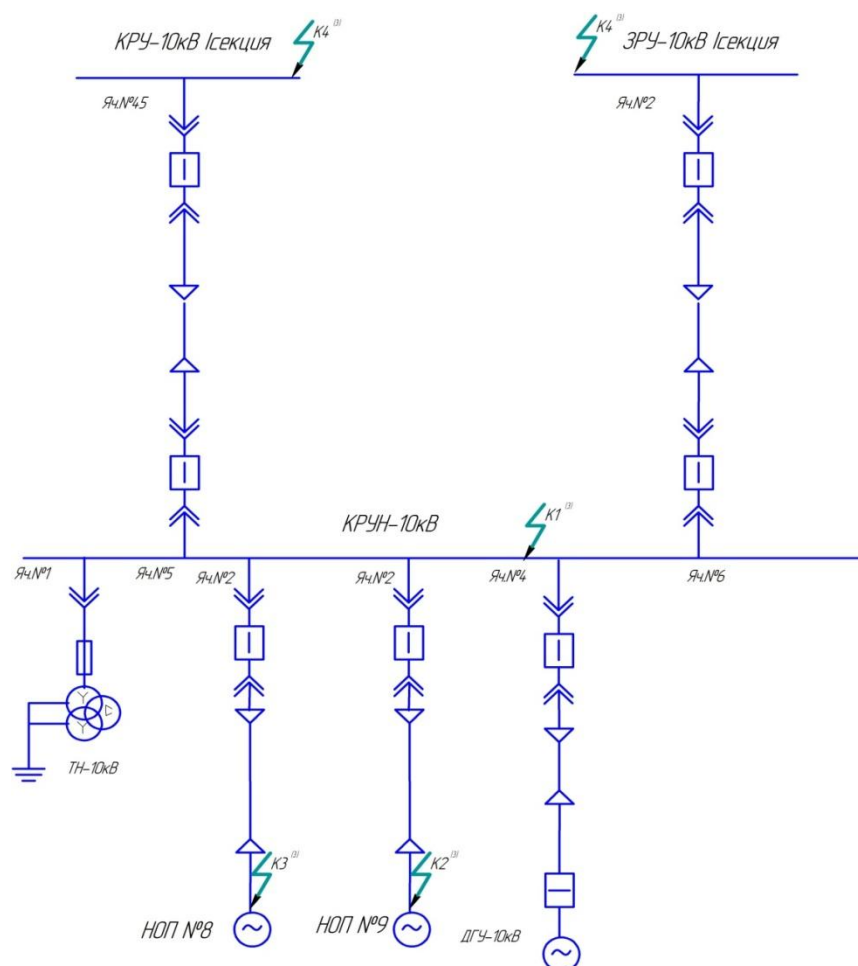


Рисунок 2.5.1- Расчетная схема для расчета токов к.з.

Для выполнения расчетов, значения тока короткого замыкания, в указанных местах схемы, необходимо последовательно преобразовывать и рассчитывать сопротивление в эквивалентных величинах. Следующим действием- определять сумму сопротивлений в эквивалентных величинах. [13]

Схема замещения представлена на рисунке 2.5.2.



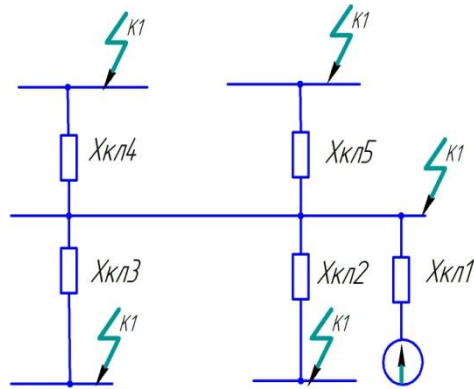


Рисунок 2.5.2- Электрическая схема замещения

Производя расчеты значения КЗ принимаются электрические значения схем в величинах, соответствующих относительным единицам (о.е.) при базисных условиях, для упрощения расчетов.[18]

Паспортные данные дизельной установки “ Engul 2350 ДНТ”:

$$P_{ном} = 1885 \text{ кВт};$$

$$S_{ном} = 2352 \text{ кВа};$$

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ};$$

$$\cos \varphi = 0,8;$$

$$X_d = 6,094 \text{ Ом}.$$

Приводим в базисные значения:

$$S_{\sigma} = 100 \text{ МВА};$$

$$U_{\sigma} = 10,5 \text{ кВ};$$

По данным ПУЭ, значения среднономинальных величин напряжения приведены в таблице 2.10.1.

таблица 2.5.1- величины средне номинальных значений напряжения

Номинальное величина напряжение, кВ	0,38	3	6	10	35	110	220
Средне номинальное значения напряжение ,кВ	0,4	3,15	6,3	10,5	37	115	230

Базисное значение тока рассчитывается по выражению:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (2.5.1)$$

Где  $S_6$  – базисная мощность, МВА

$U_6$  – средненоминальное напряжение, кВ

$$I_6 = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 5,5 \text{ кА}$$

Расчёт относительных величин сопротивления, элемента электрической схемы в базисных условиях.

Сопротивление дизель генератора в сверхпереходном значении, рассчитывается по формуле:

$$X_{*d}'' = \frac{X_d \cdot S_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{6,094 \cdot 2,352}{10,5^2} \text{ о.е.} \quad (2.5.2)$$

Значение базисного сопротивления ДГУ в относительных величинах находится по формуле:

$$X_{*d_6}'' = \frac{X_{*d}'' \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = \frac{0,13 \cdot 10,5^2}{2,352} \cdot \frac{100}{10,5^2} = 5,53 \text{ о.е.}$$

Значение сопротивление кабельной линии:

$$X_{*КЛ_i} = X_0 \cdot L_i \cdot \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (2.5.3)$$

где  $X_0$  – удельное индуктивное сопротивление кабельной линии Ом/км;

$L_i$  – длина кабельной линии км;

$S_6$  – базисная мощность, МВА;

$U_6$  – напряжение кабельной линии МВА;

$$X_{*КЛ_1} = 0,103 \cdot 0,015 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,00145 \text{ о.е.}$$

где  $L_1 = 15$  метров. КЛ от Дизельной установки - 10кВ до питающейся ячейки КРУН– 10 кВ № 4.

$$X_{*КЛ_2} = 0,113 \cdot 0,355 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,03638 \text{ о.е.}$$

где  $L_2 = 355$  метров. Протяженность КЛ от ячейки КРУН–10кВ № 3 до насоса НОП № 9.

$$X_{*КЛЗ} = 0,113 \cdot 0,355 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,03638 \text{ о.е.}$$

где  $L_3 = 355$  метров. Протяженность КЛ от ячейки КРУН–10кВ №2 до насоса НОП № 9.

$$X_{*КЛ4} = 0,113 \cdot 0,330 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,03382 \text{ о.е.}$$

где  $L_4 = 350$  метров. Протяженность КЛ от ячейки КРУН–10 кВ № 5 до ячейки КРУН-10кВ № 45.

$$X_{*КЛ5} = 0,103 \cdot 0,680 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,06352 \text{ о.е.}$$

где  $L_5 = 680$  метров. Протяженность КЛ от ячейки КРУН–10кВ №6 до ячейки № 2 ЗРУ-10кВ. .[27]

Суммарное сопротивление  $X_{*6\Sigma}$  определяется по формуле:

$$X_{*6\Sigma} = X_{*d_6}'' + X_{*КЛ6} \quad (2.5.4)$$

$X_{*d_6}''$  - базисное сопротивление дизель генератора в относительных единицах, о.е.;

$X_{*КЛ6}$  - сопротивление КЛ в относительных единицах, о.е.;

$$X_{*\SigmaКЛ1} = 5,53 + 0,00145 = 5,53145 \text{ о.е.}$$

$$X_{*\SigmaКЛ2} = 5,53 + 0,03638 = 5,56638 \text{ о.е.}$$

$$X_{*\SigmaКЛ3} = 5,53 + 0,03638 = 5,56638 \text{ о.е.}$$

$$X_{*\SigmaКЛ4} = 5,53 + 0,03382 = 5,56382 \text{ о.е.}$$

$$X_{*\Sigma K15} = 5,53 + 0,06352 = 5,59352 \text{ о.е.}$$

Значение сверхпереходной электродвижущей силы генератора, в относительных единицах его номинальных параметров вычисляется по формуле:

$$E_{*\text{НОМ}}'' = \sqrt{(U_{*\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi)^2 + (U_{*\text{НОМ}} \cdot \sin \varphi + I_{*\text{НОМ}} \cdot X_{*d}'')^2};$$

$$E_{*\text{НОМ}}'' = \sqrt{(1 \cdot 0,8)^2 + (1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,13)^2} = 1 \text{ о.е.};$$

Значение величины тока трехфазного К.З.  $I_{*ki}^{(3)}$  в (о.е.) высчитывается исходя из формулы:

$$I_{*ki}^{(3)} = \frac{E_{*\text{НОМ}}''}{X_{*\Sigma ki}} \quad (2.5.5)$$

где  $E_{*\text{НОМ}}''$  – значение ЭДС генератора, о.е

$X_{*\Sigma ki}$  – полное сопротивление в  $i$ - точке, о.е

$$I_{*k1}^{(3)} = \frac{1}{5,53145} = 0,1807 \text{ о.е.}$$

$$I_{*k2}^{(3)} = \frac{1}{5,56638} = 0,1796 \text{ о.е.}$$

$$I_{*k3}^{(3)} = \frac{1}{5,56638} = 0,1796 \text{ о.е.}$$

$$I_{*k4}^{(3)} = \frac{1}{5,56382} = 0,1797 \text{ о.е.}$$

$$I_{*k5}^{(3)} = \frac{1}{5,59352} = 0,1788 \text{ о.е.}$$

Сила тока трехфазного КЗ  $I_k^{(3)}$  в именованных единицах высчитывается исходя из формулы:

$$I_k^{(3)} = I_{ki}^{(3)} \cdot I_{\sigma} \quad (2.5.6)$$

где  $I_{ki}^{(3)}$  - величина  $I_k^{(3)}$  в, о.е.

$I_6$  - значение тока в базисных единицах, кА.

$$I_{k1}^{(3)} = 0,1807 \cdot 5,5 = 0,994 \text{ кА}$$

$$I_{k2}^{(3)} = 0,1796 \cdot 5,5 = 0,988 \text{ кА}$$

$$I_{k3}^{(3)} = 0,1796 \cdot 5,5 = 0,988 \text{ кА}$$

$$I_{k4}^{(3)} = 0,1797 \cdot 5,5 = 0,988 \text{ кА}$$

$$I_{k5}^{(3)} = 0,1788 \cdot 5,5 = 0,983 \text{ кА.}$$

## **2.6 Выбор силовых кабелей и питающего электрооборудования на Южной насосной части здания ГЭС**

В магистерской работе проработаны следующие вопросы:

Питание электроэнергией насосов, напряжением 0,4кВ - HI Grundfos S1, силовых задвижек Z1...Z4, управление электро шкафов для питания двух насосов 10кВ - моделью KSB.

Обоснованный выбор и размещение шкафа для распределения электроэнергии для электропитания используемых задвижек.

Протяжка запитывающих и распределительных кабельных линий напряжением 0,4кВ.[34]

Питание силовых насосов напряжением 0,4кВ, электрического привода задвижек и шкафы для регулирования и регулирование насосами 10кВ, заложено проектом от КРУ-0,4кВ, 2 секции шин.

Необходимое значение нагрузки:

84,5кВт – электронасос HI Grundfos S1 ;

22,65кВт - задвижки 1-4;

6кВт - управление насосами фирмы KSB 10кВ.

Энергетические шкафы для осуществления питания и полного управления насосами, задвижками, располагающимися на участке соответствующем незатопляемой отметке на стороне верхнего бьефа здания ГЭС, на специальной монтажной площадке.

Энергетические шкафы, предназначенные для питания и произведений манипуляций над насосами напряжением 0,4 кВ и 10 кВ, заказываются совместно с насосами.

Энергетические шкафы, предназначенные для питания задвижек, так же предусмотрены в проекте.

Энергетический распределительный шкаф для электроснабжения задвижек выберется и применяется настенного типа серии Н фирмы АВВ.

Для осуществления электропитания выбирается:

Силовой кабель с использованием изоляции из сшитого полиэтилена, марка применяемого кабеля: ПвБбШнг(А)-LS, который прокладывается на участке, являющимся незатопляемым;

Силовой кабель с подводным исполнением маркой НО7RN-F АТ, размещается на затопляемом участке.

Проведение проверка кабеля 2Н1Б-ШН10 запитанного от КРУ-0,4 на устойчивость к термическому воздействию и на невозгорание.

Паспортные данные кабеля.

Марка используемого КЛ	ПвБбШнг(А)-LS5x35 мм*2
Значение длительного допустимого ток	164,1 А
Максимальное значение рабочей температуры кабеля	90,3 °С
Максимальный нагрев кабеля в момент К.З.	410 °С
Ток максимальной нагрузки	9,1 А

Значение температуры окружающей среды	37,9 °С
Вид прокладки	на воздухе
Поправочный коэффициент на t° окружающей среды	0,81
Значение уставки времени защит, основных	0,01 с
Значение уставки времени защит, резервных	0,07 с
Величина тока КЗ на с.ш.	15,752 кА
Величина тока КЗ кабеля в начале с учетом переходного сопротивления : с.ш., соединений болтами, контактами выключателей	13,8 кА

Произведение проверки силового кабеля на значение длительно допустимого термического воздействия на кабели, значением рабочего тока.

Значение величины температуры жилы в начальный момент времени до КЗ:

$$Q_u = Q_0 + (Q_{qq} - Q_{окр}) \cdot \left(\frac{I_{раб}}{I_{qq}}\right)^2 (2.6.1)$$

Где  $Q_0$ - фактическое значение  $t^\circ$  в момент КЗ, равна  $38^\circ \text{C}$ .

$Q_{qq}$ - расчетная длительная температура жил,  $^\circ\text{C}$ . Соответствующая для КЛ с изоляцией из сшитогополиэтилена с напряжением до 1000 В,  $t^\circ = 90^\circ\text{C}$ ;

$Q_{окр}$ -  $t^\circ$  окружающего воздуха  $26^\circ \text{C}$

$I_{раб}$  -тока нагрузки, 9.2 А

$I_{qq}$ -величина рассчитанного длительно-допустимого тока 165 А.

Значение тока, длительно допустимого, с учетом коэффициента поправки:

$$I_{qq} = 0.8 \cdot 164 = 131,2 \text{ А}$$



Исходное значение температуры до момента КЗ :

$$Q_u = Q_0 + Q_{qq} - Q_{окр} \cdot \frac{I_{раб}}{I_{qq}}^2 = 38 + 90 - 25 \cdot \left(\frac{9}{131,2}\right)^2 = 38,3^\circ\text{C} < 90^\circ\text{C} \quad (2.6.2)$$

По проверки возможным значением температурного нагрева, протекающим током, кабель проходит.

**Нахождение возможной температуры нагрева кабеля величиной тока короткого замыкания.**

В целях вычисления температурного максимума жил кабеля при воздействии на него тока короткого замыкания применяется номограмма. Номограмма выстроена на примере выражения, изображающего корреляцию значения температуры  $t^\circ$  жилы, сразу в момент после тока КЗ от температуры жил до КЗ, действительных теплофизических характеристик жил:

$$Q_k = Q_u \cdot e^K + a \cdot e^K - 1 \quad (2.6.3)$$

где  $Q_k$  – температура жилы в конце КЗ

$Q_u$  – значение температуры кабельной жилы до момента КЗ

$a$ -значение, противоположное значению температурного коэффициента сопротивления при температуре  $t^\circ = 0^\circ\text{C}$  , соответствующая  $226^\circ\text{C}$

$$K = \frac{v \cdot B_{теп}}{s^2} \quad (2.6.4)$$

где  $B$  - константа, квалифицирующая тепловые и физические характеристики жил кабеля, соответствующий для медной жилы  $18,69 \text{ мм}^4 / (\text{кА}^2 \cdot \text{с})$

$B_{тер}$  -термический сигнал от тока короткого замыкания,  $кА^2 \cdot с$  ( $B_{тер} = I_{кз} \cdot I_{кз} \cdot t$ , где  $I_{кз}$  –значение КЗ,  $t$ - количество времени действия КЗ )

$S$ - Сечение одной жилы,  $мм^2$

Испытание силового кабеля на процесс невозгорания от воздействия К.З. производится при срабатывании резервной защиты.

Показатель, отвечающий за взаимосвязь тепловых импульсов, толщиной жилы тепловыми и физическими особенностями структуры жил:

$$K = \frac{B_{тер}}{S^2} = \frac{19,58 \cdot 17,39}{35^2} = 0,278; (2.6.5)$$

Тепловое воздействие значения КЗ:

$$B_{тер} = I_{кз}^2 \cdot t_{в.отк} + T_a = 13,9^2 \cdot 0,07 + 0,02 = 17,39 кА^2 \cdot с (2.6.6)$$

$T_a$  – константа по величине времени уменьшения не постоянной составляющей значения короткого замыкания от дальних источников, равна 0,022 по напряжению 0,4 кВ

Максимальная допустимая температура:

$$Q_K = Q_u \cdot e^K + a \cdot e^K - 1 = 38,3 \cdot e^{0,278} + 228 \cdot e^{0,278} - 1 = 123,63^{\circ}C (2.6.7)$$

Величина значения рассчитанной температуры кабельных жил в момент тестирования на устойчивость к не возгоранию должно быть не больше 410 °С.

По данным не возгорания от воздействия коротким замыканием, кабель устойчиво проходит. Кроме всего прочего, принятая кабельная линия соответствует условиям по технической приспособленности к использованию в момент после воздействия тока КЗ, поскольку максимально разрешенное значение температуры

электро нагрева кабельной линии с защитой жил изоляцией из силанольно сшитого полиэтилена для дальнейшей пригодности к работе примерно составляет 255°С.

Вывод: толщина жилы кабельной линии марки ПвБбШнг(А)-LS 5x35мм<sup>2</sup>, запитанного от электроустановки- КРУ-0,4 соответствует требованиям по термоустойчивости и стойкости на не возгорание.[35]

Сечения КЛ на напряжение 0,4 кВ выбирается расчетным путем по определению мощности необходимой нагрузки и максимально возможные значения потерь по напряжению в энергетической сети, которые должны быть не больше 5 %.

Для выбора толщины сечения КЛ принимались требования Циркуляра по департаменту стратегического модернизирования, научной и технического курса РАО «ЕЭС России», о методе произведения проверок кабельных линий на предмет невозгорания при возможном воздействии силы тока в момент короткого замыкания.

Прокладка силовых кабельных линий по бетонным стенам здания до максимальной высоты 2-х метров. Использовать защиту стальной трубы для водо и газопровода. Переходы в помещения насквозь через стены обязательно необходимо выполнять в круглых обрезках водо газопроводных трубах с амортизационными уплотнителями по данным ПУЭ.[2]

В качестве заземляющего кабеля применяется РЕ - проводники, питающиеся от панели КРУ - 0,4. Все части, имеющие в своем составе металл и в штатном режиме питания не воздействующие с электрическим током и не находящиеся под напряжением, обязательно должны заземляться согласно данным ПУЭ. Помимо этого, рабочие, нулевые ( N ) и защитные, нулевые ( РЕ ) проводники запрещается запускать под один и тот же зажим.[1]

Подключение к заземлению энергетических шкафов, для регулирования резервными насосами и задвижками предполагается питать через полосу размерами

40x4мм из стали, подключенную к имеющемуся заземляющему контуру строительного сооружения по месту.

## **2.7 Применение кабельной линии и электрического оборудования на водосливной платформе**

Тестирование силового кабеля 2н1Б-ШРZзапитывающегося от КРУ -0,4 на максимальную устойчивость от повышения температуры и на невозгорание

### Паспортные данные.

Вид к.л.	ПвБбШнг(А)-LS 5x70мм*2
Значение величины длительно допустимый тока	262,1 А
Максимальное значение допустимой рабочей температуры кабеля	91 °С
Максимальный нагрев Кабельной линии при К.З.	405 °С
Ток максимальной нагрузки	155,2 А
Значение температуры окружающей среды	37,9 °С
Вид прокладки	на воздухе
Поправочный коэффициент на t°	
Окружающей среды	0,81
Значение уставки времени защит, основных	0,01 с
Значение уставки времени защит, резервных	0,07 с
Величина тока КЗ на с.ш.	15,752 кА
Величина тока КЗ кабеля в начале с учетом переходного сопротивления :	13,8 кА
с.ш., соединений болтами, контактами	

Произведение проверки силового кабеля на значение длительно допустимого термического воздействия на кабели значением рабочего тока .

Значение величины температуры жилы в начальный момент времени до КЗ:

$$Q_u = Q_0 + (Q_{qq} - Q_{окр}) \cdot \left(\frac{I_{раб}}{I_{qq}}\right)^2 \quad (2.7.1)$$

Где  $Q_0$  - фактическое значение  $t^\circ$  в момент КЗ, равна  $38^\circ \text{C}$ .

$Q_{qq}$  - расчетная длительная температура жил,  $^\circ\text{C}$ . Соответствующая для КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена с напряжением до 1000 В  $t^\circ = 90^\circ\text{C}$ ;

$Q_{окр}$  -  $t^\circ$  окружающего воздуха  $25^\circ \text{C}$

$I_{раб}$  - тока нагрузки, 154 А

$I_{qq}$  - величина рассчитанного длительно-допустимого тока 262 А.

Расчет величины значения длительно допустимого тока с учетом коэффициента поправки:

$$I_{qq} = 0.8 \cdot 262 = 209,6 \text{ А}$$

Исходное значение величины температуры, до момента короткого замыкания:

$$Q_u = Q_0 + Q_{qq} - Q_{окр} \cdot \frac{I_{раб}}{I_{qq}}^2 = 38 + 90 - 25 \cdot \left(\frac{154}{209,6}\right)^2 = 73^\circ\text{C} < 90^\circ\text{C}$$

По допустимой величине значения температуры нагрева с помощью проходящего тока, силовой кабель устойчив и соответствует заданным параметрам.

Расчетная величина значения силы тока, проходящего через кабель на предмет не возгорание :

Для расчета величины максимальной температуры жилы кабеля в момент воздействия тока КЗ. на него, используется номограмма . Номограмма высчитана по примеру, являющегося корреляцией температуры жилы провода. В момент сразу после воздействия короткого замыкания от значения температуры жилы, до значения КЗ, имеющих тепловые и физические данные жил кабеля:

$$Q_k = Q_u \cdot e^K + a \cdot e^K - 1 ;(2.7.2)$$

где  $Q_k$  – температура жилы в конце КЗ

$Q_u$  – значение температуры кабельной жилы до момента КЗ

a-значение, противоположное значению температурного коэффициента сопротивления при температуре  $t^{\circ} = 0$  °С , соответствующая 228 °С

$$K = \frac{v \cdot B_{тер}}{S^2}(2.7.3)$$

где В - константа, квалифицирующая тепловые и физические характеристики жил кабеля, соответствующий для медной жилы  $19,58 \text{ мм}^4 / (\text{кА}^2 \cdot \text{с})$

$B_{тер}$  -термический сигнал от тока короткого замыкания,  $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$  ( $B_{тер} = I_{кз} \cdot I_{кз} \cdot t$ , где  $I_{кз}$  –значение КЗ, t- количество времени действия КЗ )

S-сечение одной жилы,  $\text{мм}^2$

Испытание силового кабеля на процесс невозгорание от воздействия КЗ. производится при срабатывании резервной защиты.

Показатель, отвечающий за взаимосвязь тепловых импульсов, толщиной жилы, тепловыми и физическими особенностями структуры жил:

$$K = \frac{e \cdot B_{мер}}{S^2} = \frac{19,58 \cdot 17,39}{70^2} = 0,07;$$

Тепловое воздействие значения КЗ:

$$B_{мер} = I_{кз}^2 \cdot t_{в.отк} + T_a = 13,9^2 \cdot 0,07 + 0,02 = 17,39 \text{кА}^2 \cdot \text{с} \quad (2.7.3)$$

$T_a$  – константа по величине времени уменьшения не постоянной составляющей значения короткого замыкания от дальних источников, равна 0,022 по напряжению 0,4 кВ

Максимальная допустимая температура:

$$Q_K = Q_u \cdot e^K + a \cdot e^K - 1 = 73 \cdot e^{0,07} + 228 \cdot e^{0,07} - 1 = 94,75^\circ\text{C} \quad (2.7.4)$$

Величина значения рассчитанной температуры кабельных жил в момент тестирования на устойчивость к не возгоранию должно быть не больше 410 °С.

По данным не возгорания от воздействия коротким замыканием, кабель устойчиво проходит. Кроме всего прочего, принятая кабельная линия соответствует условиям по технической приспособленности к использованию в момент после воздействия тока КЗ, поскольку максимально разрешенное значение температуры электро нагрева кабельной линии с защитой жил изоляции из силанольно сшитого полиэтилена для дальнейшей пригодности к работе примерно составляет 255°С.

Вывод : толщина жилы кабельной линии марки ПвБбШнг(А)-LS 5x70мм<sup>2</sup>, запитанного от электроустановки- КРУ-0,4 соответствует требованиям по термо устойчивости и стойкости на не возгорание.

Для электроснабжения выбирается:

- Кабельная линия имеющая верхний слой изоляции из инновационного материала - сшитого полиэтилена с имеющейся дополнительной, резервной бронёй, обладающий огнестойкостью N2ХНВНFE180, произведенный фирма NEXANS.

- Толщина одной жилы кабелей на напряжение равное 0,4кВ выбирается из данных по расчетам мощности, нагрузки и возможных потерь по напряжению в электрической сети, значение которых не должно быть больше 5%. В представленной работе рассчитан необходимый заземляющий наружный контур дизельной генераторной установки с максимальным электросопротивлением растекания 4Ом. Запрашиваемое необходимое значение сопротивления должно соответствовать данному значению в любое время года.

Проводящие электрический ток приборы, имеющие в своем составе металл, в штатном режиме работы на которых не производится воздействие электрическим током и которые не находятся под напряжением, должны быть в обязательном порядке заземлены. Уравнение потенциалов должно быть произведено в соответствии с ПУЭ.

Таблица 2.7 – размеры необходимых кабелей и проводов

Количество, число и сечение жил, на 1 кВ	Производитель
	N2ХНВН FE180
4x180мм <sup>2</sup> , 1кВ	172м
4x20мм <sup>2</sup> , 1кВ	61м
4x2,0мм <sup>2</sup> , 1кВ	58м



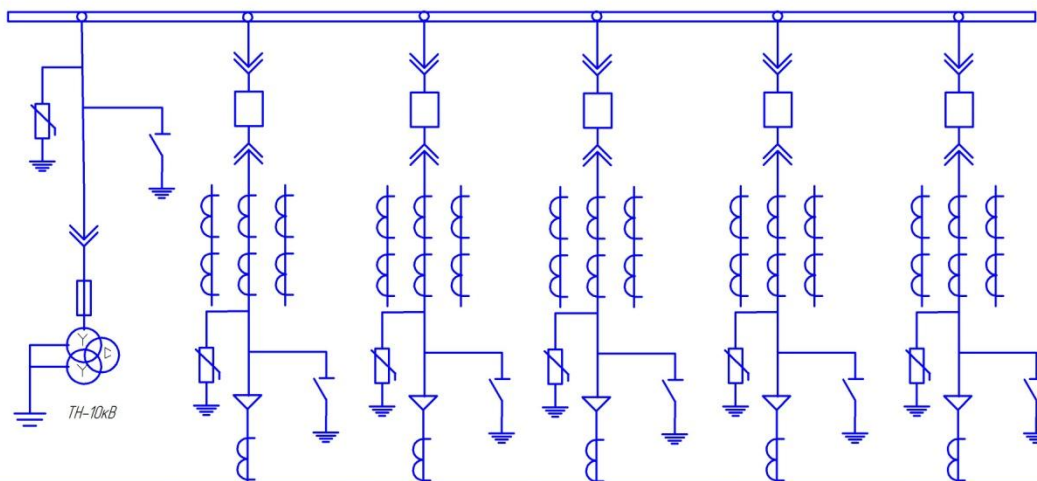
## **2.8 Принятие решений по электроснабжению на напряжение 10кВ**

### **ДГУ 10кВ**

Через имеющуюся схему электроснабжения производится процесс увеличение резервной устойчивости. Предусматривается внесение в имеющуюся схему, для питания собственных нужд, независимый, с самовозбуждающимся механизмом дизельный агрегат марки Engul 2350 ДНІТ 1882кВт, который в дальнейшем будет размещаться на площадке верхнего бьефа здания ГЭС. На данном участке, помимо всего прочего, будет установлен металлический контейнер с резервным, дополнительным баком ДГУ-10кВ для топлива, комплектное распределительное устройство для применения в условиях установки на улице- КРУН-10кВ модель: КРУ сэщ-59, произведённого на заводе «Электрощит» и комплектно с КРУном отдельно, не подоплёку устанавливается молниеотвод марки МС-31,8 с необходимой высотой 32,75 м.[11]

На рисунке 2.8.1 изображается возможная схема электроснабжения КРУН- 10 кВ.

КРУН - 10кВ



Название шкафа	ТН4-10кВ	НОП №8	НОП №9	ДГУ 10кВ 1,8 МВт	КРУ-10кВ Ис.	ЗРУ 10кВ ППУ-500кВ
Выключатель ВВ/TEL	---	10кВ, 630А 20кА	10кВ, 630А 20кА	10кВ, 630А 20кА	10кВ, 630А 20кА	10кВ, 630А 20кА
Трансформатор тока Тол СЭЩ-10	---	10кВ 100/5 0,5/10Р	10кВ 100/5 0,5/10Р	10кВ 100/5 0,5/10Р	10кВ 100/5 0,5/10Р	10кВ 100/5 0,5/10Р
Трансформатор напряжения	НАМИТ-10-2	---	---	---	---	---
ОПН	КС/ТЕЛ-10/10,5	КС/ТЕЛ-10/10,5	КС/ТЕЛ-10/10,5	КС/ТЕЛ-10/10,5	КС/ТЕЛ-10/10,5	КС/ТЕЛ-10/10,5
№ схемы КРУ СЭЩ-59	24-10	08В-630	08В-630	08В-630	08В-630	08В-630
Порядковый номер шкафа	1	2	3	4	5	6

Рисунок 2.8.1- Возможная схема электроснабжения КРУН-10 кВ

Электрическое соединение комплектного распределительного устройства на напряжение 10кВ от дизельной генераторной установки так же на напряжение-10 кВ, обладающая полной вырабатываемой мощностью= 1,8МВт выполняется кабелями марки Nexans N2XSEN-3x70 RM/16 с внутренней защитной частью из сшитого полиэтилена. Приводные механизмы резервных насосов НОП-8, НОП-9 питаются от ячеек № 2, 3 распределительного устройства. Первая секция КРУ-10 кВ питается от ячейки № 5 кабельными линиями производством фирмой Mediastrip RGH 3x70 RM/35 с защитой жил из этиленпропиленового каучука. Данный материал не распространяет горение и в своем составе не содержит галогенов.

Протяжка силовых кабелей производится по специальной кабельной трассе. Изначально по кабельной шахте, далее по заново возведенным конструкциям для прокладки кабелей по трассе, до силовых насосов на участке соответствующего

отметке 10,300м. кабельная линия, протянутая от ячейки № 5 комплектного распределительного устройства 10кВ, неподалеку от насосов, соединяются специальной кабельной муфтой с кабелем и питает ячейку № 45 1 секции распределительного устройства на напряжение 10кВ ГЭС. Техническое присоединение №2 закрытого распределительного устройства напряжением 10 кВ собственных нужд пульты управления на открытом распределительном устройстве 500кВ питается от 10кВ силовым кабелем марки N2XSEN-3x70 RM/16 10кВ с защитой жил изоляцией, состоящей из материала: сшитого полиэтилена, прокладываемого в траншее, после в специально туннеле для прокладке кабелей, до распределительного устройства 500кВ по вновь проложенным кабельным каркасам марки ОВО Bettermann.

Для кабельной линии на напряжение 10кВ применяется кабель с величиной сечением жил 3\*70мм, изоляция которых из материала: сшитого полиэтилена. Выбирается с учетом по устойчивости от не возгорания при максимальном значении тока нагрузки в момент короткого замыкания.

Электропитание напряжением 0,4кВ для собственных нужд щита дизель генераторной установки 10кВ предполагается от первой и второй секции имеющегося электрощита распределительного устройства 0,4кВ, который располагается в здании предназначенном для пожарного депо, от имеющихся аварийных автоматических силовых выключателей.

Рассчитанная полная нагрузка на напряжение 0,4 кВ составляет 20,0кВт, к ним относятся:

10,0кВт - питание собственных нужд для электроприборов контейнера с дизельной установкой 10кВ

5,0кВт - питание собственных нужд комплектного распределительного устройства 10кВ

5,0кВт - питание собственных нужд контейнера с резервным баком для топлива. Энергетические щиты для питания цепей собственных нужд. Данное

оборудование заказываются и поставляются совместно, комплектно с контейнерами.[16]

Для электроснабжения напряжением 0,4кВ выбирается:

Силовой кабель с применением изоляции из материала: сшитого полиэтилена с дополнительной огнестойкой броней, маркой N2XНВН FE180. производитель Nexans.

Энергетические кабели протягиваются:

Скрытым методом в специальных трубах из стали закреплённые скобами к строительному основанию;

Скрытым методом под землей в асбестоцементных трубах в специальных траншеях

Открытым способом в имеющихся лотках по кабель каналным конструкциям, исполненных в забетонированном фундаменте под контейнеры для ДГУ.

Толщина одной жилы кабельной линии на напряжение 0,4кВ принята из следствия рассчитанной мощности нагрузки и возможных значениях потерь напряжения в энергетической сети, превышение величин которых не должно достигать 5%.

Для расчистки и присоединений кабельных линий напряжением 10кВ и 0,4кВ применяются кабельные муфты для концевая и соединения, производством фирмы TycsElectronicsRaychemGmbH.

Перепады высот для прокладки кабелей по бетонным стенам на максимальную высоту достигают двух метров. Необходима защита водогазопроводной трубой из стали. Сквозные проходы сквозь стеновые промежутки и перекрытия предусматривается в трубах из стали. Обработка проходных отверстий запроектирована с применением систем не горючих кабельных проходов, произведенных фирмой ОВО Bettermann основываясь на данных ПУЭ.[2]

Устройство для осуществления заземления генераторной установки и комплектного распределительного устройства 10кВ выполняется с четким следованием требований к сопротивлению. Значение, величины сопротивления в любой момент времени года не должен превышать 0,5Ом и исполняется с помощью электродов из стали круглой формы, присоединённых с помощью полосы из стали, размерами 4х40мм и подключенными к заземляющему контуру здания. Молниезащита генераторной установки 10кВ и распределительного устройства 10кВ произведена отдельно стоящим молниеотводом марки МС-32,8 высотой 32,75 на основании данных ПУЭ и инструкциям по применению устройств молние защиты зданий и сооружений.

Генераторная установка, комплектное распределительное устройство, кабельные линии, кабельные металлические конструкции, молниеотвод МС- 32,8 соединяются с имеющимся заземлительным контуром сооружений ГЭС, для участка монтажной площадки на верхнем бьефе, применяется стальная пластина размерами 4\*40мм с помощью сварки.

Работы по установке и подключению электрического оборудования необходимо выполнять, основываясь на требованиях ПУЭ, ПТБ, СНиП.

Таблица 2.8.2 – паспортные данные кабелей и проводов

Количество и размер жил, значение напряжения	Модель, тип		
		N2XSEN	(F) MEDIAstrip RGH
3*60/15 мм <sup>2</sup> , 10кВ	14 м		
3*60/15 мм <sup>2</sup> , 10кВ	670 м		

Продолжение таблицы 2.8.2

25*60/30 мм <sup>2</sup> ,10кВ		329 м	
25*60/30 мм <sup>2</sup> ,10кВ		329 м	
5*65/30 мм <sup>2</sup> ,10кВ		329 м	
5*30 мм <sup>2</sup> ,1кВ			72 м
5*30 мм <sup>2</sup> ,1кВ			72 м
5*30 мм <sup>2</sup> ,1кВ			27 м
5*30 мм <sup>2</sup> ,1кВ			27 м
5*30 мм <sup>2</sup> ,1кВ			27 м
5*8 мм <sup>2</sup> ,1кВ			36 м

**2.9 Технологический расчет кабельных линий для питания по допустимой величине значения силы тока и вероятные потери по напряжению для питания электроэнергией насосные станции “Южную” и “Северную”**

Паспортные данные кабельных линий:

- номинальное значение полной мощности силовых трансформаторов на среднем напряжении =630кВА
- значение номинальной мощности электрического двигателя, предназначенного для питания задвижек марки Shiebel для трубопроводов, отходящих от насосов = 9 кВт

- величина номинальной мощности электрического двигателя, предназначенного для питания задвижек деаэрационных труб, по которым вода попадает в помещение, мокрой потерны составляет 1,5кВт
- номинальная величина мощности электрического двигателя вентиляторов по обдуву насосов =1,5кВт;
- номинальное значение мощности электрического двигателя, предусмотренного для питания задвижек установленных насосов =3кВт.

Обязательная последовательность подбора сечений, используемых проводников:

- определяется значение расчетного тока проводной линии, его длительное и кратковременное значение (к примеру, в момент пуска электродвигателей)
- исходя из значения величины расчетного тока, используемой кабельной линии, осуществляется применение уставки максимальной токовой защиты МТЗ (автоматических выключателей)
- выбирается сечение провода из данных значений, рассчитываемых токов линии;
- производятся проверки надежной работы и срабатывания устройств релейной защиты электрических аппаратов в момент короткого замыкания в самой удаленной точки сети.[10]

Расчетное значение длительно допустимого тока для электроприемников, имеющих трехфазное потребление, рассчитывается через формулу мощности:

$$I_{дл} = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi} \quad (2.9.1)$$

энергетический шкаф для ввода электрического питания на южной части потерны, вычисляется длительный ток, с помощью определения суммарной мощности, подключаемых электроприборов, учитывая коэффициент работы электроприборов в режиме параллели  $k_n=0,5$ .

$$I_{\text{швп}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{швп}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi} k_{\text{и}} + I_{\text{бп}} = \frac{1000 \cdot (9 \cdot 6 + 1,5 \cdot 8 + 3 \cdot 3)}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} \cdot 0,5 = 71,30 \text{ А.}$$

Следовательно, для питания насосных задвижек рассчитывается аналогично:

$$I_z = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 9}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} = 17,11 \text{ А.}$$

Для расчета тока, питающего электродвигатели задвижек и насосные вентиляторы:

$$I_{\text{zdt}} = I_v = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 1,5}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} = 2,85 \text{ А.}$$

Расчетное значение тока электродвигателей для задвижек 1, 2, 5

$$I_{\text{zdt}} = I_v = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} = 5,70 \text{ А.}$$

Для автоматической защиты электрического оборудования и кабельного хозяйства насосных станций, предлагается техническое применение выключателей автоматического исполнения, серии С62N и С123N, производством фирмы SchneiderElectric.

По предварительным расчетам, значения длительно допустимого тока, приняв во внимание то, что основную часть силовой нагрузка составляют электродвигатели, а также предусмотренный некоторый запас, по соотношению к расчетным данным, принимается исходя из номенклатурного перечня автоматов производством SchneiderElectric:



Значение силы номинального тока автоматических выключателей энергетического щита, для питания собственных нужд  $I_{асн}=127А$ , обладающий кратностью величины уставки защиты токовой отсечки  $7\div 10 I_{нв}$

- значение тока вводного автоматического выключателя питающего шкаф ввода  $I_{ашвп}=80А$

- значение номинального тока автоматического выключателя для коммутации задвижек насосов  $I_{аз} = 25А$

- номинальное значение тока выключателей для подключения задвижек ДТ, Z1, Z2, Z5 и вентиляторов для обдува насосов  $I_{аздт}=I_{ав}=10А$ .

Сечение проводников на напряжение до 1кВ по характеристикам внутреннего нагрева, рассчитывается по таблицам 1.3.1÷1.3.18 возможных длительных токовых нагрузок, представленных в Правилах устройств электроустановок в 7 издании или в паспортных данных от завода производителя. По мимо всего прочего, рассчитываемая величина максимального значения нагрузки на провода или кабели при оптимальных условиях протяжки, рассчитывается из уравнения:

$$I_{ном.дл} \geq \frac{I_{дл}}{K_{п}}, (2.9.2)$$

где  $I_{дл}$ -значение расчетного, длительного тока линии.

$K_{п}$ -величина поправочного коэффициента по условию протяжки силовых проводов и кабельных линий.

величина поправочного коэффициента  $K_{п}$ , предусматривающего среду протяжки К.Л. состоит из:

а) Корректировка на значение температуру окружающей среды. Когда температура окружающей среды на самом деле различается от обычной, применяется коэффициент поправки  $K_{п1}$ , значение которого выбирается из таблицы в ПУЭ. В зависимости от величины значения разрешенной

максимальной температуры провода и температуры окружающей среды в настоящее время.

б) Допустима возможная поправка на количество кабелей, прокинутых через одну, общую траншею или короб. Когда кабели прокладываются в одной траншее или одном коробе в количестве больше одного кабеля, необходимо вводить коэффициент для поправки  $K_{п2}$ , выбираемый из таблицы 1.3.12 ПУЭ 7 издание. Кабели, имеющие слабую загруженность или резервные, данный коэффициент для поправки не учитывается.[2]

в) Корректировка на режимы работ: повторно непродолжительный и кратковременный.

Электрические проводники, имеющие повторно непродолжительный режим функционирования, предусматривают прирост значения нагрузки, принимая во внимание поправочный коэффициент  $K_{п3}$ , который рассчитывается по формуле:

$$k_{п3} = 0,875 \sqrt{\frac{t_p}{t_{ц}}}, (2.9.3)$$

где  $t_p$  – продолжительность времени периода работы

$t_{ц}$  – суммарное время цикла.

Представленный коэффициент, принимающий увеличение разрешенной величины нагрузки на проводах, может быть использован учитывая следующие условия:

Количество рабочего времени периода рабочего цикла в момент повторно кратковременного вида работ не должно превышать 4 минуты, а количество времени для отключения, не меньше 6 минут

Толщина жил проводов из меди не менее  $10\text{мм}^2$  и величина сечения

алюминиевых проводов не меньше  $16\text{мм}^2$ .

Регулирование на повторное кратковременное и кратковременное функционирование представленных расчетных данных не берется.

В случае, если требования по работе проводников обязывают применение некоторых поправок, следовательно, суммарный коэффициент для поправки рассчитывается умножением друг на друга единичных коэффициентов.

Выбирая применяемые аппараты для защитные и выбора сечения проводников в любых случаях обязаны соответствовать условию. Защитные электрические аппараты, обязательно должны надежно обесточить электроприборы от короткого замыкания, которое произошло в максимально удаленной точки электрической сети.[10]

Значение силы тока при вычислении однофазного короткого замыкания рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{к}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф}}}{\frac{z_{\text{т}}^{(1)}}{3} + z_{\text{пт}}}, (2.9.4)$$

Где  $U_{\text{ф}}$  – фазное значение напряжения в сети (230В)

$z_{\text{т}}^{(1)}$  – сопротивление петли гистерезиса фаза ноль электро трансформатора

$z_{\text{пт}}$  – значение полного сопротивления петли гистерезиса- фаза ноль, от питающего силового трансформатора, до места точки короткого замыкания, рассчитывается по данным приведенным ниже

$$z_{\text{пт}} = z_{\text{пт.уд}1} l_1 + z_{\text{пт.уд}2} l_2 + \dots + z_{\text{пт.уд}n} l_{n1} \text{ или } z_{\text{пт}} = z_1 + z_2 + \dots + z_n, \text{ Ом .}$$

Число величины удельного сопротивления для петли фаза ноль, электропроводников и силовых трансформаторов рассчитывается исходя из справочных данных.

Чувствительность к значениям тока КЗ отсечка для применения к автоматическим выключателям, тестируются по минимальному значению однофазного токов, в местах дефектов зажимов, у максимально удаленного потребителя для защиты участка энергетической сети.

Числовой коэффициент для чувствительности в случае указанного повреждения обязательно должен быть не менее

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_{\text{к}}^{(1)}}{I_{\text{с.о}}} \geq 1,1k_{\text{р}} = 1,27, (2.9.5)$$

Где  $I_{\text{к}}^{(1)}$  – значение величины тока однофазного КЗ, протекающего через автомат.

$k_{\text{р}}$  – значение коэффициента разброса, применяемого для автоматических выключателей фирмы SchneiderElectric 1,15.

Когда автоматический выключатель не проходит по величине заданной чувствительности, предписывается увеличение сечения для питающего кабеля.

Для определения значения величины сечения питающей кабельной линии, для участка от шин собственных нужд до энергетического шкафа для ввода, питающего южную насосную станцию, принимается значение  $K_{\text{п1}} = 0,85$  с учетом температуры окружающего воздуха (максимально возможная величина:  $+40^{\circ}\text{C}$ ) по данным в таблице ПУЭ и  $K_{\text{п2}} = 1$  в зависимости от вида протяжки кабельной линии (многослойно и пучками, максимум возможно 10 многожильных кабельных линий с электроприемниками обладающими коэффициентом для использования более 0,7) по данным из таблице ПУЭ (издание 7).

По данным характеристикам нагрева, возможный длительный ток линии рассчитывается:

$$I_{\text{ном.дл}} = \frac{I_{\text{дл}}}{k_{\text{п1}} + k_{\text{п2}}} = \frac{71,30}{0,85} = 83,88 \text{ А} .$$

По данным из ПУЭ (издание 7) для начала применяем сечение кабеля с медным сердечником и имеющего четыре жилы, который будет проложен в воздухе с размерами:  $25\text{мм}^2$  (возможная величина длительного тока при условии прокладке в воздушной среде = 95А).

В данном случае величина однофазного тока короткого замыкания на землю, на участке ввода в энергетический шкаф при размере питающей электрической линии = 70м и обладающего величиной удельного сопротивления, КЛ из меди с сечением  $25\text{мм}^2$  и сопротивлением=1,73Ом/км

$$I_{\text{км}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{т}}^{(1)}}{3} + z_{\text{пт.уд}} l_1} = \frac{230}{0,002 + 1,73 \cdot 0,07} = 1868,4 \text{ А} .(2.9.6)$$

Где  $Z_{\text{пт}}$  сумма сопротивлений для петли фаза ноль силового трансформатора, воздушной линии на напряжение 0,4кВ и питающейся от кабельной линии.

Число для коэффициента чувствительности автоматических силовых выключателей, питающего щиты среднего напряжения

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_{\text{к}}^{(1)}}{I_{\text{с.о}}} = \frac{1868,4}{1250} = 1,49, (2.9.7)$$

Данный коэффициент удовлетворяет необходимым условиям.

Определение величины сечения кабельной линии предназначенных, для питания электроэнергией насосных задвижек, принимаются значения  $K_{п1} = 0,85$  и  $K_{п2} = 1$ .

Расчетный ток линии рассчитывается по условию нагрева длительным током

$$I_{\text{ном, дл}} \geq \frac{I_{\text{дл}}}{K_{п1} + K_{п2}} = \frac{17,11}{0,85} = 20,13 \text{ А} \quad (2.9.8)$$

По данным из таблице ПУЭ, предварительно принимаем сечение кабеля из меди с четырьмя жилами, прокладываемого в воздушной среде –  $2,5 \text{ мм}^2$  (возможный длительный ток для прокладке кабелей в воздухе составляет 25А). Принимая во внимание значение номинального тока, значения токовой отсечки автоматического выключателя защиты составляет 250А. Предусматривается выполнение кабельной линии до специального промклемника на напряжение 0,4кВ располагающегося на отметке 6,700м, с величиной сечения  $10 \text{ мм}^2$  (длина кабеля 70м), до электродвигателя кабельной линией сечением  $2,5 \text{ мм}^2$  (длинной 10м).

В данном случае значение тока однофазного короткого замыкания на землю, соответствующего, концу линии и обладающему удельным сопротивлением кабельных линий с медными жилами и сечением  $2,5 \text{ мм}^2$  с проводимостью  $17,37 \text{ Ом/км}$  и сечением  $10 \text{ мм}^2$  с сопротивлением  $4,34 \text{ Ом/км}$

$$I_{\text{км}}^1 = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\Gamma}^1}{3} + z_{\text{пт, уд}1} l_1 + z_{\text{пт, уд}2} l_2} \quad (2.9.9)$$
$$= \frac{230}{0,002 + 1,73 \cdot 0,07 + (4,34 \cdot 0,07) + (17,37 \cdot 0,01)} = 382,8 \text{ А} .$$

Где, сумма сопротивлений для петли фаза ноль силового трансформатора, воздушной линии на напряжение 0,4кВ, питающей кабельные линии и кабеля до электродвигателя задвижки.

Значение чувствительности для автоматических выключателей, питающих электродвигатели задвижек:

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_{\text{к}}^{(1)}}{I_{\text{с.о}}} = \frac{382,8}{250} = 1,53, (2.9.10)$$

Рассчитанный коэффициент удовлетворяет поставленным условиям.

Для кабельной линии, питающей задвижки, 1, 2, 5 и вентиляторы, отталкиваясь от предыдущих расчетных данных, принимается кабель с сечением 2,5мм<sup>2</sup>, с четырьмя медными жилами, проложенного в воздухе.

В данном случае значение силы тока короткого замыкания на участке в конце линии:

$$I_{\text{км}}^1 = \frac{U_{\text{ф}}}{\frac{z_{\text{т}}^1}{3} + z_{\text{пт,уд1}}l_1 + z_{\text{пт,уд2}}l_2} = \frac{230}{0,002 + 1,73 \cdot 0,07 + (17,37 \cdot 0,08)} = 152,05 \text{ А.} (2.9.11)$$

В данном случае величина коэффициента чувствительности автоматов рассчитывается:

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_{\text{к}}^{(1)}}{I_{\text{с.о}}} = \frac{152,05}{100} = 1,52, (2.9.12)$$

Рассчитанный коэффициент удовлетворяет поставленным условиям.

При данных сечениях кабелей, величина потерь на напряжение в линии, в %, рассчитывается исходя из формулы для линии с трехфазным переменным током

$$\Delta U = \frac{1}{10\gamma U_H^2} \cdot \frac{\sum P_l}{S} \text{ или } \Delta U = \frac{1,73}{10\gamma U_H} \cdot \frac{\sum P_l}{S}, (2.9.13)$$

где  $\gamma$  – удельное значение проводимости материала, из которого состоят жилы проводов, м/ (Ом·мм<sup>2</sup>)

проводники имеющие медные жила  $\gamma=57,1$  м/Ом\*мм<sup>2</sup>, проводники обладающие алюминиевыми жилами  $\gamma=35,7$  м /Ом\*мм<sup>2</sup>.

$U_H$ - величина номинального напряжения в энергетической сети, кВ(для сети с трехфазным напряжением,  $U_H$  – напряжение междуфазное)

$S$  – размеры значения сечение электропроводника, мм<sup>2</sup>

$\sum P_L$  – суммарное значение нагрузок, проходящих через кабельные и воздушные линии, на протяженность данного участка, кВт\*м;

$\sum I_L$ – суммарное значение активных составляющих силы тока, проходящих через кабельные и воздушные линии, на протяженность данного участка, А\*м.

Суммарная величина перемноженных друг на друга величин нагрузок (или токов) на протяженность линии, обязана быть рассчитана.

Для питания электродвигателей, питающих задвижки насосов при максимальной нагрузке

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{1}{10\gamma_M U_H^2} \cdot \frac{P_{кл1}}{S_1} + \frac{P_{кл2}}{S_2} + \frac{P_{кл3}}{S_3} = \\ &= \frac{1}{10 \cdot 57,1 \cdot 0,38^2} \cdot \frac{37,50 \cdot 70}{25} + \frac{9 \cdot 70}{10} + \frac{9 \cdot 10}{2,5} = 2,47\% \leq 5\%. \end{aligned}$$

Расчетное значение для питания электродвигателей задвижек и вентиляторов по обдуву насосов.



$$\Delta U = \frac{1}{10\gamma_M U_H^2} \cdot \frac{P_{кл1}}{S_1} + \frac{P_{кл2}}{S_2} \quad (2.9.14)$$

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

Рассчитанное значение напряжение удовлетворяет поставленным условиям.

Для расчета электродвигателей, питающих задвижки 1, 2, 5

$$\Delta U = \frac{1}{10\gamma_M U_H^2} \cdot \frac{P_{кл1}}{S_1} + \frac{P_{кл2}}{S_2} =$$

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

Данный расчет напряжения удовлетворяет условиям.

Для приведения к единой системе применяемого оборудования для участка северной насосной, предлагается использование аналогичных значений для применения на автоматических выключателях и сечениях кабельных линий.[10]

## **2.10 Выбор используемого КРУН для принятых дизель генераторных электростанций 10 и 0,4кВ**

Комплектное распределительное устройство на напряжение 10кВ, комплектуется совместно с поставляемым оборудованием для дизельной генераторной установки 10кВ, следовательно, в данной работе требуется только выбор числа ячеек в КРУН. Было принято выбрать 6 энергетических ячеек модификации К-59. К этим ячейкам относится одна рассчитанная для подключения

трансформатора напряжения 10 кВ. На рисунку 2.10.1 показан внешний вид используемого КРУН 10кВ.



Рисунок 2.10.1- Наружный вид и комплектность распределительного устройства на напряжение 10 кВ

КРУН на напряжение 0,4кВ комплектуется и поставляется совместно с оборудованием для дизельной генераторной установки 0,4кВ. В данной работе требуется только выбор количества ячеек в КРУН. Было принято выбрать 4 энергетических ячейки модификации К-52. К этим ячейкам относится одна рассчитанная для подключения трансформатора напряжения 0,4кВ. На рисунку 2.10.2 показан внешний вид используемого КРУН 10кВ.



Рисунок 2.10.2- Наружный вид и комплектность распределительного устройства на напряжение 0,4кВ

## 2.11 Выбор средств релейной защиты

Для релейной защиты дизель генераторных установок, как правило, в настоящее время используются реле на электромеханической основе, применение которых уже не актуально, по причине того, что они устарели и начинают покидать рынок устройств релейной защиты.

Прогресс устройств РЗА уверенно идет в верх и на смену электромеханическим и индукционным устаревшим реле, приходят и постепенно занимают лидирующее место на рынке, устройства защиты на микропроцессорной базе. На микропроцессорных устройствах РЗА, возможно применение всех наборов защит, что и на электромеханических основах.

Устройства на цифровой базе, более эффективны к работе с дизельными электродвигателями. Микропроцессорные устройства соответствуют поставленным

требованиям для релейной защиты: быстрота срабатывания, высокая надежность, одновременность срабатывания и чувствительность к колебаниям в энергетической сети и электроустановках, и также не мало важный фактор, намного компактны в отличие от механических реле. На рисунке 2.11.1 изображен внешний вид энергетического шкафа для релейных защит на механических реле, на рисунке 2.11.2 изображается шкаф для защит дизельных электродвигателей на базе микропроцессорных терминалов[21]

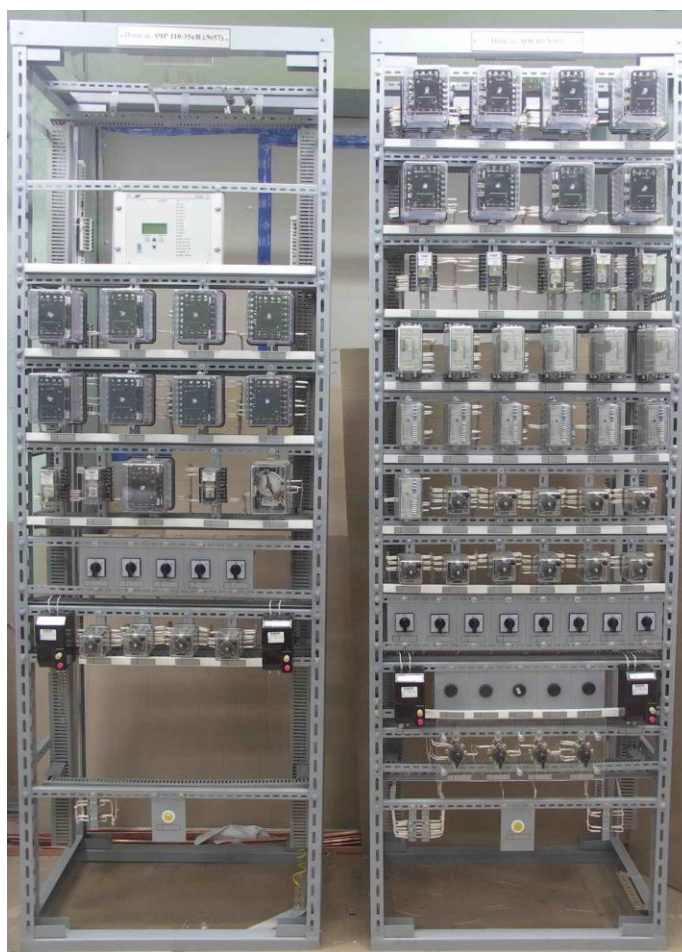


Рисунок 2.11.1- Энергетический шкаф для защиты ДГУ на механических реле



Рисунок 2.11.2- Шкаф энергетический для микропроцессорных защит электродвигателей

Часто встречающиеся энергетические повреждения на генераторных установках:

Одно из самых распространенных повреждений в дизельных электроустановках являются электрические повреждения (отклонение от нормального режима работ генератора), в большей степени к ним относятся нарушения в изоляции обмоток статора и ротора. В большинстве неисправностей происходят неполадки, связанные с обмотками статора, возникновение которых может спровоцировать замыкания меж витков обмоток.

Часто встречающиеся опасности, которым подвергается изоляция обмоток статора по отношению к ротору, в момент разрушения целостности изоляции обмоток, что может быть следствием большого количества факторов.

Короткие замыкания одной фазы на землю или корпус – замыкание неисправной фазы с нарушением целостности изоляции обмоток статора. Вероятные причины, приводящие к повреждениям: постепенное нарушение целостности изоляционного слоя, до момента наступления пробоя, по причине частых коммутационных действий и возможных перенапряжениях в сети.

Двух, трех и межвитковые замыкания фаз в обмотках статора – короткие замыкания двух и трех фаз в обмотки статора и двойные КЗ на землю, однофазное короткое замыкание на одной фазе статора, двухфазное короткое замыкание в другой фазе либо в том же двигателе, либо в сети от которой он питается.

Повышение температуры генераторной установки в момент перегрева при достижении значения тока в обмотках.

Несимметричный режим питания, в случае, когда электрическое магнитное поле движется с угловой синхронной скоростью, но направление статора противоположно.

На микропроцессорных блоках релейной защиты возможно реализовывать всю вышеперечисленную защиту при повреждениях в дизельных электроустановках.[21]

Одним из самых популярных для применения в паре с дизель генераторными установками, является микропроцессорное устройство защиты, производимое фирмой SPASсерии 810.

Рассматривается функция дифференциальной токовой защиты с возможным торможением электродвигателя

Продольная дифференциальная защита с торможением (ДЗТ) предназначена для обеспечения селективной коммутации дизельных электроустановок при возникающих замыканиях между фазами в защищаемой зоне под защитой данного устройства. Сквозная величина тока применяется для защит с торможением, для применения автоматической регулировки значения уставок срабатывания в соответствии с введёнными характеристиками для торможения. Благодаря

применению сквозного тока возможно избавиться от не правильной работы защиты при коротких замыканиях вне зоны действия защиты, при насыщении трансформаторов тока.

Дистанционная защита исполнена с возможностью контроля фазных токов во всех трех фазах, расположенных со стороны выводов к нагрузке генератора и всех фазных токов со стороны нейтрали генератора.

Дифференциальное значение тока рассчитывается как возможная действующая величина геометрической суммы силы токов, питающихся от выводов к нейтрали и нагрузке генераторов.

### **Устройства РЗА для Дизель генераторной установки 10кВ**

Возможные технические выходы и решения по применению оборудования РЗА комплектного распределительного устройства 10кВ:

Выполнение защит на базе микропроцессорных терминалов, производством фирмы SPAC. Применяемые микропроцессорные терминалы устанавливаются в релейных шкафах распределительных устройств 10 и 0,4кВ серии СЭЩ-59, СЭЩ-52 (К59;К52) произведённого на Самарском заводе «Электрощит». Микропроцессорные терминалы SPAC позволяют осуществлять следующие эксплуатационные моменты:

- функции релейной защиты, автоматики и управления для электроустановок, предписывающих ПУЭ и ПТЭ
- введение внутренних конфигураций защиты (ввод / вывод релейной защиты и автоматики, применение различных защитных характеристик и т.д.)
- введение и хранение заданных значений уставок для защит и автоматики
- контроль и отображение состояния силового выключателя и контроль целостности цепей управления;
- бесперебойный контроль состояния оборудования и сети (самодиагностика) на протяжении всего рабочего времени;



- отключение всех имеющихся выходов в неисправном режиме, прибор для исключения ошибок и необоснованных отключений

- Прием сигналов в дискретных видах, манипуляции по включению и отключению, выдача управляющих команд, сигнализация в аварийных режимах и предупредительная

- Для высокой помехозащищенности на гальванической развязки у всех входов и выходов необходимо включить питание

- большое значение сопротивления и величина прочности изоляции для вводов по отношению к корпусу и между фазами для осуществления увеличения устойчивости электроустановок перенапряжению, которые возможны возникать во вторичных, оперативных цепях распределительного устройства.

**Релейная защита для ячейки №4 силового ввода от дизельного генератора. Ввод № 5 от КРУН напряжением 0,4 и 10кВ. №6 питание от закрытого распределительного устройства 0,4 и 10кВ**

Релейная защита выполнена базе микропроцессорного устройства, терминал SPAC-810, который предоставляет выполнение необходимых действий защиты и автоматики:

-МТЗ (максимальная токовая защита) с тремя ступенями защит от возможных междуфазных коротких замыканий с возможностью отслеживать значения фазных токов;

- Защита от возможного обрыва фазного провода, питающей ячейки
- устройство защиты от минимального значения напряжения
- Логическая защита шин (ЛЗШ)-от замыканий на шинах
- Коммутационные действия для управления силовым выключателем от внешних команд

- Отключение силового выключателя по сигналу от входа УРОВ (устройство резервного отключения выключателя) нижестоящих выключателей.



## **Защита для ячеек №2, 3 линий высоковольтных электродвигателей и насосов по откачки НОП-8, НОП-9**

Релейные защиты исполнена на микропроцессорном устройстве, на базе терминала SPAC-810-Д, который позволяет обеспечить следующие виды защит и автоматики:

- МТЗ (максимальная токовая защита) с тремя ступенями защит от возможных междуфазных коротких замыканий с возможностью отслеживать значения фазных токов, двух или трех фаз

- Защита от возможного термического перегрева электродвигателя

- Защита от долгого пуска

- блокировка ротора

- Защита от понижения до минимального значения напряжения (ЗМН);

- Защита от возможного обрыва фазного провода, который питает ячейки (ЗОФ)

- Защита от возможных коротких замыканий одной фазы на землю (033);

- Коммутационные действия выключателя от воздействия внешними командами (включая момент отключения электро установки от основных технологических защит насосов)

- передача аварийного сигнала на отключение защит УРОВ (устройство резервного отключения выключателя) в момент отказа выключателя на электродвигателе

- Автоматическое повторное включение после срабатывания защит от минимального напряжения

- передача аварийного сигнала пуска максимальной токовой защиты для запуска логической защиты шин.

## **Релейная защита отходящей ячейки №1 для трансформатора напряжения**

Релейная защита ТН исполнена на базе микропроцессорного терминала SPAC-810-Н, позволяющего выполнять следующие функции:

- защита от минимального напряжения с тремя ступенями защиты (ЗМН - 1, ЗМН - 2 и ЗМН – 3) от возможного исчезновения напряжения на электроприборах, с возможностью отслеживать трех линейного напряжения.

- защита от возможного возрастания напряжения;

- Защита от коротких замыканий на землю одной фазы по значению напряжению нулевой последовательности

- Формирование импульсного сигнала для возможного одобрения для пуска максимальной токовой защиты МТЗ (вольт метровое блокирование или комбинированный запуск по напряжению) для последующего срабатывания защиты от дуговых замыканий;

- отслеживание внутреннего состояния трансформатора напряжения;

- Формирование сигналов изменения величины напряжения на с.ш.

## **Логическая защита шин (ЛЗШ) комплектного распределительного устройства 10кВ**

ЛЗШ выполнена благодаря устройствам, установленным на силовых вводных выключателях ячеек № 4, 5, 6 и на выключателях линии к электродвигателям ячеек № 2, 3. ЛЗШ быстро воздействует на отключение вводных выключателей (через которые в момент повреждения производится электропитание секции) при повреждениях на с.ш. методикой «выбора от противного», имеющиеся короткое замыкание на шинах регистрируется в момент аварийного значения тока при отсутствии запуска защит, устанавливаемых на питающихся присоединениях.

Возможности логической защиты шин обеспечивают резервную ступень для резервирования токовой защиты, срабатывание которой возможно заблокировать

воздействием внешнего сигнала. Для сигнала блокировки ступеней логической защиты шин применяются выходные контакты «Запуск МТЗ » защит отходящих от фидеров.

Схема ЛЗШ осуществляется благодаря параллельно подключенным выходным блокирующим сигналам от защит фидеров. Это происходит с помощью использования замыкающих контактов реле « Пуск МТЗ » микро процессорных устройств релейной защиты питающихся присоединений и введением соответствующих уставок в вышестоящих защитах вводов.

### **Устройство резервирования отказов выключателей (УРОВ) присоединений КРУН 10кВ**

Пуск функции микропроцессорной релейной защиты производится в момент срабатывания любой из имеющихся защит из числа внутренних и внешних. При воздействии командных отключений от ключа управления, от телемеханики, от линии связи, импульс запуска не осуществляется.

Одним из важнейших требований для пуска УРОВ является электропитание (из трех фаз максимального), больше величины значения минимальной величины уставки максимальной токовой защиты, срабатывающей на отключение.

Дискретные входы сигналов микропроцессорных устройств вводов питаются через дополнительно подключенные промреле к элементам защиты, находящимся по схеме на отходящих присоединениях, и провоцируют немедленное отключение коммутационного аппарата, откуда запрашивается секции.

### **Релейная защита от возможных дуговых замыканий распределительного устройства 10кВ**

Опираясь на информацию из данных по «Техническим требованиям устройств защиты, от возможных дуговых замыканий в энергетических шкафах

комплектного распределительного устройства на напряжение 6-10кВ» утвержденных РАО «ЕЭС России».

При возникающих дуговых замыканиях в отсеке энергетического шкафа отходящего присоединения распределительного устройства, приводит к действию на отключение вводных выключателей. В момент дугового замыкания на участках высоковольтного оборудования и вводов ячеек, земляная дистанционная защита, воздействует на вывод вышестоящих выключателей к источнику питания. В момент образования дуговых коротких замыканий в комплектном распределительном устройстве, исходя от места повреждения, электрическая схема земляной дистанционной защиты без выдержки времени пускает сигналы «сухой контакт» что приводит к отключению секции шин либо вышестоящих выключателей. После полного обесточенный аварийного участка, персоналу необходимо определить место возникновения дугового замыкания.

### **3. Сметная стоимость примененного оборудования**

Заказанных спецификаций приобретаемого оборудования и материалов, согласованных с заказчиком

Данных фирм поставщиков по стоимости оборудования и материалов, согласованных с Заказчиком.

Накладные расходы приняты в соответствии с Методическими указаниями по расчетам количества накладных расходов на строительство. В соответствии с письмом Министерства регионального развития Российской Федерации при счете накладных расходов для строительно-монтажных и пусконаладочных работ применен коэффициент 0.85.

Сметная прибыль принята в соответствии с письмом Министерства регионального развития Российской Федерации при расчете сметной прибыли для строительно-монтажных и пусконаладочных работ применен коэффициент равный 0.8.

Для отображения в сметных расчетах влияния условий производства монтажных работ, приведенных в проекте соответствии с МДС 81-34.2004, принят коэффициент  $K=1,35$  (производство работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением внутри РП и ТП при наличии допусков) к нормам затрат труда, оплате труда (с учетом коэффициентов к расценкам из технической части сборников), нормы затраченного времени на эксплуатацию машин (включая затраты на оплату работ по обслуживанию машин).

Сводный сметный расчет стоимости строительства на создание системы контроля и защиты электродвигателей резервных насосов GRUNDFOSS1 и KSBAMAREXKRTK 350-636/Z 500 6 UNG-K представлен в таблице 3.1

Таблица 3.1- сметные стоимости

Наименование глав, объектов, работ и затрат	Монтажные работы	Оборудование, инвентарь	Прочих	Общая сметная стоимость, тыс. руб.
Электромонтажные работы по созданию системы контроля и защиты электродвигателей резервных насосов GRUNDFOSS1 и KSBAMAREXKRTK 350-636/Z 500 6 UNG-K	2594,22923	3019,51692		5613,74615
Пусконаладочные работы по созданию системы контроля и защиты электродвигателей резервных насосов GRUNDFOSS1 и KSBAMAREXKRTK 350-636/Z 500 6 UNG-K			978,02882	978,02882

Продолжение таблицы 3.1

Налог на добавленную стоимость 18%	466,96126	543,51305	176,04519	1186,5195
Всего по сводному расчету	3061,19049	3563,02997	1154,07401	7778,29447

Локальный сметный расчет на электромонтажные работы по созданию системы контроля и защиты электродвигателей резервных насосов GRUNDFOSS1 и KSBAMAREXKRTK 350-636/Z 500 6 UNG-K

Основание :

Сметная стоимость = 6624220,46 руб.

Монтажных работ = 2594229,23 руб.

Оборудование = 3019516,98 руб.

Стоимость оплату труда = 42535,04 руб.

Смета трудоемкости = 2803,64 чел. час

Монтаж оборудования = 1206975,3 руб.

Материалы для монтажных работ=1265468,95 руб.

Локальный сметный расчет на пусконаладочные работы по созданию системы контроля и защиты электродвигателей резервных насосов GRUNDFOSS1 и KSBAMAREXKRTK 350-636/Z 500 6 UNG-K

Основные :

Сметная стоимость прочих = 1154074,01 руб.

Стоимость оплату труда= 54708,17 руб.

Сметная трудоемкость = 3153,9 чел. час

### **3.1 Проведение технического диагностирования дизельных электростанция используемых на режимных объектах**

Дизельные генераторные установки являются одними из основных источников аварийного, бесперебойного электроснабжения для электропотребителей, относящихся к первой категории электропотребления.

Основываясь на «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей», для дизельных электростанций во времени после завершения установленного, нормативно-технической документацией, срока службы, обязаны производиться технические освидетельствования, для профилактики дальнейшего функционирования и условий эксплуатации. Освидетельствование по техническому состоянию оборудования относящегося к энергетическому, осуществляется по программе технического диагностирования систем электроснабжения.

Для обеспечения целостности работы по важнейшим, внутренним узлам дизельной электростанции, принимая во внимание, условия и режим работы используемого оборудования, применяется нормативный документ и принятый стандарт для проведения диагностических обследований, СТО 2-6.2-087-2006 «Методика по техническому диагностированию аварийных дизель-электрических станций энергохозяйства».

На ГЭС работы по техническому обслуживанию, диагностике и экспертизе безопасности энергетического оборудования производит специальный отдел в ведении которого находится данное оборудование либо для этого привлекается подрядная организация или приглашаются специалисты с организации производителя данной дизельной электроустановки.

Работы по обслуживанию электроустановок включают в себя диагностирование состояния всех основных элементов электростанции: дизельного двигателя, электросиловой части генератора, управление, защита и автоматика, вспомогательное оборудование.[26]



Техническая диагностика производится методом неразрушающего контроля с применением современных диагностических средств, что обеспечит очень большую достоверность итогов обследования без больших разборок оборудования электрогенератора. При этом, сроки вывода электростанций в ремонтное положение из аварийного дежурства, на момент диагностического проведения обследования, минимально.[22]

Техническая диагностика дизель генераторной станции производится как на работающей, так и на остановленной, выведенной электромашине.

Диагностика в момент работающей электроустановки включает в себя:

- стетоскопическое обследование (определение мест с посторонними шумами в основных узлах и агрегатах дизель генератора);
- вибрационное наблюдение (определение количество вибрации и анализ частотного спектра вибросигнала);
- тепловизионное рассмотрение (определение чрезвычайных перегревов элементов в дизельных установках);
- определение количество отработанных газов (определение настройки и работы топливного оборудования двигателя);
- индицирование рабочего процесса дизельного электродвигателя (рассмотрение состояния цилиндров, поршневой, механизмов распределения газов и топливной системы по показателям: наибольшее давление сгорания, давление конца сжатия, среднее индикаторное давление в цилиндре, индикаторная мощность цилиндра, угол опережения подачи топлива, частота вращения коленчатого вала).

В момент остановки ДЭС техническое диагностирование проводится:

- Проверка топливных системе
- обследование газораспределительного механизма
- осмотр групп цилиндров и поршневой
- обследование двигательной центровки
- химический и визуальный анализ масла (определение: вязкости, содержания влаги

и щелочи )

- измерение сопротивления изоляции
- проверка работы защит, реле и автоматики.[22]

Основная причина, приводящая к развитию дефектов различных основных элементов и узлов ДЭС, можно подчеркнуть следующие: не верный монтаж, применение низкого качества топлива и масла, непрерывное использование электростанции в ненормальных режимах.

Исходя из проведенных работ, можно сделать следующий вывод:

Предлагаемый план по техническому обслуживанию электроустановок позволит в достаточно полно оценить их техническую готовность и, увеличить период пользования резервных ДГУ. [26]

### **Обобщение представленного проекта:**

При разработки проекта был принят во внимание факт того, что на таком крупном режимном объекте, как жигулевская ГЭС был не предусмотрен третий независимый источник питания электроэнергией, для питания ответственных потребителей собственных нужд объекта.

После исполнения проекта в жизнь, полностью обесточены здания ГЭС от питания электроэнергией будет не страшно. В момент отключения питания, благодаря автоматике, будут запущены резервные дизель генераторные установки 0,4 и 10 кВ от которых будут запитаны наиболее важные приборы для поддержания ГЭС в штатном состоянии. Благодаря установке резервных насосов в мокрой потере, запитывающихся от предлагаемого на установку ДГУ 10кВ, в аварийных ситуациях не будет происходить затопления здания ГЭС с нижних этажей.

При аварийном питании имеющихся задвижек, генераторными установками 0,4 кВ, возможно быстрое ограничение попадания воды на гидроагрегаты, что позволит остановить вращение турбины и не допустить её разгон до критических скоростей.

В момент полного обесточения, возможно управление крановым хозяйством, запитанного от ДГУ 0,4кВ, для различных ремонтно-восстановительных работ в которых необходима транспортировка крупных грузов по территории ГЭС

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной магистерской диссертационной работе рассматривались технические мероприятия для разработки резервных систем электроснабжения для питания собственных нужд здания Жигулевской ГЭС в аварийных режимах.

Главными техническим мероприятием проекта являются применение и установка дизельных электростанции, по обеспечению резервного электропитания насосов необходимых для откачки воды попадающей в помещение мокрой потерны и питание кранового оборудования на ГЭС, КРУНа на напряжение 0,4 и 10кВ и выбор числа необходимых ячеек для применения при внедрение новой схемы.

Было установлено, что разработанная схема и система электроснабжения для питания собственных нужд здания Жигулевской ГЭС в момент чрезвычайных ситуаций, безусловно выгодна, как с технической и технологической стороны, так и с экономической. Это делает ее применение и воплощение в жизнь очевидной и необходимой.

Разработанные и предлагаемые схемы для электроснабжения резервных насосов позволяют обеспечить усиление защиты здания ГЭС от возможного затопления, а также работу кранов, щитовых отделений верхнего и нижнего бьефов.

При разработке данной работы были приняты во внимание итоги последствий чрезвычайного происшествия на Саяно- Шушенской ГЭС.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения : справочник: учебное пособие / Г.Н. Ополева; [сост. С.К. Кратов и др.]. - М.: ФОРУМ - ИНФРА-М, 2016.
2. Правила устройства электроустановок. Действующие разделы 6 и 7 издание, изм. и доп. По состоянию на 1 февраля 2017 г.-7-е издание, Литтерра, 2017.
3. Электротехнический справочник: В 4 томах, Том. 3 / Под общей редакцией В.Г. Герасимова и др. - 8-е издание, исправленное и дополненное - М. : Издательство МЭИ, 2017.
4. Правила технического эксплуатации электроустановок потребителей – М.: Омега-Л, 2015.
5. СТО 17330282.27.150.021-2017. Гидроэлектростанции. Условия строительства. Основные нормы и требования. [Текст]. - Введ. 2003-30-06.-М.: НП "Гидроэнергетика России" 2017.-238с.
6. Рожин, А.Н. Электроснабжение цеховых помещений: учеб. Пособие для расчетов курсовых и дипломных проектов /А.П. Рожин, С.Н. Бакшаева; Казанский гос. Ун-т, Электротехнический Фак., Каф. электроснабжения. - изд. – Киров: Издательство КазГУ, 2016.-259 с.
7. ПУЭ СО156-34.30.140-2013. Правила Устройства Электроустановок 7 издание [Текст]. – Введен. 07.08.2013. - М.: Утверждены приказом Министерством энергетики России № 308. 2013.- 352с.
8. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий/ В.В. Вахнина; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2011.
9. СП 19.14380.2017. Ген. планпром. предприятий [Текст]. – Внедрен 2017-28-04. - М.: ИПК Издательство стандартов, 20071. - 42 с.

10. 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.
11. Лыкин В.А. Электр. сист. и сети: учебное пособие / В.А. Лыкин. – Гриф УМО. - М. : Логас, 2010. – 372 с
12. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] : методические указания / Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2009.-124с
13. Шлыков, С.В. Потребители электрической энергии: учебное пособие / С.В. Шлыков, В.А. Шаповалов, Н.А. Шаповалова; ТГУ; Электротехнический факультет; кафедра “Электроснабжение и электротехника”. – ТГУ. – Тольятти: ТГУ, 2011.-91с.
14. Крючков, П.И. расчеты значений коротких замыканий и подбор электрооборудования [Текст]: Учебное пособие для студентов высших учебных Заведений/ под редакцией П.И. Крючкова и А.В. Старшинова. –М.: Издательство “Академия”, 2016. - 542с.
15. Кудрин, К.Б. Электроснабжение: Учебник / К.Б. Кудрин – М.: Academia, 2017.
16. ГОСТ 12.1.038 – 2001. Максимально допустимые величины напряжений и токов прикосновения [Текст]. –Внед. 1984-07-01. –М. :ИПК Издательство стандартов, 2011. –10с.
17. Макаров, Ф.Е. учебник по электротехническим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150кВ/ Ф.Е.Макаров.- Москва, 2015г.
18. ГОСТ Р 52736-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания [Текст]. –Внед. 2007-07-12. – М. : Филиал ОАО «НТЦ электроэнергетики» - ВНИИЭ, МЭИ, 2007. – 44 с.
19. ГОСТ Р 53846-2017. Короткие замыкания в электроустановках. Виды расчетов в электроустановках переменной величины тока с напряжением больше 1кВ [Текст]. – Внед. 2018-09-07. – М.: Филиал ПАО «НТЦ электроэнергетики» - ВНИИЭ, МЭИ, 2018. – 49 с.

20. Герасименко, А.А. Распределение и передача электрической энергии [Текст]: учебное издание / А.А. Герасименко, Т.В. Федин.-М.: КноРус, 2014.-597с.
21. Руководящие указания для расчетов значений тока короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 164-35,0-31,472-99 / [науч. Ред. Б.Н. Неклепаев]. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2016. – 154 с.
22. Холопов С.П., Петунин Ю.П. Применение Микропроцессорных блоков релейной защиты, для защиты электродвигателей.
- // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: V Всероссийская научно-техническая конференция: сборник трудов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. – С. 538-542.
23. Воротницкий, В. Э. Потери электроэнергии в электрических сетях. Ситуация в России. Зарубежный опыт анализа и снижения. [Текст]:библиотека электротехника / В.Э. Воротницкий – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2006.-104с.
24. Колик, В. Коммерческие потери электроэнергии. Методология снижения [Текст] / В. Колик.-М.:Энергоаудит - №1. - 2009.-[320?]
25. Методика проведения энергетических обследований предприятий и организаций.([http://bib.convdocs.org/v25188/Варнавский\\_б.п.\\_?page=2](http://bib.convdocs.org/v25188/Варнавский_б.п._?page=2))
26. Холопов С.П., Петунин Ю.П. Производство технического диагностирования дизельных электростанций // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Технологическая кооперация науки и производства: новые идеи и перспективы развития.» февраль 2018 г: в 1 ч./- Челябинск: Аэтерна, 2018.- с. 98-100
27. Холопов С.П., Петунин Ю.П. Исследование и внедрение унифицированного восстановления качества электроэнергии. // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Научные революции XXI века». 22 марта 2018 г: в 1 ч./- Казань: Аэтерна, 2018. - с. 112-119

28. Лоторейчук, Е.А. Теоретические основы электротехники : учебник для студентов учреждений сред. проф. Образования [Текст] / Е.А. Лоторейчук. - Гриф МО. - М. : Форум: Инфра-М, 2008. - 316 с.

29. Постановления правительства Российской Федерации. Функционирование розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии от 04.05.2017 № 453 // Российская газета.

30. Шелопин, С.А. Проблемы учета электроэнергии [Электронный ресурс] / С.А.Шелопин.-Электрика - №6.- 2011.

31. Messalti, S. Design of MV/LV Substation Transformer / F. Zituoni, I. Grechi. [Электронный документ] / University of M'silo, Faculty of Technology, M'silo, Algeria. - 2015. Published Online January 2015 (<http://file.scirp.org/Html/26596.html>) (дата обращения 9.04.2018).

32. Performak, Paul W. Physical Security of the U.S. Power Grid: High-Voltage Transformer Substations. [Электронный документ] / Specialist in Energy and Infrastructure Policy. - 2016. Congressional Research Service (<https://fas.org/sgp/crs/homsec/R43604.pdf>) (дата обращения 9.04.2018).

33. Cardoso, S.B. virtual reality system for real time control of electric substations / A. Cardoso.- 2018 IEEE Virtual Reality, 2018, pp. 173-189 (дата обращения 9.04.2018).

34. Sen, P. Design of 125/29KV Substation / B. Chatterjee, F. Sarkar. [Электронный документ] / West Bengal University of Technology, Indians. - 2016. International Journal of Computational Engineering Research ([http://www.ijceronline.com/papers/Vol3\\_issue7/Part3](http://www.ijceronline.com/papers/Vol3_issue7/Part3)) (дата обращения 9.04.2018).

35. Elmokais, D. New Computational Methodist in Power System Reliability. [Text] / D. Elmokias, Israel, Haifa, 2012. – 524 p (дата обращения 9.04.2016).