

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Разработка освещения объектов Жигулевской ГЭС»

Студент(ка)

Е.А. Кияшкина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Романов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

Данная выпускная квалификационная работа посвящена проектированию электроснабжения сетей освещения объектов Жигулёвской ГЭС.

ВКР включает в себя:

- расчёт электрических нагрузок рабочего и аварийного освещения;
- замену ламп накаливания на энергосберегающие лампы;
- выбор трансформатора освещения;
- расчёт токов короткого замыкания;
- выбор оборудования: щита рабочего освещения (ЩО 1Б), сборки аварийного освещения, стабилизатора, инвертора, шкафа АВР, ячейки КРУ;
- выбор и прокладку кабелей.

Расчетная часть ВКР написана на 60 листах, состоит из 9 разделов, содержит 17 таблиц, 19 рисунков.

Графическая часть ВКР выполнена на 6 стандартных листах формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Описание объекта проектирования	6
2 Расчет электрических нагрузок 1 блока здания ГЭС	7
2.1 Рабочее освещение	7
2.2 Аварийное освещение	10
3 Замена электрооборудования рабочего освещения 1 блока	20
4 Расчёт освещения	31
5 Выбор трансформатора освещения	36
6 Расчет токов короткого замыкания	39
7 Выбор кабелей 1 блока	45
7.1 Выбор сечения жил кабелей по экономической плотности тока	45
7.2 Проверка силового кабеля на термическую стойкость	46
8 Выбор электрических аппаратов и приборов	53
8.1 Выбор ячейки КРУ-10 кВ серии К-63	53
8.2 Проверка выключателя	55
8.3 Проверка ограничителя перенапряжения	59
9 Выбор схемы освещения водосливной плотины	60
Заключение	63
Список использованных источников	64
Приложение	66
Приложение А. Схема электрическая трансформаторной подстанции	66
Приложение Б. Кабельный журнал	68

Введение

Электроэнергетика – это комплексная отрасль хозяйства, которая включает в свой состав отрасль по производству электроэнергии и передачу ее до потребителя. Электроэнергетика является важнейшей базовой отраслью промышленности России. От уровня ее развития зависит все народное хозяйство страны, а также уровень развития научно-технического прогресса в стране.

Энергетический сектор обеспечивает жизнедеятельность всех отраслей национального хозяйства, способствует консолидации субъектов Российской Федерации, во многом определяет формирование основных финансово-экономических показателей страны. Природные топливно-энергетические ресурсы, производственный, научно-технический и кадровый потенциалы энергетического сектора экономики являются национальным достоянием России. Эффективное его использование создает необходимые предпосылки для вывода экономики страны на путь устойчивого развития, обеспечивающего рост благосостояния и повышение уровня жизни населения.

Особенность современного развития электроэнергетики – сооружение электроэнергетических систем, их объединение и расширение Единой энергетической системы (ЕЭС) страны. В России электроэнергию производят 500 крупных электростанций, 400 из них принадлежат РАО «ЕЭС России». Основными производителями электроэнергии являются тепловые электростанции. На их долю приходится 66 % произведенного электричества, гидроэлектростанции производят 18 % электроэнергии, атомные электростанции – 16 %. На

долю инновационных производителей (приливные, ветряные, солнечные и т.п. электростанции) приходится не более 0,1 % от всей произведенной электроэнергии в России. Однако ГЭС имеют явные преимущества перед ТЭС. Помимо низкой себестоимости электроэнергии, отсутствия выбросов в окружающую среду, возможности выполнения задач судоходства, водоснабжения, ирригации данного района, гидроэлектростанции ни каким образом не зависят от поставщиков топлива, т.е., в этом плане, абсолютно автономны.

В ходе выполнения ВКР затрагиваются все аспекты проектирования электроснабжения, необходимые для нормального функционирования при номинальных и послеаварийных режимах.

Целью ВКР является разработка рациональной, качественной и эффективной реконструкции существующей системы электроснабжения рабочего и аварийного освещения здания Жигулёвской ГЭС, находящейся в эксплуатации 60 лет.

Задачами ВКР являются проведение расчётно-графических и аналитических работ по определению нагрузки, токов короткого замыкания и выбору современных источников освещения, а также силового, полупроводникового, коммутационного оборудования и кабелей.

1 Описание объекта проектирования

Жигулевская гидроэлектростанция расположена в Самарской области на участке Самарской Луки в районе Жигулевского створа, где имеется естественное падение рек Уса- Волга.

Жигулевская ГЭС мощностью 2341 МВт является одной из крупнейших гидроэлектростанций в мире по мощности и выработке электроэнергии и самым первым гигантом отечественной энергетики. Это шестая ступень и вторая по мощности ГЭС Волжско-Камского каскада. Станция ежегодно вырабатывает более 10 млрд. кВт·ч недорогой электроэнергии с последующей ее передачей в Единую энергосистему России.

В состав основных сооружений гидроузла входят: гидроэлектростанция совмещенного типа длиной 700 м, сороудерживающее сооружение длиной 633,3 м, водосбросная плотина, земляная плотина, грязеспуск длиной 59 м, двухступенчатый двухкамерный шлюз с межшлюзовым бьефом, причальные сооружения, ОРУ 500, 220 и 110 кВ. Здание ГЭС состоит из десяти агрегатных секций с донными водосбросами над отсасывающими трубами. В машинном зале длиной 600 м размещено 20 гидроагрегатов с поворотно-лопастными турбинами диаметром рабочего колеса 9,3 м и генераторами зонтичного исполнения. Суммарная установленная мощность по состоянию на январь 2016 года составляет 2404 МВт. Гидроэлектростанция, совмещенная с донными водосбросами (40 отверстий), рассчитана на пропуск 29600 м³/с воды, в том числе через донные водосбросы 18000 м³/с. В левом устье станции расположен грязеспуск с пролетом шириной 10,5 м. Пропускная способность — 315 м³/с.

Электроэнергия, вырабатываемая гидроэлектростанцией, передается в ЕЭС РФ на напряжениях 500, 220 и 110 кВ.

2 Расчет электрических нагрузок 1 блока здания ГЭС

Расчет электрических нагрузок является первым этапом проектирования системы электроснабжения. От правильной оценки мощности электрических нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежность работы электрооборудования. С целью их систематизации составлена таблица нагрузок рабочего и аварийного освещения для одного блока. Их в здании ГЭС 8. Освещение выполнено с помощью ламп накаливания. В таблицы сведены все известные данные: количество потребителей n , шт.; номинальную мощность потребителя P_n , Вт. В виду того, что схемы электроосвещения каждого из 8 блоков идентичны, расчет производится только по одному (первому) блоку.

2.1 Рабочее освещение

Суммарная установленная мощность, $P_{уст}$, Вт

$$P_{уст} = P_n \cdot n,$$

(2.1)

где P_n – номинальная мощность потребителя, Вт; n – количество потребителей, шт.

Полученные значения сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 - Расчет электрических нагрузок рабочего освещения I блока

Наименование приёмников	n , шт.	P_n , Вт	$P_{уст}$, Вт
1	2	3	4
4ЩО-1Б южная насосная			
Маш.зал левая сторона	18	75	1350
Маш.зал правая сторона	18	75	1350
Розетки 12В	4	40	160
Насосная ∇ 6.7	12	75	900

Мастерская, дежурная комната	4	75	300
------------------------------	---	----	-----

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
7 ЩО-1Б ∇ 42,15			
Питание датчиков замера уровня воды в юж. насос.	4	25	100
Раб.осв. кабельного тоннеля	20	75	1500
Розетки каб. Тоннеля	4	180	720
Раб.осв. кабельного коридора	18	75	1350
1ЩО-1Б ∇ 37,25			
КРУ-10кВ-1сек.	14	75	1050
Рабочее освещение электротех. лаборатории	6	75	450
Рабочее осв. КРУ-0,4кВ-1Б	7	75	525
Раб.осв. РУ-1Г, сан.узлов, коридор, мастерская, кладовая	25	75	1875
Раб.осв. РУ-1ТБ	6	75	450
Пит.осв. ячеек КРУ-10кВ 1 сек.	19	75	1425
2ЩО-1Б ∇ 32,00			
∇ 32 освещ. Левая сторона	21	75	1575
∇ 32 освещ. правая сторона	13	75	975
3ЩО-1Б ∇ 28,9			
∇ 28 северная сторона	9	75	675
∇ 28 южная сторона	21	75	1575
ЩО-1Б ∇ 37,25			
Турбинный зал Г1,2 (*3)	26	75	1950
Сборка освещения 1Г			
Шахта генератора	16	40	640
Шахта турбины	7	40	280

Розетки шахты генератора	4	40	160
Подпятник, розетки шахты турбины	10	40	400

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Лекаж., дренаж. Насосы	2 2	5 10	30
Контактные кольца ротора	4	40	160
Возбудитель	4	40	160
5ЩО-1Б НБ ∇ 41,3			
∇ 41,3 Рабочее боковое осв. НБ (*3)	26	150	3900
6ЩО-1Б ВБ 1 сек. ∇ 41,3			
∇ 41,3 Рабочее потолочное осв. (*6)	8	750	6000
∇ 41,3 Рабочее боковое осв. ВБ(*3)	26	150	3900
Сборка освещения 2Г			
Шахта генератора	16	40	640
Шахта турбины	7	40	280
Розетки шахты генератора	4	40	160
Контактные кольца ротора	4	40	160
Лекажный насос	2 2	5 10	30
Подпятник, розетки шахты турбины	10	40	400
Возбудитель	4	40	160
∇ 55,5			
Рабочее боковое освещение	10	75	750
Рабочее потолочное освещение	20	75	1500
Σ (*4)	-	-	53615*4 = 214460

Исключением являются мощность и схемы рабочего и аварийного освещения блоков 1 и 8, от которых запитаны помещения Южной и Северной насосных потерн. На остальных блоках схемы идентичны.

Отсюда находим суммарную мощность рабочего освещения здания ГЭС.

$$P_{устГЭС} = P_{уст-1блок} * 4$$

(2.2)

В качестве щита ЩО 1Б принят щит, состоящий из панелей напольного исполнения марки TriLine-R, фирмы АВВ, исполнения IP54. Основное питание щита рабочего освещения предусмотрено от трансформатора освещения 1ТО, резервное от КРУ-0,4-1Б, II секции, ф.11 через стабилизатор напряжения.

На рисунке 1 представлена схема рабочего освещения 1 блока.

2.2 Аварийное освещение

Аварийное освещение — предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Светильники функционируют все время или автоматически включаются при аварийном отключении рабочего освещения.

Аварийное освещение в здании ГЭС подключено к отдельной сети 380/220 кВ, нормально питающейся от осветительных трансформаторов. При исчезновении переменного тока сеть переключается на питание агрегата, состоящего из электродвигателя постоянного тока и синхронного генератора мощностью 35 кВт. Электродвигатель

подключается к шинам аккумуляторной батареи ГЭС, а синхронный генератор - к сети аварийного освещения.

Аналогично проводим расчёт аварийного освещения. Полученные данные сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 - Расчет электрических нагрузок аварийного освещения

Наименование приёмников	п, шт.	P _н , Вт	P _{уст} , Вт
7 ЩАО-1Б ∇ 42,15	4	75	300
1ЩАО-1Б ∇ 37,25	4	75	300
4ЩАО-1Б Южная насосная	4	75	300
6ЩАО-1Б ВБ ∇ 41,3	8	150	1200
5ЩАО-1Б НБ ∇ 41,3	8	150	1200
2ЩАО-1Б ∇ 32,00	6	75	450
3ЩАО-1Б ∇ 28,9	2	75	150
ЩАО турбинный зал ∇37,25	4	75	300
АПС	1	75	75
ЩАО-1Б ∇ 55,5	4	75	300
∑(*8 т.к. 8 агрегатов, распред. устройств)	-	-	36000

Суммарная нагрузка аварийного освещения здания ГЭС рассчитывается по 8 блокам. В помещении РУ собственных нужд 0,4 кВ предусмотрена установка сборки аварийного освещения серии Unibox навесного исполнения с модульными выключателями фирмы АВВ.

Схема аварийного освещения 1 блока представлена на рисунке 2.

Сборка аварийного освещения 1Б

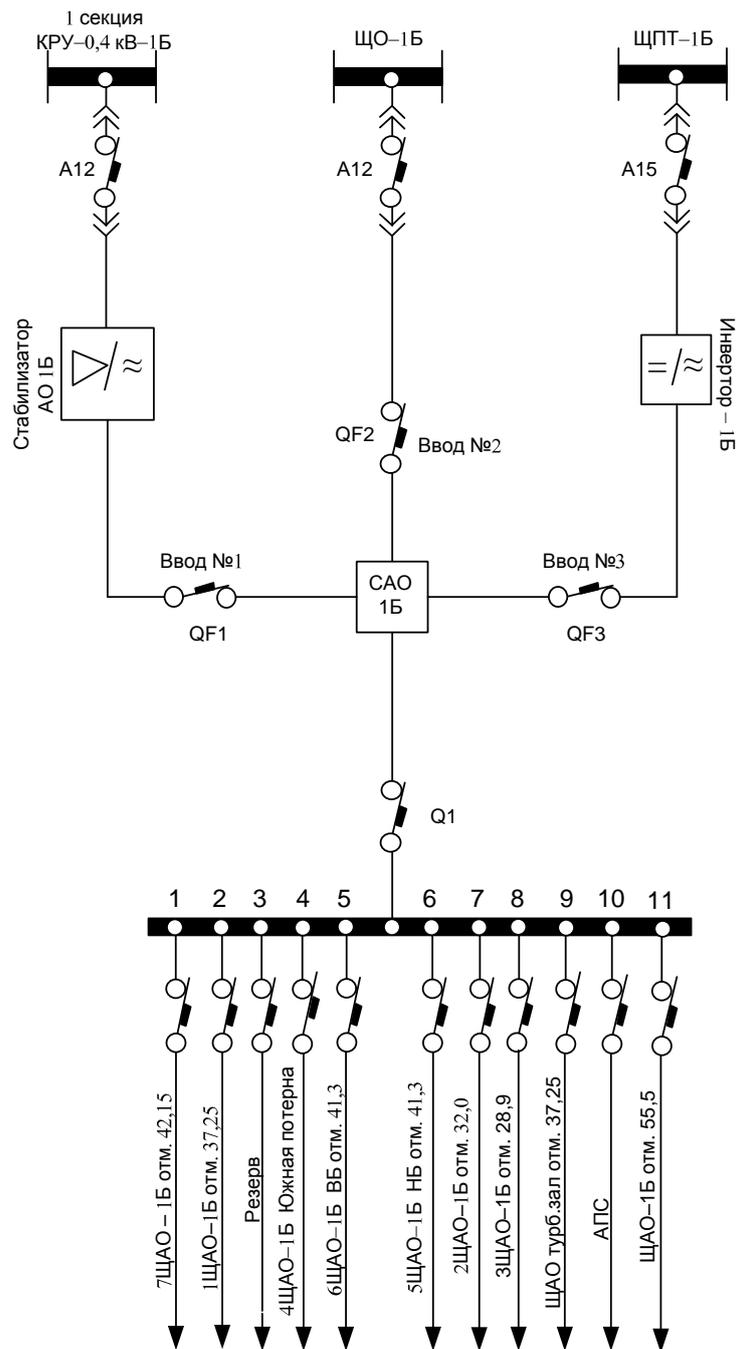


Рисунок 2 - Схема аварийного освещения 1 блока

Аккумуляторные батареи марки Varta, которые питают аварийное освещение, соединены между собой последовательно.



Рисунок 3 – Аккумуляторные батареи питания АО

2.2.1 Выбор инвертора сети аварийного освещения электроблоков здания ГЭС

При реконструкции аварийного освещения здания ГЭС инвертор Protect 5. Inv3/025kVa–H18, далее инвертор используется в качестве третьего источника питания станции аварийного освещения (САО) и выполняет преобразование постоянного напряжения 220 В от ЩПТ блока в трёхфазное переменное напряжение 380 В для питания сети аварийного освещения.

На рисунке 4 показана принципиальная схема подключения инвертора.

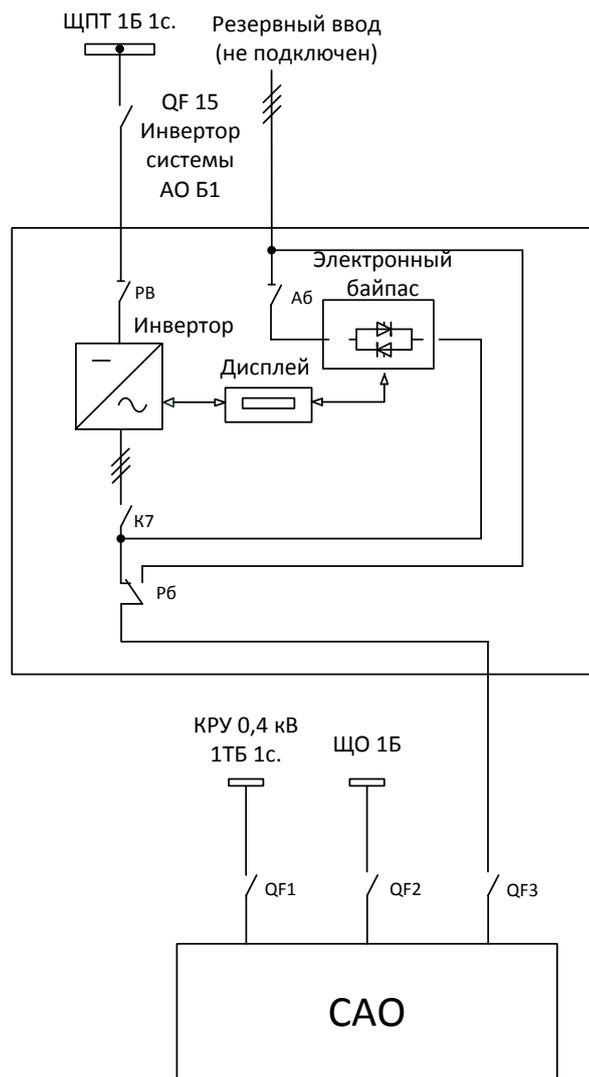


Рисунок 4 - Принципиальная схема подключения инвертора

Инвертор имеет следующие технические характеристики:

Передаваемая мощность	- 25 кВА;
Напряжение питания	- ± 220 В;
Выходной ток	- 36 А;
Выходное напряжение	- 3ф 380 В;
Выходная частота	- 50 Гц;
Суммарный коэффициент гармоник при номинальной нагрузке	- $\leq 3\%$;
Перегрузочная способность	- $1,5 \times I_{ном}$ в течение 1 мин.
	- $1,25 \times I_{ном}$ в течение 10 мин.

2.2.2 Выбор схемы и станции аварийного освещения (САО)

Системой бесперебойного энергоснабжения по 1-й категории надежности является наличием двух независимым вводов (ТО, ТБ) с автоматическим переключением вводов (АВР) с использованием резервного источника питания (инвертор).

Устройство АВР обеспечивает контроль параметров напряжения на вводах по величине (минимально и максимально допустимые значения), по исчезновению хотя бы одной из фаз питающего напряжения и по чередованию фаз.

Схемой предусмотрено автоматическое переключение питания с рабочего на резервный ввод с последующим возвратом в исходное состояние при восстановлении напряжения на рабочем вводе.

Бесперебойность схемы оперативных цепей также обеспечивается схемой резервирования оперативных цепей.

Схема подключения САО представлена на рисунке 5.

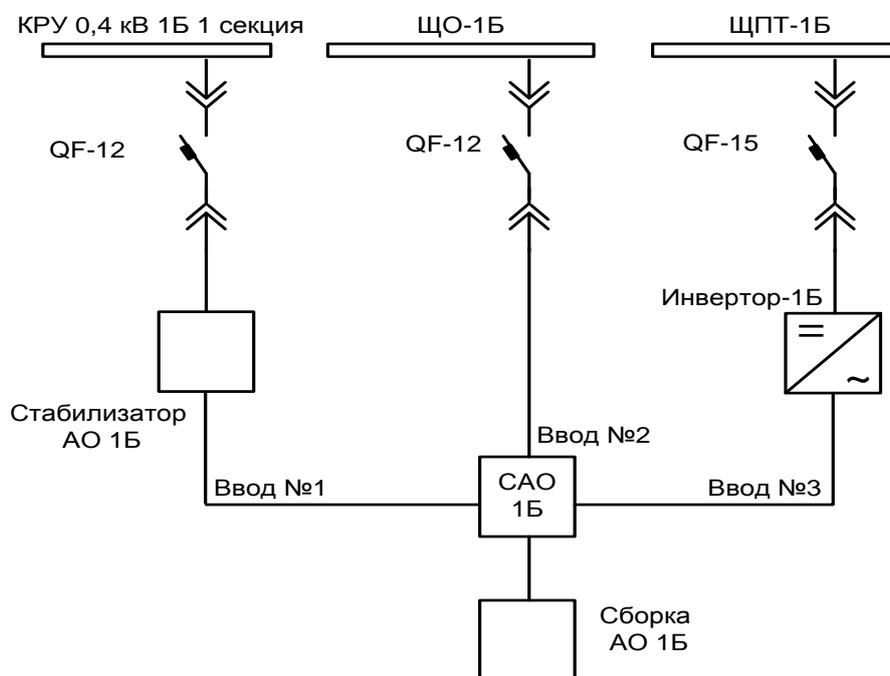


Рисунок 5 - Схема подключения шкафа САО 1 блока

Приоритетным вводом является ввод №2, менее приоритетным - ввод №1 и резервным - ввод №3.

Силовая схема шкафа САО представлена на рисунке 6.

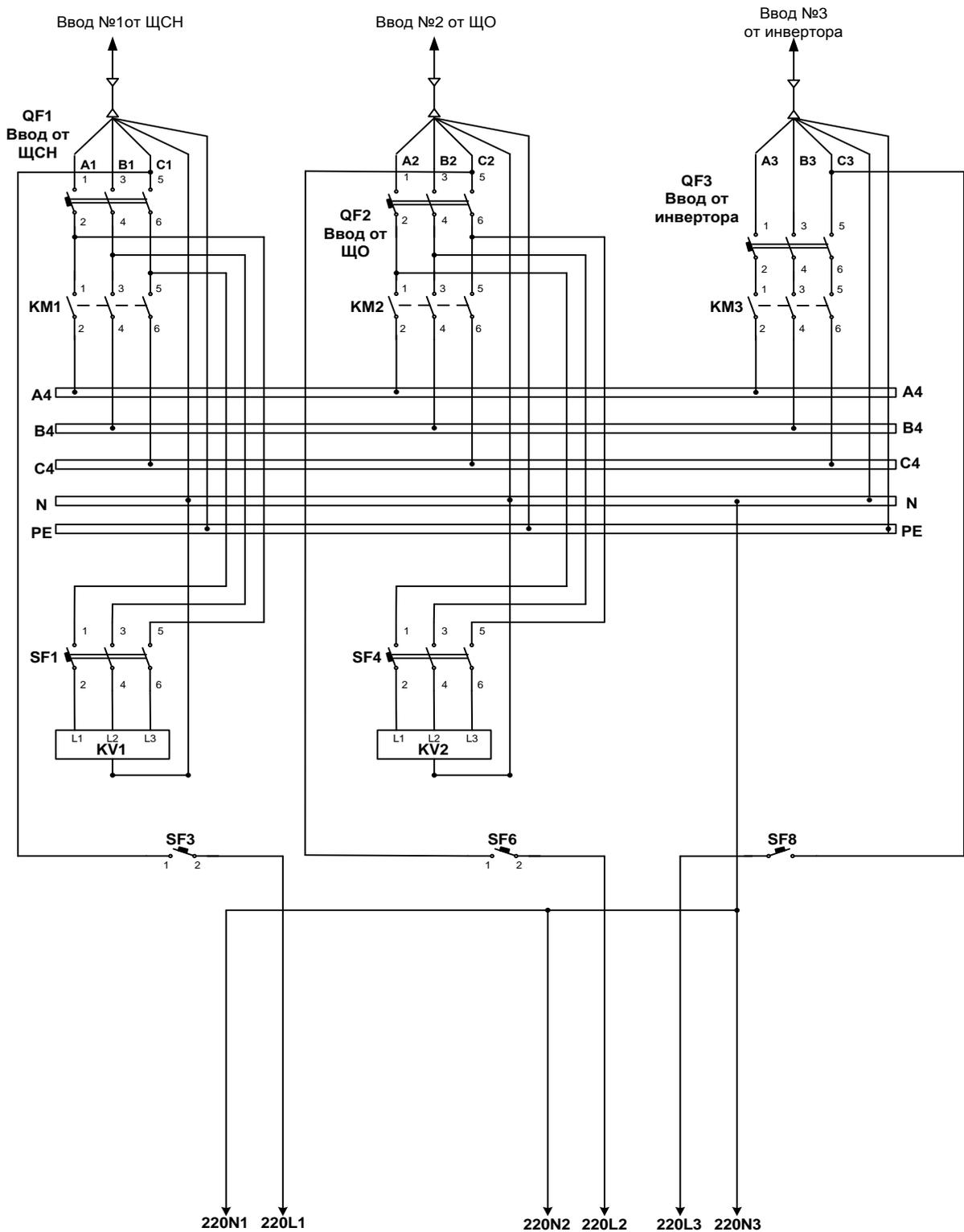


Рисунок 6 - Силовая схема шкафа САО

В схеме предусмотрены автоматы, защищающие:

QF1 – силовой ввод №1;

QF2 – силовой ввод №2;

QF3 – силовой ввод №3;

SF1 – цепи измерений ввода №1;

SF3 – схема оперативных цепей от ввода №1;

SF4 – цепи измерений ввода №2;

SF6 – схема оперативных цепей от ввода №2;

SF8 – схема оперативных цепей от ввода №3;

KV1 – реле напряжения ввода №1, KV2 – реле напряжения ввода №2;

KM1, KM2, KM3 – контакторы ввода №1, №2, №3.

2.2.3 Выбор стабилизаторов переменного напряжения

Стабилизаторы переменного напряжения Progress предназначены для питания как однофазных, так и трехфазных электроприемников, критичных к большим отклонениям напряжения сети от номинального значения (сеть освещения). Трехфазный стабилизатор Progress состоит из трех однофазных стабилизаторов Progress-L, в дальнейшем модулей, соединенных по схеме “звезда”, и блока автоматического контроля сети. Блок автоматического контроля сети (БАКС) контролирует выходное напряжение стабилизаторов и включает трехфазный выход. БАКС укомплектован переключателями режима РАБОТА – БАЙПАС для оперативной возможности отключения (шунтирования) стабилизаторов без перерыва в электроснабжении объектов. Для блока контроля сети (БКС) установлен магнитный пускатель БП. Кнопка БКС используется для отключения (подключения) стабилизированного трехфазного выхода. Трехфазный стабилизатор Progress-36 в сборе и однофазный стабилизатор Progress-15000L представлены на рисунке 7.



а)



б)

Рисунок 7 - а) Трехфазный стабилизатор Progress-36 в сборе
 б) Однофазный стабилизатор Progress-15000L

Таблица 3 - Технические данные стабилизаторов

Модель трехфазного стабилизатора Progress	Progress 36	Progress 150
Возможные модели однофазных стабилизаторов Progress	3000L, 5000L, 8000L, 10000L, 12000L	15000L, 20000L, 30000L, 50000L
Установленная модель однофазных стабилизаторов Progress-L	Progress 8000L	Progress 50000L
Тип установки однофазного стабилизатора	Подвесной на стойке	Напольный
Номинальное напряжение сети	220 В; 50 Гц	220 В; 50 Гц
Предельный диапазон напряжения сети	107-275 В	107-275 В
Номинальный диапазон входного напряжения	130-260 В	130-260 В
Точность стабилизации выходного напряжения	±1,5%	±1,5%
Мощность подключаемой нагрузки, ВА (однофазная)	8000	50000
Вес, кг	38	132

Схема подключений стабилизаторов напряжения представлена на рисунке 8.

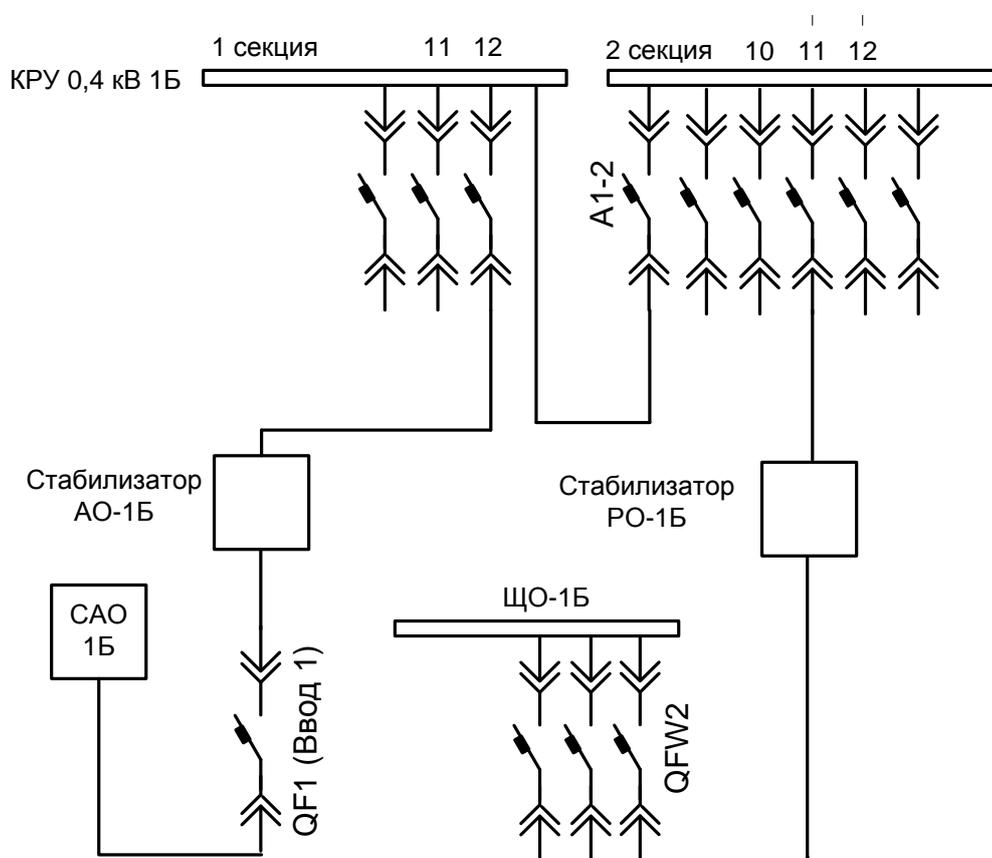


Рисунок 8 - Схема подключений стабилизаторов напряжения 1 блока

3 Замена светильников рабочего и аварийного освещения 1 блока

Произведём замену обычных осветительных установок рабочего освещения на энергосберегающие лампы. В большинстве случаев в светильниках используются лампы накаливания. Рассмотрим некоторые недостатки ламп накаливания и преимущества компактных люминесцентных ламп.

Недостатки ламп накаливания:

- 1) низкая светоотдача (именно из-за этого они имеют тусклый, желтоватый свет);
- 2) зависимость яркости от напряжения (каждый скачок напряжения чреват постоянным миганием лампы), К тому же, чем дольше работает лампа, тем менее она ярка;
- 3) КПД очень мал, и в лучшем случае достигает 50%. Из этого следует, что из электроэнергии, потребляемой лампами накаливания, только половина пошла на реальное освещение помещения. Вторая половина потраченной электроэнергии идет на нагрев данной лампочки накаливания;
- 4) колба лампы накаливания нагревается до 350 градусов по Цельсию.

Преимущества энергосберегающих ламп:

- 1) экономия электроэнергии до 85%. Коэффициент полезного действия у энергосберегающей лампы очень высокий и световая отдача примерно в 5 раз больше чем у традиционной лампочки накаливания. Например, энергосберегающая лампочка мощностью 20 Вт создает световой поток равный световому потоку обычной лампы накаливания 100 Вт.
- 2) большой интервал напряжения, в диапазоне которого КЛЛ отлично работают. Такие лампы могут работать как при пониженном,

так и при повышенном напряжении в сети, и яркость освещения никак не зависит от напряжения;

3) длительный срок службы в среднем в 3-4 раза превышает срок службы лампы накаливания. Обычные лампочки накаливания выходят из строя по причине перегорания вольфрамовой нити. Энергосберегающие лампы, имея другую конструкцию и принципиально иной принцип работы, служат гораздо дольше ламп накаливания в среднем 5-15 раз. Это примерно от 5 до 12 тысяч часов работы лампы (обычно ресурс работы лампы определяется производителем и указывается на упаковке). Благодаря тому, что энергосберегающие лампы служат долго и не требуют частой замены, их очень удобно применять в тех местах, где затруднен процесс замены лампочек, например в помещениях с высокими потолками;

4) низкая теплоотдача. Благодаря высокому коэффициенту полезного действия у энергосберегающих ламп, вся затраченная электроэнергия преобразуется в световой поток, при этом энергосберегающие лампы выделяют очень мало тепла.

Произведём расчёт рабочего освещения 1 блока.

Замена ламп накаливания на энергосберегающие лампы.

До После

Лампа накаливания Энергосберегающая лампа

Тип	Мощность, Вт
Лампа накаливания	100

$100/20 = 5$ раз

Альтернатива тип	Мощность, Вт
SP20	20

Рисунок 9- Замена ламп накаливания на энергосберегающие лампы



Рисунок 10-Энергосберегающие лампы

Применяются энергосберегающие лампы "ГЕЛЬВЕТИКА" ("Гельветика-Т", Россия-КНР). Большой выбор форм, размеров и мощностей компактных люминесцентных ламп позволяет использовать

их в различных светильниках, способных украсить интерьер любого промышленного предприятия. Компактные люминесцентные лампы предназначены для установки в обычные патроны. Цоколь лампы может иметь резьбу E14 и E27 диаметром 14 мм и 27 мм соответственно, что позволяет монтаж в обычные патроны (E14 для патрона "миньон" и E27 для стандартного бытового патрона).

Лампы отличаются по форме, толщине люминесцентных трубок, однако равноценны по техническим характеристикам (таблица 4). Выбор той или иной лампы зависит от необходимой мощности, размеров цоколя и лампы и эстетических предпочтений.

Таблица 4- Технические характеристики

Температура эксплуатации	от -25°С до +40°С
Цветовая температура	2700 К (теплый белый)
Класс энергосбережения	A
Питание	220-240 В, 50/60Гц
Срок службы (мин.)	8000 часов при 10000 циклов "вкл.-выкл."

Серия "3U": Колба лампы состоит из трех U-образных люминесцентных трубок. Эти КЛЛ подходят для замены наиболее распространенных типов ламп накаливания в светильниках, люстрах, особенно в местах, где необходимо создать постоянное экономное освещение и высокий уровень светового комфорта. Используются в жилых, бытовых, общественных, административных и промышленных помещениях для круглосуточного освещения.

Таблица 5- Технические характеристики ламп серии "3U"

Цоколь	Мощность, Вт	Мощность лампы накаливания с равной светоотдачей, Вт	Высота лампы, мм	Диаметр лампы, мм	Серия	Вид	Световой поток, лм	Код
E27	9	45	98	38	3U		540	SL-27U09
E27	15	75	150	48	3U		900	SL-27U15

Для освещения машинного зала применяются энергосберегающие лампы- серии Gigalite 65W E27 и ЭСЛ 150Вт 2700К E40. Лампы этой серии – это высокоэффективные компактные люминесцентные лампы для создания мощного и надежного освещения в любых условиях эксплуатации. Особая конструкция этих ламп создана для решения самых серьезных задач в освещении.

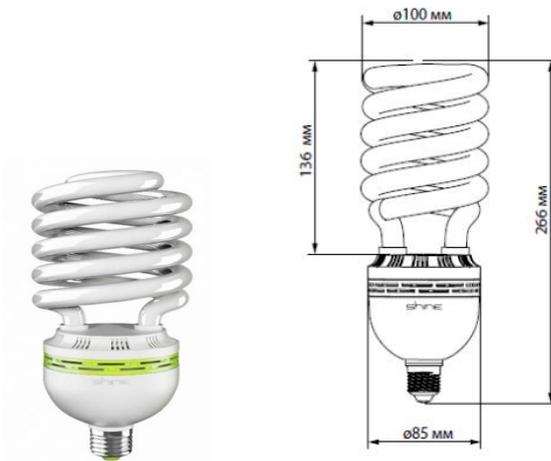


Рисунок 10- Энергосберегающая лампа серии Gigalite 65W E27

Таблица 6-Технические характеристики лампы серии Gigalite 65W E27

Мощность:	65Вт;
Цоколь:	E27;
Цв. температура:	6500 К;
Эквивалент лампы накаливания:	160 Вт;
Срок службы:	10000 часов;
Световой поток:	4355 лм;
Индекс цветопередачи:	Ra \geq 80

Таблица 10- технические данные лампы ЭСЛ 150 Вт

Мощность:	150 Вт;
Цоколь:	E40;
Эквивалент лампы накаливания:	750 Вт;
Срок службы:	8000 часов;
Световой поток:	9000 лм.

Лампа ЭСЛ 150Вт

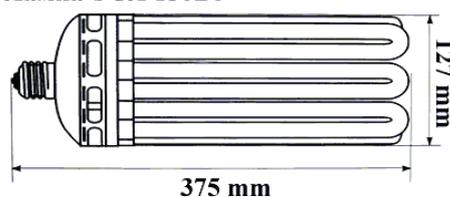


Рисунок 11- Энергосберегающая лампа ЭСЛ 150W

Полученные значения сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 - Расчёт электрических нагрузок рабочего освещения при замене ламп.

№ п/п	Наименование электроприёмника	Группа Электроприёмников	Количество электроприёмников	Эффективное число электроприёмников	Номинальная активная мощность, Вт	$\cos\varphi_H$	$\operatorname{tg}\varphi_H$	Групповой коэффициент использования	Коэффициент максимума	Расчётная максимальная активная мощность, кВт	Расчётная максимальная реактивная мощность, кВар	Расчётная максимальная полная мощность, кВА	Расчётный максимальный ток, А
		A B C	n	n _э	P _H			K _И	K _М =f(K _И ,n _э)	$\sum P_M \cdot K_{И} \cdot$ K _М ·8	Q _М = P _М tgφ _Н	$S_M =$ $\sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$	$\frac{S_M}{U\sqrt{3}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	4ЦО-1Б южная насосная												
	Маш.зал левая сторона	A	18	18	270	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
2	Маш.зал правая сторона	A	18	18	270	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
3	Розетки 12В	A	4	4	160	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
4	Насосная ∇ 6.7	A	12	12	150	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
5	Мастерская, дежурная комната	A	4	4	60	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
6	Питание датчик замера уровня воды в юж. насосной	A	4	4	25	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7 ЩО-1Б ∇ 42,15													
7	Раб.осв. кабельного тоннеля	A	20	20	300	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
8	Розетки каб. тоннеля	A	4	4	720	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
9	Раб.осв. кабельного коридора	A	18	18	270	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
1ЩО-1Б ∇ 37,25													
10	КРУ-10кВ-1сек.,РУ 2г	A	14	14	210	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
11	Рабочее освещение ЭК	A	6	6	90	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
12	Рабочее осв. КРУ-0,4кВ-1Б	A	7	7	105	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
13	Раб.осв. РУ-1Г,сан.узлов,коридор, мастерская,кладовая	A	25	25	375	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
14	Раб.осв. РУ-1ТБ	A	6	6	90	0,95	0,33	1,0	1,01	-	-	-	-
15	Пит.осв. ячеек 10КВ 1 сек.	A	19	19	285	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
2ЩО-1Б ∇ 32,00													
16	∇ 32 освещ. Левая сторона	A	21	21	315	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
17	∇ 32 освещ. правая сторона	A	13	13	195	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
3ЩО-1Б ∇ 28,9													
18	∇ 28 северная сторона	A	9	9	135	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
19	∇ 28 южная сторона	A	21	21	315	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
ЩО-1Б ∇ 37,25													
20	Турбинный зал Г1,2 (*3)	A	26	26	390	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
Сборка освещения 2Г													

Продолжение таблицы 7

21	Шахта генератора	A	16	16	128	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
22	Шахта турбины	A	7	7	56	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
23	Розетки шахты	A	4	4	160	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
24	Подпятник, розетки шахты турбины	A	10	10	80	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
25	Лекаж., дренаж. Насосы	A	4	4	6	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
26	Кольца ротора	A	4	4	32	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
27	Возбудитель	A	4	4	32	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
5ЩО-1Б НБ ∇ 41,3													
28	∇ 41,3 Рабочее боковое осв. НБ (*3)	A	42	42	1260	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
6ЩО-1Б ВБ 1 сек. ∇ 41,3													
29	∇ 41,3 Рабочее потолочное осв. (*6)	A	8	8	1200	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
30	∇ 41,3 Рабочее боковое осв. ВБ(*3)	A	42	42	1260	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
Сборка освещения 1Г													
31	Шахта генератора	A	16	16	128	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
32	Шахта турбины	A	7	7	56	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
33	Розетки шахты генератора	A	4	4	160	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
34	Кольца ротора	A	4	4	32	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
35	Лекажный насос	A	4	2 2	6	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
36	Подпятник,розетки шахты турбины	A	10	10	80	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
37	Возбудитель	A	4	4	32	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
∇ 55,5													
38	Рабочее боковое освещение	A	10	10	750	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
39	Рабочее потолочное освещение	A	20	20	1500	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
-	Σ	-	-	-	-	-	-	-	-	93,5	30,9	98,5	149

Светильники аварийного освещения заменяем светодиодными. Так как светодиоды зажигаются мгновенно (в отличие от компактных люминесцентных ламп), при любой температуре окружающей среды, как только на них подаются питание.

В данном дипломном проекте применяются светодиодные лампы марки RLB27 производства компании «Greenec».



Рисунок 12 – Лампа RLB27

Таблица 8 – Модификации лампы RLB27

Модель	Потребление энергии, Вт	Эквивалент обычной лампы, Вт	Световой поток, лм
RLB27-4-D6x10	4	40	260
RLB27-6,5-D6x10	6,5	60	470
RLB27-8-D7x13	8	75	560
RLB27-10-D7x13	10	100	650

Таблица 9 – Технические характеристики лампы RLB27

Размеры и вес	70 мм, 115 Гр
Цветовая температура	Выбирается при заказе 4000К (теплый-белый) или 6000К (белый)
Цветопередача	Коэффициент Ra более 80, степень цветопередачи 1В-1А
Срок службы	> 50 000 часов, снижение яркости <10% за 10 000 часов
Корпус светильника	Матовое стекло, алюминий отлитый под давлением
Входное напряжение	85-265 Вольт переменного тока
Коэффициент мощности	$\geq 0,98$

Для аварийного освещения машинного зала применяются энергосберегающие светодиодные светильники марки ЭСС-Road светильники марки ЭСС-15 производства группы компаний «Энергоспецстрой».



Рисунок 13 – Светильники а) марки ЭСС-Road; б) марки ЭСС-15

Таблица 10 - Технические характеристики светильника марки ЭСС-Road

Характеристика	Значение
Световой поток (белый 5500К)	19000 Лм
Напряжение питания	176-264В, 50 Гц
Потребляемая мощность, не более	200 Вт
Цвета свечения	Белый(4200-4700 К)
Температура эксплуатации	От -40 до +40 гр.С
Габаритные размеры	320×785×79

Таблица 11 - Технические характеристики светильника ЭСС-15

Характеристика	Значение
Световой поток (белый 4200К)	1200 Лм
Напряжение питания	176-264В АС 50 Гц;
Потребляемая мощность, не более	15 Вт
Цвета свечения	Белый (4200К-5400К)
Температура эксплуатации	От -40 до +40 гр.С
Габаритные размеры	117х308х22

4 Расчет освещения

Светотехнический расчет:

Расчет ведется методом коэффициента использования η светового потока.

Отметка 32 (левая сторона)

Индекс помещения:

$$i = \frac{L_y \cdot B_y}{h \cdot (L_y + B_y)}, \quad (4.1)$$

где: L_y, B_y - соответственно длина и ширина участка (м); h - высота (м); $h = 4$ м;

$L_y = 62$ м; $B_y = 12$ м.

$$i = \frac{62 \cdot 12}{4 \cdot (62 + 12)} = 2,5$$

Из справочных данных $E = 3000$ лк, а $E_H = 0,1 \cdot E = 0,1 \cdot 3000 = 300$ лк

Расчетная высота от светильников до рабочей поверхности:

$$h_{cs} = h - h_p - h_c, \quad (4.2)$$

где: $h_\delta = 0,1$ м – высота поверхности от пола; $h_{\bar{n}} = 0,2$ м – свес светильника;

$$h_{\bar{n}\hat{a}} = 4 - 0,1 - 0,2 = 3,7 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками или рядами светильников:

$$l_{cs} = \lambda \cdot h_{cs}, \quad (4.3)$$

где $\lambda = 1,6$;

$$l_{\bar{n}\hat{a}} = 1,6 \cdot 3,7 = 6 \text{ м}$$

Число светильников при расположении по углам квадрата для левой стороны помещения (с вычетом длины и ширины бетонной арматуры):

$$n = \frac{A}{l_{cs}^2}, \quad (4.4)$$

где: A - площадь участка, $A = 62 \cdot 12 = 744 \text{ м}^2$

$$n = \frac{744}{6^2} = 20,6 \text{ шт. (выбираем 21 шт.)}$$

Световой поток одной лампы:

$$\Phi_0 = \frac{E_H \cdot A \cdot z \cdot k_z}{n \cdot \eta}, \quad (4.5)$$

где: z принимается из справочника для светодиодных ламп $z = 0,03$; k_z - коэффициент запаса; принимается $k_z = 1,5$ при светодиодных лампах; n - коэффициент использования для светильников 3U "Гельветика": $\eta = 0,9$.

$$\Phi_{01} = \frac{300 \cdot 744 \cdot 0,03 \cdot 1,5}{21 \cdot 0,9} = 531,4 \text{ лм.}$$

Принимаем к установке лампы 9W/ E27 3U "Гельветика": $\Phi = 540$ лм; $P_0 = 9$ Вт.

Число светильников при расположении по углам квадрата для правой стороны помещения отметки:

$$n = \frac{A}{l_{ce}^2}, \quad (4.6)$$

где: A - площадь участка, $A = 62 \cdot 7 = 434 \text{ м}^2$

$$n = \frac{434}{6^2} = 12,1 \text{ шт. (выбираем 13 шт.)}$$

Световой поток одной лампы:

$$\Phi_0 = \frac{E_H \cdot A \cdot z \cdot k_z}{n \cdot \eta}, \quad (4.7)$$

где: z принимается из справочника для энергосберегающих ламп $z = 0,03$; k_z - коэффициент запаса; принимается $k_z = 1,5$ при энергосберегающих лампах; n - коэффициент использования для светильников 3U "Гельветика": $\eta = 0,9$.

$$\Phi_{01} = \frac{300 \cdot 434 \cdot 0,03 \cdot 1,5}{13 \cdot 0,9} = 500,76 \text{ лм.}$$

Принимаем к установке лампы 9W/ E27 3U "Гельветика": $\Phi = 540$ лм; $P_0 = 9$ Вт.

Выбор сечения проводников осветительной сети:

Расчетные мощности освещения участков:

$$P_{p.oci} = P_{ycti} \cdot k_c \cdot k_{ПРА}, \quad (4.8)$$

где: $P_{ycm i}$ - установленная мощность лампы участка (кВт); $k_c = 0,95$ - коэффициент спроса; $k_{npa} = 1,1$ (для светодиодных ламп).

$$P_{p.oc1} = 0,009 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 0,0084 \text{ кВт}$$

Момент электрической нагрузки участка:

$$M_i = P_{\Sigma} \cdot (l_i + l_n / 2) , \quad (4.9)$$

где: P_{Σ} - суммарная мощность ламп ветви (кВт), ($P_{\Sigma} = P_0 \cdot n$); l_i - длина линии от вспомогательного ОЩ до первой лампы ветви (м); l_n - длина линии ветви от первой до последней лампы (м).

Момент электрической нагрузки ветви осветительной сети участка:

$$M_1 = (0,008 \cdot (21 + 13)) \cdot (36 + 256 / 2) = 44,6 \text{ кВт*м}$$

Сечение провода участков линии до ОЩ:

$$S_o = \frac{M}{k_c \cdot \Delta U_{don}} , \quad (4.10)$$

где $k_c = 23$, $\Delta U_{don} = 1,3\%$

$$S_f = \frac{44,6}{23 \cdot 1,3} = 1,5 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель $S_f = 2,5 \text{ мм}^2$ марки АВВГ 5х2,5.

Аварийное освещение, потребляемая мощность которого составляет 10% от общего, получает питание от второго источника питания через аварийный осветительный щит.

Полученные данные сводятся в таблицу 12.

Таблица 12 - Светотехнический расчёт 1 блока

Наименование помещения (номер щита освещения)	Индекс помеще- ния, м	Ср. расст-е между светиль- никами, м	Число светильников, шт.		Светово й поток лампы, лм	Наименование лампы рабочее осв./ аварийное осв.	Сечение провода, мм ²	Наименова-ние провода
			Нраб	Навар				
	i	lсв			Ф		S	
∇32,00								
Левая сторона(2)	2,5	6	21	4	531,4	E27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	1,5	АВВГ 5x2,5
Правая сторона(2)	2,5	6	13	2	500,76	E27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	1,5	АВВГ 5x2,5
∇41,3								
Маш. зал, левая сторона(4)	3,5	6,5	18	6	531,4	E27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	1,4	АВВГ 5x2,5
Маш. зал, правая сторона(4)	3,5	6,5	18	6	531,4	E27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	2	АВВГ 5x2,5
Насосная ∇6,7(4)	3,05	3	12	1	327,8	E273U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	0,8	АВВГ 5x2,5
Мастерская, дежурная комната(4)	3,1	3	4	1	316,1	E27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	0,8	АВВГ 5x2,5
Боковое освещение НБ(5)	2,7	2	42	1	844	E27 3U"Гельветика"/ ЭСС-15	43,2	АВВГ 5x50
Боковое освещение ВБ(6)	2,7	2	42	1	844	E27 3U"Гельветика"/ ЭСС-15	43,2	АВВГ 5x50
Потолочное освещение(6)	2,7	6	8	-	1200	ЭСЛ 150W/ ЭСС-Road	49	АВВГ 5x50

∇42,15								
Кабельный тоннель(7)	3,5	4	20	2	397	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	2,1	АВВГ 5x2,5
Кабельный коридор(7)	3,5	4	18	2	397	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	2,1	АВВГ 5x2,5
∇37,25								
КРУ-10кВ-1 сек., РУ 2Г(1)	2,7	1,75	14	1	215,5	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	2,2	АВВГ 5x2,5
Электротех. лаборатория(1)	2,7	1,75	6	1	461,31	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	1,4	АВВГ 5x2,5
КРУ-0,4кВ-1Б	2,7	1,6	7	1	423	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	1,4	АВВГ 5x2,5
РУ-1Г, сан. Узлы, коридор, мастерская, кладовая	2,7	1-1,2	25	1	375,4	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	2,3	АВВГ 5x2,5
РУ-1ТБ	2,3	1,5	6	1	375	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	0,9	АВВГ 5x2,5
Ячейки 10кВ-1сек.	2,5	1,3	19	1	437,2	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	2	АВВГ 5x2,5
Турбинный зал Г1,2	4,07	2	26	4	544	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	2,4	АВВГ 5x2,5
∇28,9								
Северная сторона	3,71	3,75	21	1	537	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	1,5	АВВГ 5x2,5
Южная сторона	3,71	3,75	9	1	537,4	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	0,76	АВВГ 5x2,5
∇55,5								
Боковое освещение	2,1	4	10	2	513	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	1,1	АВВГ 5x2,5
Потолочное освещение	2,1	4	20	2	513	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-8-D7x13	2	АВВГ 5x2,5
Сборка освещения 1Г(аналогично для 2Г)								
Шахта генератора	3,4	2,5	16	-	112	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-4-D6x10	0,9	АВВГ 5x2,5
Шахта турбины	3,4	2,5	7	-	201,3	Е27 3U"Гельветика"/ RLB27-4-D6x10	0,7	АВВГ 5x2,5

5 Выбор трансформатора освещения 1 блока (1 ТО)

Мощность трансформаторов в нормальных условиях должна обеспечивать питание всех приемников электроэнергии потребителя. Мощность трансформаторов выбирают с учетом экономически целесообразного режима работы.

На данный момент установлен трансформатор освещения ТСЗ-320/10/0,4, после замены ламп накаливания на энергосберегающие лампы нам понадобится менее мощный трансформатор.

Выбор мощности трансформатора производится по формуле:

$$S_{mp} \geq \frac{S}{n \cdot K_3},$$

(5.1)

где n – число трансформаторов на подстанции ; S – требуемая мощность данной подстанции; K_3 - коэффициент загрузки ($K_3 = 0,7 \dots 0,8$).

Расчетная активная мощность $P_p=93,5$ кВт;

Расчетная реактивная мощность $Q_p=30,9$ квар;

Расчетная полная мощность $S_p=98,5$ кВА.

Расчитаем мощность:

$$S_{н.тп.} \geq \frac{98,5}{1 \cdot 0,8} = 123,1(\text{кВА})$$

В связи с ожидаемым увеличением нагрузки (дополнительное освещение на фасадах здания и др.) мощность трансформатора выбираем 160кВ·А.

Выбираем сухой трансформатор с литой изоляцией ТСЗ- 160 10/0,4 УЗ.

Паспортные данные трансформатора приведены в таблице 13.

Таблица 13- Паспортные данные трансформатора ТСЗ- 160 10/0,4 У3

Основные параметры	ТСЗ- 160 10/0,4 У3
Мощность, кВА	160
Номинальное напряжение, кВ	10,5/0,4
Напряжение к.з., %	4,2
Потери х.х., Вт	739
Потери к.з., Вт	3233
Уровень шума, дБ	60
Ток х.х., %	0,5
Схема и группа соединений	Д/У _н -11

Далее рассчитываем потери в трансформаторе.

$$\Delta P_T = \Delta P_{К.З} \cdot \left(\frac{S_T}{S_{НОМ}} \right)^2 + \Delta P_{Х.Х.}, \quad (5.2)$$

где $\Delta P_{К.З}$ – потери мощности короткого замыкания, кВт; $\Delta P_{ХХ}$ – потери мощности холостого хода, кВт; S_T – фактическая нагрузка трансформатора, кВ·А.

$$\Delta Q_T = \Delta Q_H \cdot \left(\frac{S_T}{S_{НОМ}} \right)^2 + \Delta Q_{Х.Х.}, \quad (5.3)$$

где ΔQ_H – потери реактивной мощности рассеяния, кВар; $\Delta Q_{ХХ}$ – потери холостого хода, кВар.

Для начала найдем потери реактивной мощности рассеяния:

$$\Delta Q_H = \frac{S_{НОМ} \cdot U_K}{100}, \quad (5.4)$$

$$\Delta Q_H = \frac{160 \cdot 4,2}{100} = 10,5 \text{ (кВар)}$$

И потери холостого хода:

$$\Delta Q_{Х.Х.} = \frac{S_{НОМ} \cdot I_{К.З}}{100}, \quad (5.5)$$

$$\Delta Q_{X.X} = \frac{160 \cdot 0,5}{100} = 1,25 \text{ (кВар)}$$

По формулам (5.2) и (5.3) находим потери мощности

$$\Delta P_T = 3,2 \cdot \left(\frac{123,1}{160} \right)^2 + 0,739 = 1,5 \text{ (кВт)}$$

$$\Delta Q_T = 10,5 \cdot \left(\frac{123,1}{160} \right)^2 + 1,25 = 3,8 \text{ (кВар)}$$

Определяем расчетную мощность трансформатора с учетом активных и реактивных потерь:

$$S_{\text{PAC}} = \sqrt{P_P + \Delta P_T + Q_P + Q_T}, \quad (5.6)$$

$$S_{\text{PAC}} = \sqrt{3,5 + 1,5 + 0,9 + 3,8} = 101,1 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}$$

Проверим их работу по коэффициенту загрузки в нормальном режиме.

$$\beta = \frac{S_{\text{pac}}}{n \cdot S_n} \cdot 100\%, \quad (5.7)$$

$$\beta = \frac{64,6}{1 \cdot 250} \cdot 100\% \approx 26\%$$

где S_{pac} – расчетная мощность нагрузок, кВА; S_n – номинальная мощность трансформаторов, кВА.

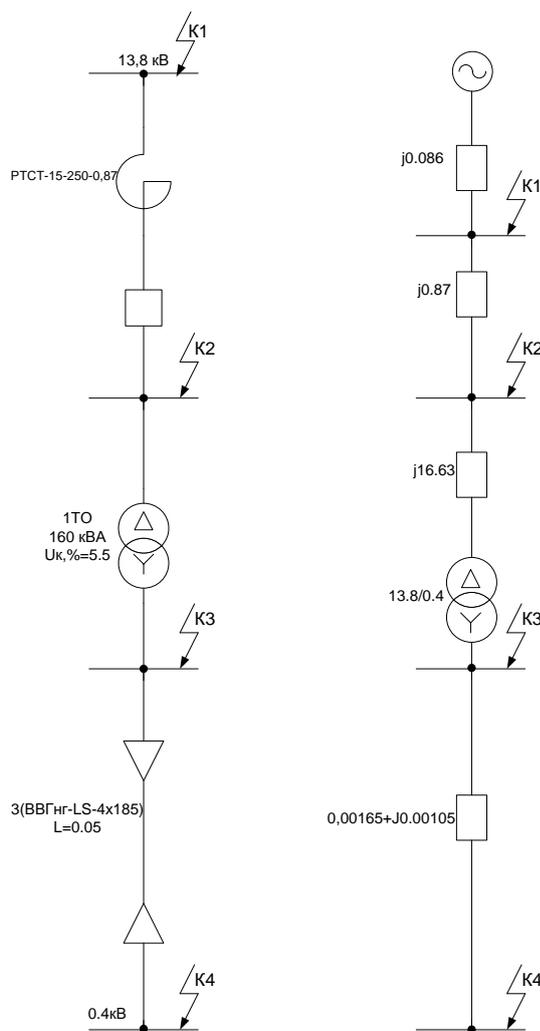
Для установки выбираем сухой трансформатор с литой изоляцией ТСЗ- 160 10/0,4 УЗ.

6 Расчёт токов короткого замыкания

В электрических установках могут возникать различные виды короткого замыкания, сопровождающиеся резким увеличением тока. Поэтому электрическое оборудование, устанавливаемое в системах электрического снабжения, должно быть устойчивым к токам короткого замыкания и выбираться с учетом величин этих токов.

Расчёты выполняются в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТом 28249 – 93 на расчёты токов КЗ в сетях напряжением до 1 кВ.

Схемы для расчётов токов КЗ представлены на рисунке 14.



а)

б)

Рисунок 14 – Расчетная схема (а) и схема замещения (б)
Исходные данные: $U_{\delta} = 13,8 \text{ кВ}$; $S_{\kappa} = 2200 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Система:

$$x_c = \frac{U_{\delta}^2}{S_{\kappa}}$$

(6.1)

$$x_c = \frac{190,4}{2200} = 0,086 \text{ Ом}$$

Реактор одинарный:

$$x_{ном} = 0,87 \text{ Ом}$$

$$x_p = x_{ном} \frac{U_{\delta}^2}{U_{cp}^2}$$

(6.2)

$$x_p = 0,87 \cdot \frac{190,4}{190,4} = 0,87 \text{ Ом}$$

Трансформатор 1ТО:

$$U_{\kappa} = 5,5 \% ; S_{номТ} = 160 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

$$x_{ТБ1} = \frac{U_{\kappa, \%}}{100} \frac{U_{\delta}^2}{S_{номТ}}$$

(6.3)

$$x_{ТБ1} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{190,4}{160} = 6,54 \text{ Ом}$$

Кабельная линия 3(ВВГнг-LS-4x185): $L=0.05$;

$$R_{уд} = 0,099 \text{ мОм/м};$$

$$X_{уд} = 0,063 \text{ мОм/м};$$

$$R_{кЛ1} = L \cdot \frac{R_{уд}}{n};$$

(6.4)

$$R_{кЛ1} = 0,05 \cdot \frac{0,099}{3} = 0,0165 \text{ Ом};$$

$$X_{KL1} = L \cdot \frac{X_{yD}}{n};$$

(6.5)

$$X_{KL1} = 0,05 \cdot \frac{0,063}{3} = 0,00105 \text{ Ом.}$$

По схеме замещения суммарные сопротивления R_{Σ} и X_{Σ} определяются арифметическим суммированием до точки К1.

$$R_{\Sigma K1} = 0 \text{ Ом;}$$

$$X_{\Sigma K1} = X_c = 0,086 \text{ Ом;}$$

Полное суммарное сопротивление до точки К1

$$Z_{\Sigma R1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2};$$

(6.6)

$$Z_{\Sigma R1} = \sqrt{0 + 0,0074} = 0,086 \text{ Ом;}$$

Ток трехфазного к.з.

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}}$$

(6.7)

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{13,8}{\sqrt{3} \cdot 0,086} = 92,69 \text{ кА; (ток к.з. на генераторных шинах блока,}$$

данные станции)

Ударный ток к.з. определяется по формуле

$$\frac{X_{\Sigma K1}}{R_{\Sigma K1}} = 0,086 \Rightarrow K_{yK1} = 1,0; \text{ где } k_y \text{ — ударный коэффициент, который}$$

определяется по графику.

$$i_{yK1} = \sqrt{2} \cdot K_{yK1} \cdot I_{K1}^{(3)}$$

(6.8)

$$i_{yK1} = \sqrt{2} \cdot K_{yK1} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 92,69 = 131 \text{ кА.}$$

Расчётные данные сведены в таблицу 14.

Таблица 14 - Расчётные данные токов КЗ КРУ 0,4 кВ

Точка к.з	Uб=13,8 кВ				Uб=0,4 кВ			
	R, Ом	X, Ом	$I^{(3)}_{к.з,к}$ А	$i_{yk1,к}$ А	R, Ом	X, Ом	$I^{(3)}_{к.з,к}$ А	$i_{yk1,к}$ А
К1	-	0,086	92,69	131	-	-	-	-
К2	-	0,956	8,334	11,79	-	-	-	-
К3	-	17,58 6	0,453	1,15	-	0,0148	15,604	22,06
К4	-	-	-	-	0,0016 5	0,0158 5	14,491	32,79

Расчёты выполняются в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТом 27514 – 87 на расчёты токов КЗ в сетях напряжением свыше 1 кВ.

Схемы для расчётов токов КЗ представлены на рисунке 15.

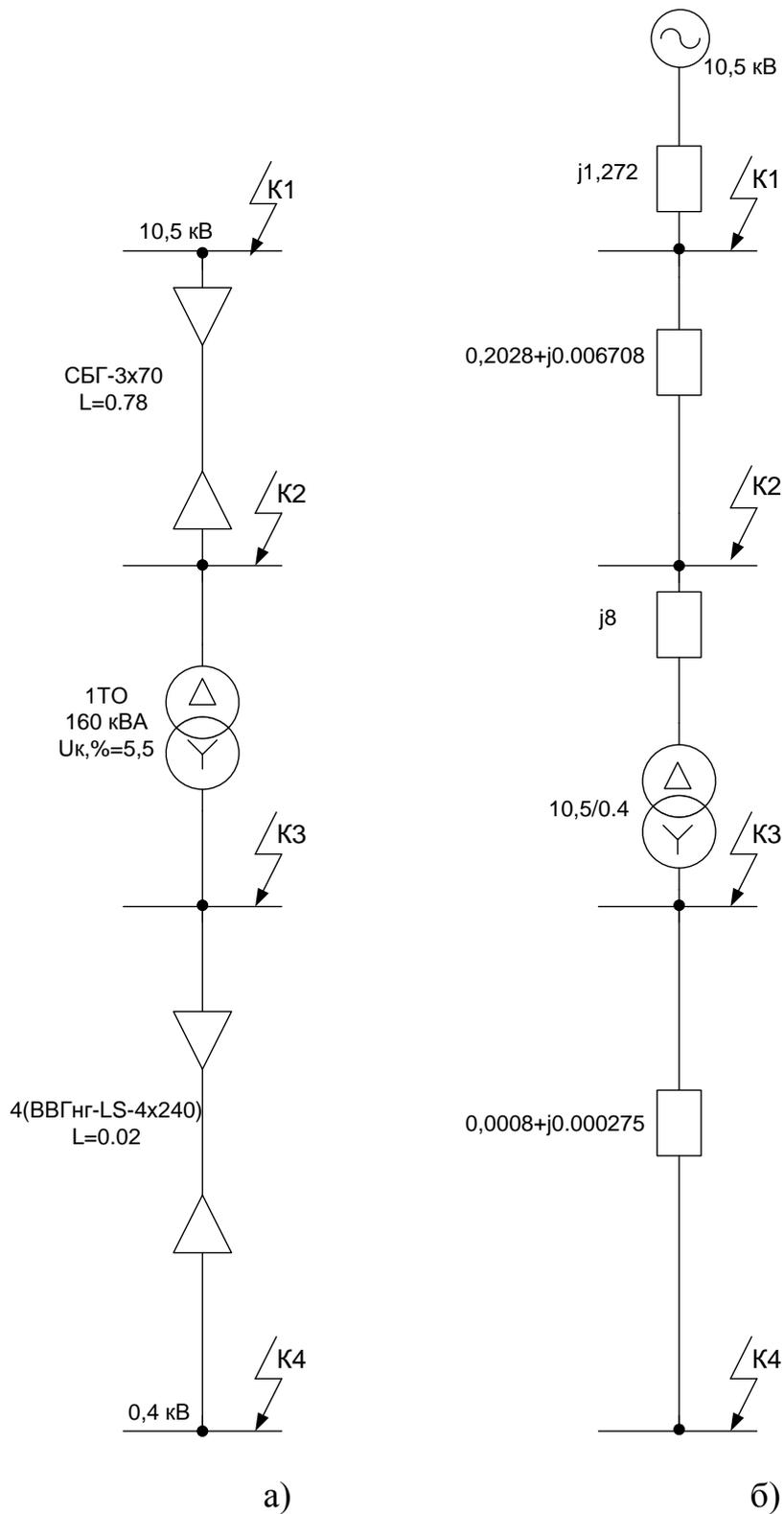


Рисунок 15 – Расчетная схема (а) и схема замещения (б)

Расчётные формулы и базисные условия:

- 1) Базисная мощность $S_{\sigma}=100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$;
- 2) Базисное напряжение $U_{\sigma}=10,0 \text{ кВ}; U_{\sigma}=0,4 \text{ кВ}$;

$$3) \quad \text{Базисный ток } I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}}$$

Ток трехфазного КЗ:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{E''}{\sum X} \cdot I_{\sigma}, \quad (6.9)$$

где $E''=1,05$ -результатирующая ЭДС в относительных единицах; $\sum X$ - суммарное сопротивление до места КЗ.

Расчётные данные сведены в таблицу 15.

Таблица 15- Расчётные данные токов КЗ КРУ 10кВ

Точка к.з	Uб=10,5кВ				Uб=0,4 кВ			
	R, Ом	X, Ом	I ⁽³⁾ к.з,кА	i _{yk1} ,кА	R, Ом	X, Ом	I ⁽³⁾ к.з,кА	i _{yk1} ,кА
K1	-	1,272	4,766	6,74	-	-	-	-
K2	0,2028	1,339	4,476	9,49	-	-	-	-
K3	0,2028	10,159	0,597	1,60	0,000294	0,00147	15,661	32,11
K4	-	-	-	-	0,011	0,015	15,337	21,69

7 Выбор кабелей 1 блока

Выбираем кабели из сшитого полиэтилена в оболочке, безгалогенные, бронированные, не распространяющие горение, с пониженным выделением дыма-производства NEXANS. Для разделки кабелей используются концевые муфты производства NEXANS. При выборе сечения кабелей учтены требования Циркуляра Ц-02-98(Э) департамента стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕЭС России» «О проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания».

Прокладка кабелей предусматривается, в основном, по существующим трассам на кабеленесущих устройствах с проходами через стены и перекрытия в противопожарных модулях. В местах подвода кабелей к щитам, кабель защищается стальной трубой на высоту до 2-х метров.

7.1 Выбор сечения жил кабеля по экономической плотности тока

Экономически целесообразно сечение S , мм², определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{J_{\text{эк}}}, \text{ мм}^2, \quad (7.1)$$

где $J_{\text{эк}}=2,7$ А/мм²- нормированное значение экономической плотности тока, для кабелей с пластмассовой изоляции с медными жилами при числе часов использования максимума нагрузки в год более 5000.

Расчётный ток: $I_p=1080$ А

$$S = \frac{1080}{2,7} = 400 \text{ мм}^2$$

Принимаем к установке кабель N2XСНВН-4x10re/10.

7.2 Проверка силового кабеля, отходящего от щита освещения (ЩО), на термическую стойкость и на невозгорание

Исходные данные:

Тип кабеля N2XСНВН-4x10re/10;

Длительно-допустимый ток 74А ;

Максимальная рабочая температура кабеля 90°С;

Температура кабеля при К.З. 250°С;

Ток нагрузки 40А;

Фактическая температура окружающей среды 38°С;

Способ прокладки в воздухе;

Поправочный коэф-т на t°окр.ср. 0,8 (взято из ПУЭ гл.1.3);

Уставка времени основных защит 0,01с;

Уставка времени резервных защит 0,07с;

Ток КЗ в начале кабеля при питании щита от трансформатора ТО 5,737кА;

Ток КЗ в начале кабеля с учетом переходных сопротивлений: шин, болтовых соединений, контактов автоматического выключателя 5,06кА.

Проверка кабеля на допустимую температуру нагрева рабочим током:

Значение начальной температуры жилы до КЗ:

$$Q_U = Q_0 + (Q_{\text{од}} - Q_{\text{окр.}}) \cdot \left(\frac{I_{\text{раб}}}{I_{\text{од}}} \right)^2; \quad (7.2)$$

где Q_0 – фактическая температура окружающей среды во время КЗ, °С и равна 38°С; $Q_{\text{од}}$ – значение расчетной длительной температуры жилы, °С, равная для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение до 1кВ– 90°С; $Q_{\text{окр.}}$ – значение расчетной температуры окружающей среды (воздух) 25°С; $I_{\text{раб.}}$ – значение тока нагрузки, составляет 40А; $I_{\text{од}}$ – значение расчетного длительно допустимого тока, А.

Длительно допустимый ток с учетом поправочного коэффициента:

$$I_{00}=0,8 \cdot 74=59,2 \text{ А}$$

Начальная температура нагрева до к.з.:

$$Q_U^2 = 38 + (90 - 25) \cdot \left(\frac{40}{59,2}\right)^2 = 68 \text{ °C} < 90 \text{ °C};$$

По допустимой температуре нагрева рабочим током кабель проходит.

Проверка кабеля на возгорание:

Определение температуры нагрева жил кабеля током КЗ

Для определения температуры нагрева жил кабеля при действии тока КЗ используем номограмму (циркуляр № Ц-02-98(Э)). Номограмма построена на основании уравнения, выражающего зависимость температуры жилы непосредственно после КЗ от температуры жилы до КЗ, режима КЗ, конструктивных и теплофизических параметров жилы:

$$Q_K = Q_U \cdot e^K + a \cdot (e^K - 1); \quad (7.3)$$

где Q_K – температура жилы к концу КЗ; Q_U – температура жилы до КЗ; a – величина обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0°С, равная 228°С .

$$k = \frac{\nu \cdot B_{мер.}}{S^2}; \quad (7.4)$$

где ν – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, равная для алюминия 45,65мм⁴/(кА²·с) и для меди 19,58мм⁴/(кА²·с); $B_{мер.}$ – тепловой импульс от тока КЗ, кА²·с ($B_{мер.}=I_{кз}^2 \cdot t$, где $I_{кз}$ – ток КЗ, t – время действия тока КЗ); S – сечение жилы, мм².

Проверка кабеля на возгорание от тока К.З. осуществляется при работе резервных защит.

Коэффициент, характеризующий взаимосвязь между тепловым импульсом, сечением жилы и теплофизическими характеристиками материала жилы:

$$k = \frac{19,58 \cdot 2,30}{10^2} = 0,45;$$

Тепловой импульс от тока КЗ:

$$W_{тер.} = I_{кз}^2 \cdot (t_{в.отк} + T_a); \quad (7.5)$$

$$W_{тер.} = 5,06^2 \cdot (0,07 + 0,02) = 2,30 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Конечная температура нагрева:

$$Q_K = 68 \cdot e^{0,45} + 228 \cdot (e^{0,45} - 1) = 236^\circ \text{C};$$

Значения расчетных температур токопроводящих жил кабелей при проверке на невозгорание не должны превышать 400 0С.

По условиям невозгорания от тока К.З. кабель проходит.

Кроме того, выбранный кабель проходит и по условиям пригодности к эксплуатации после действия тока КЗ, т.к. допустимая температура нагрева кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена при определении пригодности к дальнейшей эксплуатации составляет 250 0С (Циркуляр Ц-02-98(Э)).

Расчётные данные сведены в таблицу 16.

Таблица 16 - Данные кабелей 1 блока

Обозначение кабеля, Провода	Трасса		Проход через трубу		Кабель, провод		
	Начало	Конец	Диаметр по стандарту, Мм	Длина, м	Марка	Кол., число и сечение жил	Длина, м
1	2	3	4	5	6	7	8
(Ввод №1)	трансформатор 1ТО	щит ЩО 1Б			Шины		
2Н1Б-2СН1Б (Ввод №2)	КРУ-0,4-1Б; Пс, ф.11	стабилизатор 2СН1Б			N2XCHBH	4x95mm/50	*
2СН1Б-ЩО1Б	стабилизатор 2СН1Б	щит ЩО 1Б	150	2	N2XCHBH	4x95mm/50	25
ЩО1Б-4ЩО-1Б	ЩО 1Б, ф.1	4ЩО-1Б (южная потерна)	80	10	N2XCHBH	4x16mm/16	130
ЩО1Б-ЩО2Б	ЩО 1Б, ф.4	щит ЩО 2Б	150	4	N2XCHBH	4x70mm/35	145
ЩО1Б-7ЩО-1Б	ЩО 1Б, ф.5	7ЩО-1Б (отм.+42,150)	40	4	N2XCHBH	4x10mm/10	70
ЩО1Б-1ЩО-Б1	ЩО 1Б, ф.6	1ЩО-1Б (отм.+37,250)	40	4	N2XCHBH	4x10mm/10	45
ЩО1Б-2ЩО-1Б	ЩО 1Б, ф.8	2ЩО-1Б (отм.+32,000)	40	4	N2XCHBH	4x10mm/10	30
ЩО1Б-3ЩО-1Б	ЩО 1Б, ф.9	3ЩО-1Б (отм.+28,900)	40	4	N2XCHBH	4x10mm/10	30

Продолжение таблицы 16

ЩО1Б-Сб.осв. 2Г	ЩО 1Б, ф.11	Сборка освещения 2Г	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	60
Сб.осв.2Г-ЩО Б-1	Сборка освещения 2Г	ЩО-1Б (турб. зал)	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	20
ЩО1Б-ШАВР1Б	ЩО 1Б, ф.12	ШАВР 1Б (ввод№2)	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	20
ЩО1Б-Сб.ПМ 1Б(3)	ЩО 1Б, ф.15	Сборка ПМ 1Б на отм. +32,000(освещ. отм. +46,300)	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	40
ЩО1Б-Сб.осв. 1Г	ЩО 1Б, ф.16	Сборка освещения 1Г	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	100
ЩО1Б-Сб.ПМ 1Б (1)	ЩО 1Б, ф.17	Сборка ПМ 1Б на отм. 40+32,000 (освещ.Отм. +41,300-НБ 1секц.)	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	40
Сб.ПМ 1Б-5ЩО-1Б	Сб.ПМ 1Б(отм.+32,000)	5ЩО-1Б (отм.+41,300 НБ 1секц.)	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	75
ЩО1Б-Сб.ПМ 1Б (2)	ЩО 1Б, ф.18	Сборка ПМ 1Б на отм. +32,000 (освещ.Отм. +41,300-ВБ 1секц.)	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	40
Сб.ПМ 1Б-6ЩО-1Б	Сб.ПМ 1Б(отм.+32,000)	6ЩО-1Б (отм.+41,300 ВБ 1секц.)	40	4	N2XCHBH	4x10rm/10	115
ШАВР 1Б							
1СН1Б-ШАВР1Б	стабилизатор 1СН1Б	ШАВР 1Б (ввод 1)			N2XCHBH	4x35rm/25	10

Продолжение таблицы 16

ЩПТ1Б-И1Б	щит пост.тока ЩПТ1Б	инвертор И1Б			N2XCHBH	4x10re/10	
И1Б-ШАВР1Б	инвертор И1Б	ШАВР 1Б (ввод 3)	40	2	N2XCHBH	4x10re/10	10
Сборка аварийного освещения 1Б							
шавр 1б-сб.АО 1Б	ШАВР 1Б	Сбор.авар. осв. 1Б (Ввод)	40	4	N2XCHBH	4x10re/10	35
Сб.АО1Б-7ЩАО-1Б	Сб. авар.осв. 1Б ф.1	7ЩАО-1Б (отм. +42,150)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	110
Сб.АО1Б-1ЩАО-1Б	Сб. авар.осв. 1Б ф.2	1ЩАО-1Б (отм. +37,250)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	40
Сб.АО1Б-4ЩАО-1Б	Сб. авар.осв. 1Б ф.4	4ЩАО-1Б (южная потерна)	40	10	N2XCHBH	4x10re/10	130
Сб.АО1Б-Сб. ПМ 1Б(1)	Сб. авар.осв. 1Б ф.5	Сб. ПМ 1Б на отм. +32,000(ав.Осв. Отм. +41,300 ВБ)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	50
Сб. ПМ 1Б-6ЩАО-1Б	Сб. ПМ 1Б на отм. +32,000(ав.Осв. Отм. +41,300 ВБ)	6ЩАО-1Б (ав.Осв. Отм. +41,300 ВБ)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	115

Продолжение таблицы 16

Сб.АО1Б-Сб. ПМ 1Б(2)	Сб. авар.осв. 1Б ф.6	Сб. ПМ 1Б на отм. +32,000(ав.Осв. Отм. +41,300 НБ)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	50
Сб. ПМ 1Б-5ЩАО01Б	Сб. ПМ 1Б на отм. +32,000(ав.Осв. Отм. +41,300 НБ)	5ЩАО-1Б (ав.Осв. Отм. +41,300 НБ)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	75
Сб.АО1Б-2ЩАО-1Б	Сб. авар.осв. 1Б ф.7	2ЩАО-1Б (отм. +32,000)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	40
Сб.АО1Б-3ЩАО-1Б	Сб. авар.осв. 1Б ф.8	3ЩАО-1Б (отм. +28,900)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	40
Сб.АО1Б-ЩАО Турб.з.	Сб. авар.осв. 1Б ф.9	ЩАО-Турб.з. (отм. +37,250)	40	4	N2XCHBH	4x6 re/6	60

8 Выбор электрических аппаратов и приборов

8.1 Выбор ячеек комплектно-распределительного устройства серии К- 63

По результатам расчетов токов короткого замыкания была выбрана ячейка серии К- 63 производства АО «Самарский завод «Электроцит», где устанавливаются вакуумный выключатель типа ВВ/TEL-10; ограничитель перенапряжения нелинейные типа ОПН-КР/TEL 10/11,5; трансформатор тока типа ТПФМ-10; трансформатор напряжения типа НТМИ-10; кварцевый предохранитель трансформаторов напряжения токоограничивающего действия ПKN001- 10У3.

Внешний вид ячейки К- 63 показан на рисунке 16.



Рисунок 16 - Внешний вид ячейки К-63

Комплектное распределительное устройство (КРУ) серии К- 63 предназначено для приёма и распределения электрической

энергии переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц, напряжением 6-10 кВ.

Шкафы КРУ серии К- 63 предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение УЗ) при следующих условиях :

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- верхнее значение температуры окружающего воздуха не выше 40°C;
- нижнее значение температуры окружающего воздуха - 25 °С,

КРУ серии К- 63 не предназначены для работы;

- нижнее значение температуры окружающего воздуха - 25 °С,

КРУ серии К- 63 не предназначены для работы;

- в среде, подвергающейся действию газов, испарений и химических отложений, вредных для изоляции и в среде подвергающейся усиленному загрязнению.

Технические данные КРУ серии К- 63 приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Технические данные КРУ серии К- 63

№	Наименование параметра	Значение параметра
1	2	3
	Номинальное напряжение (линейное, кВ)	6; 10
2	Наибольшее рабочее напряжение (линейное, кВ)	7,2 ; 12
3	Номинальный ток в цепях ячеек КРУ, А	630; 1000
4	Номинальный ток сборных шин, А	1000
5	Номинальный ток отключения выключателя встроенного в КРУ, кА	20
6	Уровень изоляции	нормальная
7	Вид изоляции	воздушная
8	Наличие изоляции токоведущих частей	с неизолированными шинами

8.2 Проверка выключателя

Выбраны к установке в КРУ-10кВ выключатель ВВ/TEL-10. Установка выключателя в ячейку КРУ: на выкатных элементах устанавливается вакуумный выключатель типа ВВ/TEL-10.

Конкурирующим вариантом реконструкции была установка вакуумных выключателей марки ВВЭ-М-10-20УЗ (г. Минусинск). Такой вариант неприемлем по ряду существенных причин:

- большие габаритные размеры и масса, более высокая трудоемкость монтажа и обслуживания;
- отсутствие разработанного выключателя ограничителя перенапряжения, в то время как выключатели ВВ/TEL снабжаются адаптированными к их характеристикам нелинейные ограничителями перенапряжения ОПН-КР/TEL.

Технические характеристики ВВ/TEL- 10 приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Технические характеристики ВВ/TEL- 10

1.	Номинальное напряжение, кВ	10
2.	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
3.	Номинальный ток (I ном), А	630, 1000
4.	Номинальный ток отключения (То.ном.), кА	20
5.	Сквозной ток короткого замыкания: - наибольший пик, кА , не более	52
6.	Собственное время отключения выключателя, с., не более	0,015
7.	Полное время отключения, с., не более	0,025
8.	Собственное время включения, с., не более	0,07
9.	Номинальное напряжение питания блока управления, В (постоянного тока)	220
10.	Ресурс по коммутационной стойкости : при номинальном токе I ном, операций «ВО» при токах короткого замыкания I=(60-100)% от (То.ном.), операций «ВО»	50000 100
11.	Масса, кг: ВВ/TEL-10 (КРУ, Амеж.пол.=200 мм)	35
12.	Срок службы до списания, лет	25

8.2.1 Проверка выключателя ВВ/TEL-10 по уровню изоляции. Номинальное напряжение выключателя ВВ/TEL- 10 соответствует номинальному напряжению сети, равному 10 кВ из таблицы 22.

Наибольшее рабочее напряжение, равное 12 кВ больше наибольшего рабочего напряжения сети, равное 10,5 кВ.

8.2.2 Проверка по нагреву продолжительным током. Номинальный рабочий ток выключателя ВВ/TEL-10, равный 1000А, больше номинального рабочего тока линии, равного 34 А.

8.2.3 Проверка на электродинамическую стойкость. Произведем проверку выключателя ВВ/TEL-10 на электродинамическую стойкость. Выключатель должен удовлетворять требованиям

$$I_{дин} \geq I_{н,о},$$

$$I_{дин.макс} \geq I_{уд,макс},$$

где $I_{дин}$ - номинальный ток отключения выключателя, 20кА из таблицы 22;

$I_{н,о}$ - расчетный ток короткого замыкания, 8334 А;

$I_{дин.макс}$ - ток динамической стойкости выключателя (сквозной ток к.з.), 8,3кА;

$I_{уд,макс}$ - максимальный ударный ток короткого замыкания, кА.

Максимальный ударный ток короткого замыкания $I_{уд,макс}$ рассчитывается по формуле

$$I_{уд.мах.} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{кз}^{(3)}, \quad (8.1)$$

где $K_{уд}$ - ударный коэффициент, 1,3 о.е.;

$I_{кз}^{(3)}$ - сила тока трехфазного короткого замыкания, 8334 А.

$$I_{уд.мах.} = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 8334 = 15167 \text{ А.}$$

Номинальный ток отключения выключателя, равный 20 кА, больше расчетного тока короткого замыкания, равного 15167 А. Ток динамической стойкости выключателя, равный 52 кА, больше максимального ударного тока короткого замыкания, равного 11,79 кА.

Выбранный выключатель удовлетворяет требованиям динамической стойкости.

8.2.4 Проверка выключателя ВВ/TEL-10 на термическую стойкость. Произведем проверку выключателя ВВ/TEL-10 на термическую стойкость. Для того, чтобы выключатель ВВ/TEL-10 прошел проверку на термическую стойкость необходимо, чтобы расчетный импульс квадратичного тока $B_{кр}$ был меньше паспортного импульса квадратичного тока $B_{кп}$.

Импульс квадратичного тока $B_{кр}$ рассчитывается по формуле

$$B_{кр} = \int_0^{t=0,025} i_k^2 dt, \quad (8.2)$$

где t - время протекания тока короткого замыкания, 0,025 с;

i_k - максимальный ток к.з, 8334 А.

$$B_{кр} = i_k^2 t \Big|_0^{0,025} = i_k^2 (0,025 - 0) = 5288^2 \cdot 0,025 = 1736 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Импульс квадратичного тока $B_{кп}$ рассчитывается по формуле

$$B_{кп} = I_T^2 \cdot t_T, \quad (8.3)$$

где I_T - ток термической стойкости по паспорту устройства, 20000 А;

t - время протекания тока короткого замыкания, 0,025 с.

$$V_{\text{кп}} = 20000^2 \cdot 0,025 = 10^7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Таким образом расчетный импульс квадратичного тока $V_{\text{кр}}$ меньше паспортного импульса квадратичного тока $V_{\text{кп}}$ и условия термической стойкости выключателя выполняются.

8.2.5 Проверка по коммутационной способности. Проверка по коммутационной способности не проводится при условии, что выключатель отвечает требованиям рабочего напряжения и имеет запас по динамической и термической стойкости.

8.3 Проверка ограничителей перенапряжения

8.3.1 Общие сведения об ограничителе перенапряжения. Выбираем ограничитель перенапряжения нелинейный типа ОПН- КР/TEL 10/11,5.

Класс напряжения сети10 кВ

Длительно допустимое рабочее напряжение сети.....11,5 кВ

Область применения и условия эксплуатации.

Ограничители типа ОПН-КР/TEL предназначены для защиты электрооборудования от коммутационных и атмосферных перенапряжений в сетях напряжения 6- 10 кВ переменного тока частоты 48- 62 Гц с изолированной или компенсированной нейтралью. Способность ОПН-КР/TEL глубоко ограничивать коммутационные перенапряжения позволяет эффективно использовать его в электрических схемах с трансформаторами, вращающимися машинами и в кабельных сетях.

ОПН- КР/TEL применяются для внутренней установки в условиях умеренного и холодного климата при температуре окружающего воздуха в диапазоне от -60°С до +40°С на высоте не более 2000 м над уровнем моря (УХЛ2 по ГОСТ15150). Ограничители длительно выдерживают механическую нагрузку до 300 Н в направлении, перпендикулярном вертикальной оси ОПН- КР/TEL.

8.3.2 Принимаем к установке нелинейный ограничитель перенапряжения ОПН-КР/TEL. Проверка по напряжению. Номинальное напряжение ОПН-КР/TEL соответствует номинальному напряжению сети, равному 10 кВ.

Наибольшее рабочее напряжение ОПН-КР/TEL, равное 12 кВ больше наибольшего рабочего напряжения сети, равное 10,5 кВ.

9 Выбор схемы освещения водосливной плотины.

На рисунке 19 представлена структурная схема электрических соединений сети 10 кВ. На рисунке 20 представлена схема расчетов токов короткого замыкания. Схема электрическая трансформаторной подстанции и кабельный журнал представлены в Приложении.

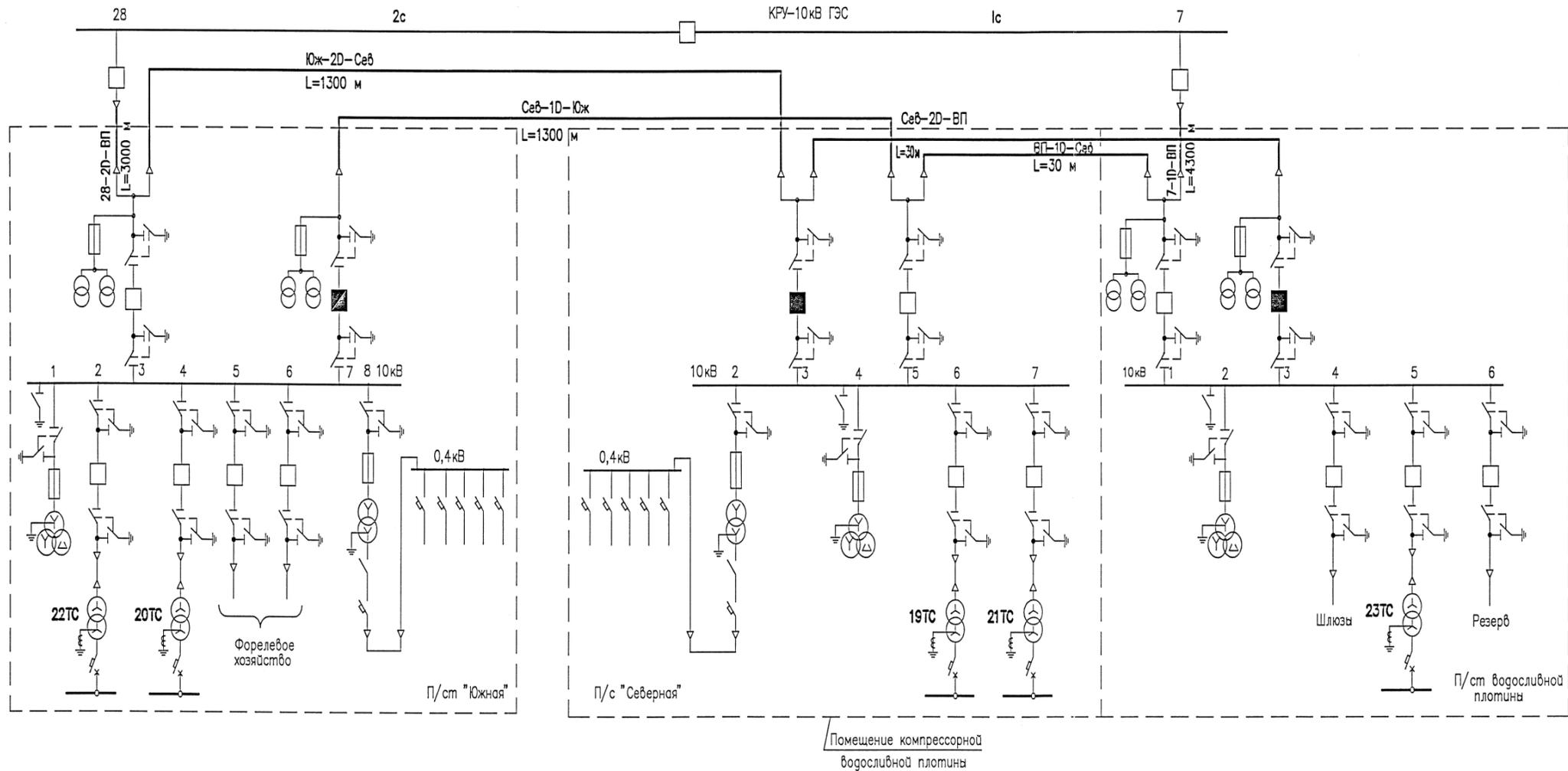
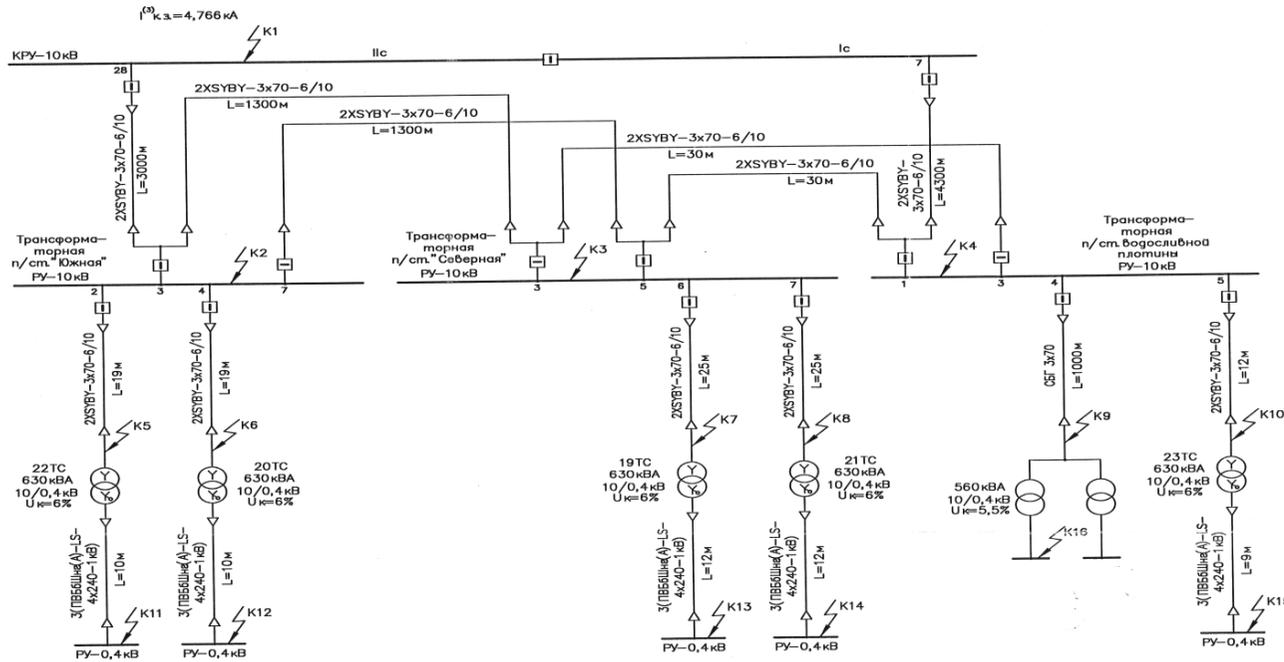


Рисунок 19 - Структурная схема электрических соединений сети 10 кВ



1. Питание от ячейки N2B лс. КРУ-10кВ

Точки кз	U _б =10,5кВ			U _б =0,4кВ		
	r(Ом)	x(Ом)	I _{кз} (кА)	r(Ом)	x(Ом)	I _{кз} (кА)
K-1	0,000	1,272	4,766	—	—	—
K-2	0,804	1,581	3,418	—	—	—
K-3	1,152	1,715	2,934	—	—	—
K-4	1,160	1,718	2,924	—	—	—
K-5	0,809	1,583	3,410	—	—	—
K-6	0,809	1,583	3,410	—	—	—
K-7	1,159	1,717	2,926	—	—	—
K-8	1,159	1,717	2,926	—	—	—
K-9	1,420	1,804	2,640	—	—	—
K-10	1,164	1,719	2,920	—	—	—
K-11	3,864	13,783	0,424	0,0056	0,0200	11,117
K-12	3,864	13,783	0,424	0,0056	0,0200	11,117
K-13	4,825	14,257	0,403	0,0070	0,0207	10,573
K-14	4,825	14,257	0,403	0,0070	0,0207	10,573
K-15	3,913	13,749	0,424	0,0057	0,0200	11,132
K-16	1,420	12,632	0,477	0,0021	0,0183	12,519

2. Питание от ячейки N7 лс. КРУ-10кВ

Точки кз	U _б =10,5кВ			U _б =0,4кВ		
	r(Ом)	x(Ом)	I _{кз} (кА)	r(Ом)	x(Ом)	I _{кз} (кА)
K-1	0,000	1,272	4,766	—	—	—
K-4	1,152	1,715	2,934	—	—	—
K-3	1,160	1,718	2,924	—	—	—
K-2	1,509	1,852	2,538	—	—	—
K-9	1,412	1,801	2,649	—	—	—
K-10	1,156	1,716	2,930	—	—	—
K-7	1,167	1,721	2,916	—	—	—
K-8	1,167	1,721	2,916	—	—	—
K-5	1,514	1,854	2,533	—	—	—
K-6	1,514	1,854	2,533	—	—	—
K-15	3,905	13,746	0,424	0,0057	0,0199	11,136
K-16	1,412	12,629	0,477	0,0020	0,0183	12,522
K-13	4,833	14,260	0,403	0,0070	0,0207	10,569
K-14	4,833	14,260	0,403	0,0070	0,0207	10,569
K-11	4,569	14,053	0,410	0,0066	0,0204	10,769
K-12	4,569	14,053	0,410	0,0066	0,0204	10,769

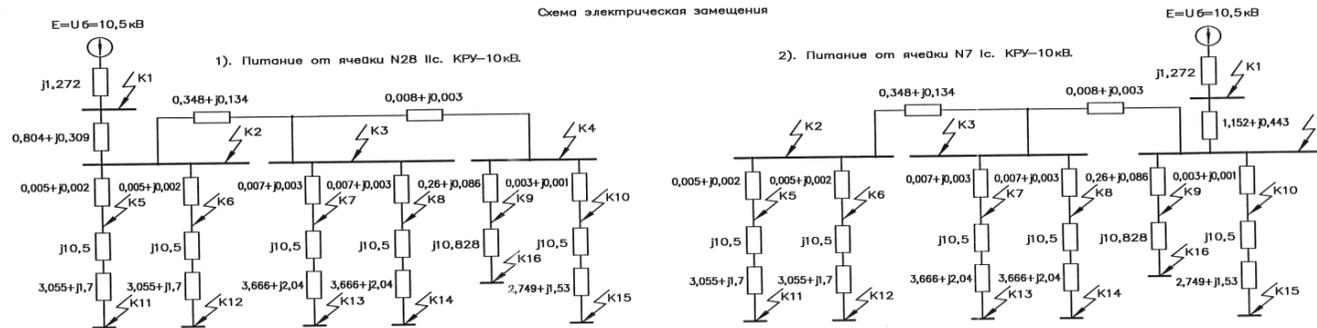


Рисунок 20 – Схема расчетов токов короткого замыкания

Заключение

В результате проделанной работы был проведён ряд необходимых расчётов, обоснований и анализов:

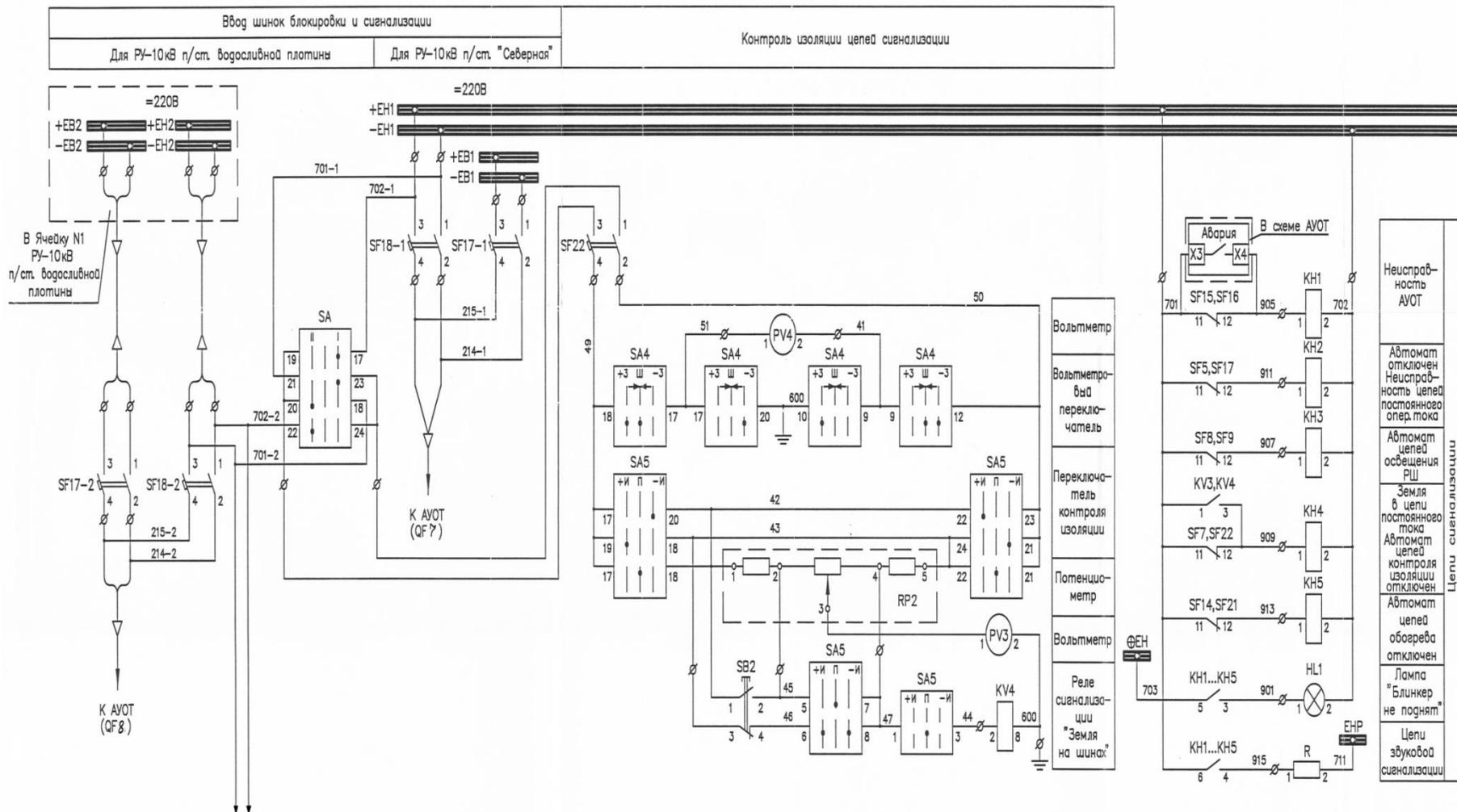
- расчётны нагрузки рабочего и аварийного освещения здания Жигулёвской ГЭС;
- подробно спроектирована замена ламп накаливания на энергосберегающие и светодиодные лампы;
- выбран к установке трансформатор освещения ТСЗ-160 10/0,4 УЗ;
- в качестве щита ЩО 1Б принят щит, состоящий из панелей напольного исполнения марки TriLine-R, фирмы АВВ, исполнения IP54;
- установлены сборки аварийного освещения серии Unibox навесного исполнения с модульными выключателями фирмы АВВ;
- выбраны стабилизатор напряжения Progress, инвертор Protect 5.
- произведён расчет короткого замыкания на секции КРУ 0,4 кВ и КРУ 10 кВ;
- рассчитаны и выбраны сечения кабелей;
- к установке выбрана ячейка К-63.

В целом предложенная схема электроснабжения отвечает требованиям надёжности.

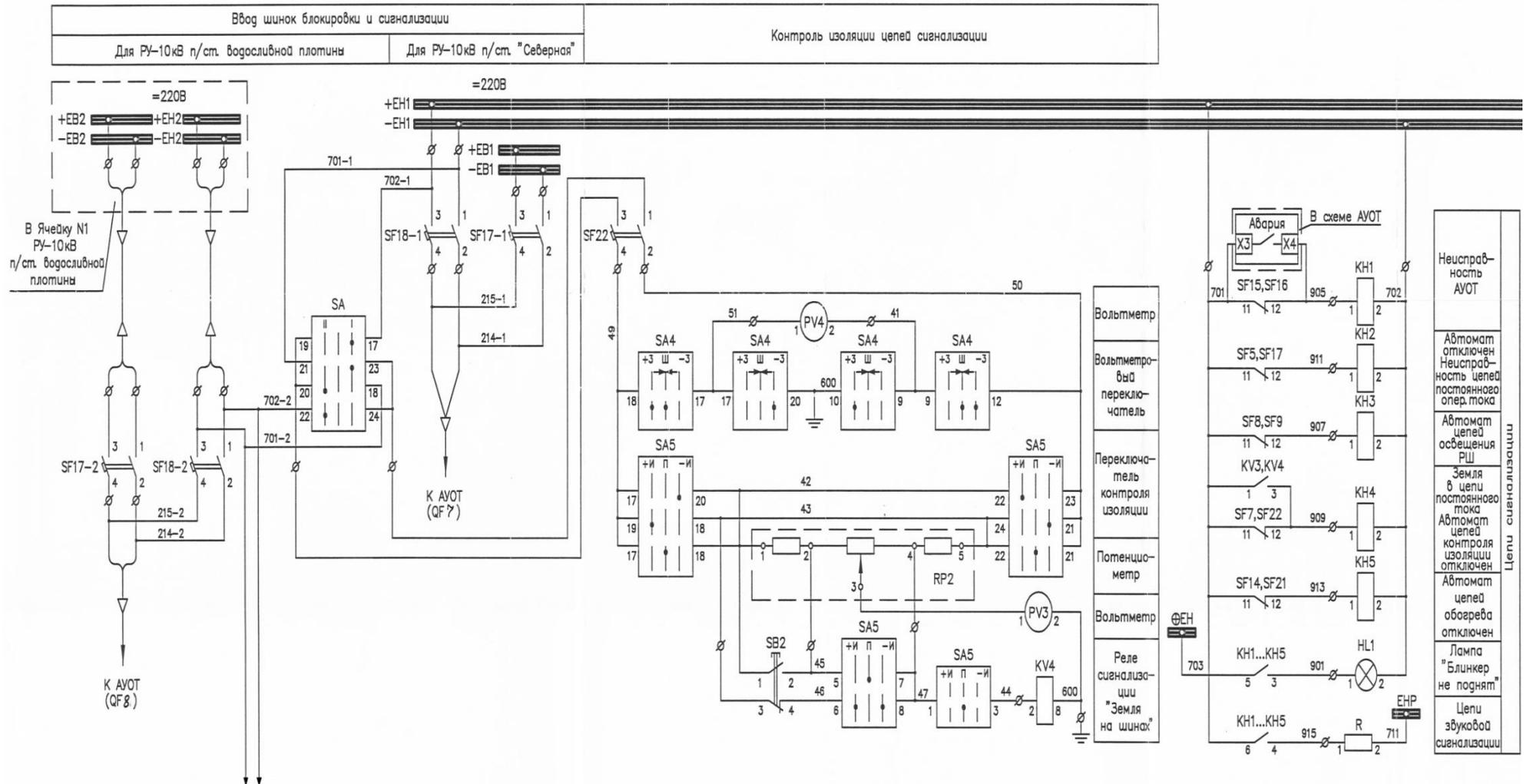
Список использованных источников

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.- М.: Энергоатомиздат, 2013.
2. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. с изм. И доп. – М.:Госэнергонадзор, 2007.
3. ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические требования.
4. ГОСТ 16703-79. Световые приборы и комплексы. Термины и определения.
5. ГОСТ 27514-87. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ.
6. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
7. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб. -метод. пособие для практических занятий и курсового проектирования / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2007.– 54 с.
8. Вахнина, В.В. Проектирование осветительных установок: Учеб. Пособие./ В.В. Вахнина, О.В. Самолина, А.Н. Черненко. - Тольятти: ТГУ, 2008. С.90.
9. Романов, А.А., Жигулевская ГЭС. Эксплуатация гидротехнических сооружений.
10. Лыкин, А.В. Электрические системы и сети / А.В. Лыкин – М.: Логос, 2010.
11. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ : в 6-ти т.../ Е.Ф. Макаров, И.Т.Горюнова – М.: Папирус Про, 2010.
12. Борисов, Ю.М.Электротехника/ Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. – М.: Энергоатомиздат, 2012.

13. Каликанов, В. М. Учебное пособие по курсу "Теоретические основы электротехники" / Н. Р. Некрасова, Ю. С. Игольников, С. А. Панфилов, А. Б. Бартанов. - Саранск: Типография "Красный Октябрь", 2007.
14. Карякин, Н.А. Световые приборы прожекторного и проекторного типов: учебник для вузов/Карякин Н.А.- М.: Высшая школа, 2008.
15. Князевский, Б.А. Электроснабжение промышленных предприятий./ Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. - М.: Высшая школа, 2007 г.
16. Липкин, Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок./Липкин Б.Ю. - М.: Высшая школа, 2008.
17. Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий./ Федоров А.А., Старкова Л.Е. - М.: Энергоатомиздат, 2001 г.
18. Цюпак, Ю.А. Методические указания к выполнению курсового проекта по световым приборам: Учебное пособие/ Цюпак, Ю.А., Саморуков В.А., Ивлиев С.Н. - Саранск: Изд-во МГУ, 2001.
19. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ: в 6-ти т.../ Е.Ф. Макаров, И.Т.Горюнова – М.: Папирус Про, 2004.
20. Anthony J. Pansini, "Guide to Electrical Power Distribution Systems, 6th Edition" Fairmmt Press /2004
22. D..Das "Electrical Power Systems New Age International" /Fairmmt Press/ 2007
23. J.Lewis Blackburn "Protective Relaying: Principles and Applications, 3rd Edition" / CRC Press/ 2012
24. S.Manktala "Switching Power Supply Design and Optimization, Second Edition"/ CRC Press/ 2012
25. Norman S.Nise "Control Systems Engineering, 4 Ed"/ CRC Press/ 2012



	Цепи сигнализации
	Неисправность AVOT
	Автомат отключен Неисправность цепей постоянного опер. тока
	Автомат цепей освещения РЩ
	Земля в цепи постоянного тока Автомат цепей контроля изоляции отключен
	Автомат цепей обаварева отключен
	Лампа "Блинкер не поднят"
	Цепи звуковой сигнализации



Индекс взаиморазвертывания	Порядковый номер кабеля	Наименование монтажной единицы	Маркировка кабеля по проекту	Заводская марка кабеля и сечение кабеля в мм ²	Направление кабеля								Длина кабеля в мм	Трассы кабелей N — номер трассы N — номер полки или способ прокладки кабеля	NN чертежей планов кабельной раскладки	Порядковый номер кабеля	
					Откуда				Куда								
					Место присоединения	Координаты			Место присоединения	Координаты							
						X	Y	Z		X	Y	Z					
Силовые кабели																	
1	Трансформаторная подстанция "Северная" 10/0,4кВ	ДР-01	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
2		ДР-02	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
3		ДР-03	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
4		ДР-04	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
5		ДР-05	ВВГнг-LS 2x4	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
6		ДР-06	ВВГнг-LS 5x6	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
7		ДР-07*			АУОТ				Аккумуляторная батарея						По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)		
8		ДР-08	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
9		ДР-09	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			

Индекс взаиморазвертывания	Порядковый номер кабеля	Наименование монтажной единицы	Маркировка кабеля по проекту	Заводская марка кабеля и сечение кабеля в мм ²	Направление кабеля								Длина кабеля в мм	Трассы кабелей N - номер трассы N - номер полки или способ прокладки кабеля	NN чертежей планов кабельной раскладки	Порядковый номер кабеля	
					Откуда				Куда								
					Место присоединения	Координаты			Место присоединения	Координаты							
						X	Y	Z		X	Y	Z					
Силовые кабели																	
1	Трансформаторная подстанция "Северная" 10/0,4кВ	ДР-01	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
2		ДР-02	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
3		ДР-03	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
4		ДР-04	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
5		ДР-05	ВВГнг-LS 2x4	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
6		ДР-06	ВВГнг-LS 5x6	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
7		ДР-07*			АУОТ				Аккумуляторная батарея						По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)		
8		ДР-08	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
9		ДР-09	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			

Индекс взаиморазвертывания	Порядковый номер кабеля	Наименование монтажной единицы	Маркировка кабеля по проекту	Заводская марка кабеля и сечение кабеля в мм ²	Направление кабеля								Длина кабеля в мм	Трассы кабелей N - номер трассы N - номер полки или способ прокладки кабеля	NN чертежей планов кабельной раскладки	Порядковый номер кабеля	
					Откуда				Куда								
					Место присоединения	Координаты			Место присоединения	Координаты							
						X	Y	Z		X	Y	Z					
Силовые кабели																	
1	Трансформаторная подстанция "Северная" 10/0,4кВ	ДР-01	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
2		ДР-02	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
3		ДР-03	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
4		ДР-04	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
5		ДР-05	ВВГнг-LS 2x4	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
6		ДР-06	ВВГнг-LS 5x6	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
7		ДР-07*			АУОТ				Аккумуляторная батарея						По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)		
8		ДР-08	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
9		ДР-09	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			

Индекс взаиморезервирования	Порядковый номер кабеля	Наименование монтажной единицы	Маркировка кабеля по проекту	Заводская марка кабеля и сечение кабеля в мм ²	Направление кабеля								Длина кабеля в мм	Трассы кабелей N — номер трассы N — номер полки или способ прокладки кабеля	NN чертежей планов кабельной раскладки	Порядковый номер кабеля	
					Откуда				Куда								
					Место присоединения	Координаты			Место присоединения	Координаты							
						X	Y	Z		X	Y	Z					
Силовые кабели																	
1	Трансформаторная подстанция "Северная" 10/0,4кВ	ДР-01	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
2		ДР-02	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
3		ДР-03	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
4		ДР-04	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
5		ДР-05	ВВГнг-LS 2x4	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
6		ДР-06	ВВГнг-LS 5x6	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
7		ДР-07*			АУОТ				Аккумуляторная батарея						По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)		
8		ДР-08	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
9		ДР-09	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			

Индекс взаиморазвертывания	Порядковый номер кабеля	Наименование монтажной единицы	Маркировка кабеля по проекту	Заводская марка кабеля и сечение кабеля в мм ²	Направление кабеля								Длина кабеля в мм	Трассы кабелей N — номер трассы N — номер полки или способ прокладки кабеля	NN чертежей планов кабельной раскладки	Порядковый номер кабеля	
					Откуда				Куда								
					Место присоединения	Координаты			Место присоединения	Координаты							
						X	Y	Z		X	Y	Z					
Силовые кабели																	
1	Трансформаторная подстанция "Северная" 10/0,4кВ	ДР-01	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
2		ДР-02	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
3		ДР-03	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
4		ДР-04	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
5		ДР-05	ВВГнг-LS 2x4	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
6		ДР-06	ВВГнг-LS 5x6	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
7		ДР-07*			АУОТ				Аккумуляторная батарея						По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)		
8		ДР-08	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
9		ДР-09	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			

Индекс взаиморазвертывания	Порядковый номер кабеля	Наименование монтажной единицы	Маркировка кабеля по проекту	Заводская марка кабеля и сечение кабеля в мм ²	Направление кабеля								Длина кабеля в мм	Трассы кабелей N — номер трассы N — номер полки или способ прокладки кабеля	NN чертежей планов кабельной раскладки	Порядковый номер кабеля	
					Откуда				Куда								
					Место присоединения	Координаты			Место присоединения	Координаты							
						X	Y	Z		X	Y	Z					
Силовые кабели																	
1	Трансформаторная подстанция "Северная" 10/0,4кВ	ДР-01	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
2		ДР-02	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
3		ДР-03	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
4		ДР-04	ВВГнг-LS 5x6	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
5		ДР-05	ВВГнг-LS 2x4	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
6		ДР-06	ВВГнг-LS 5x6	ТП водосливной плотины 10/0,4кВ Ячейка N1 Ввод N1					Ячейка N1 ПСН				21	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
7		ДР-07*			АУОТ				Аккумуляторная батарея						По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)		
8		ДР-08	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			
9		ДР-09	ВВГнг-LS 2x2,5	АУОТ					Ячейка N1 ПСН				9	По кабельным конструкциям (проект 0260-014-ЭПО.002)			