

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

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

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка схем рабочего и аварийного освещения здания Жигулевской ГЭС»

Студент(ка)

А.П. Соловьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.А. Романов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Допустить к защите

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

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Содержание

Введение.....	4
Описание объекта.....	6
1. Выбор мощности трансформатора	9
1.1. Рабочее освещение.....	9
1.2. Аварийное освещение.....	14
1.2.1. Выбор инвертора сети аварийного освещения энергоблоков здания ГЭС	16
1.2.2. Выбор схемы и станции аварийного освещения (САО)	22
1.2.3. Выбор стабилизаторов переменного напряжения	26
1.2.4. Технические требования к поставляемому оборудованию	28
1.3. Расчет освещения. Светотехнический расчет.	30
1.3.2. Выбор сечения проводников осветительной сети	32
1.4. Замена электрооборудования рабочего освещения 1 блока.....	36
1.5. Выбор трансформатора освещения	45
2. Расчет токов короткого замыкания	50
2.1. Выбор кабелей 1 блока	56
2.2. Выбор сечения жил кабеля по экономической плотности тока.....	56
2.3. Проверка силового кабеля, отходящего от щита освещения	57
3. Выбор электрических аппаратов и приборов.....	63
3.1. Проверка выключателя.....	65
3.2. Электронный стабилизатор напряжения	71

3.2.1. Схема подключения стабилизатора	72
3.3. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда	73
3.3.1. Аттестация рабочего места по условиям труда	75
3.3.2. Обследование условий освещенности рабочего места	78
3.4. Расчет затрат на реконструкцию сети освещения	83
Заключение	89
Список используемых источников	90

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 дан-

ного района, гидроэлектростанции ни каким образом не зависят от поставщиков топлива, т.е., в этом плане, абсолютно автономны.

Данная магистерская диссертация отражает процесс проектирования электроснабжения сетей рабочего и аварийного освещения здания Жигулёвской ГЭС.

Затрагиваются все аспекты проектирования электроснабжения, необходимые для нормального функционирования при номинальных и послеаварийных режимах.

Целью является создание эффективной, экономически обоснованной и качественной системы электроснабжения сетей освещения.

Для поставленной цели необходимо выполнить выбор мощности трансформатора освещения, расчет токов короткого замыкания, выбор электрооборудования, проверку на безопасность и экологичность.

Исходные данные для разработки были получены путем практического подсчета мощности потребителей.

Описание объекта

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 мощностью по 120 МВт с поворотно-лопастными турбинами диаметром рабочего колеса 9,3 м и генераторами зонтичного исполнения. 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 напряжении 500, 220 и 110 кВ. Гидроагрегаты выдают электроэнергию на напряжении 13,8 кВ на однофазные трансформаторы и автотрансформаторы, расположенные на здании ГЭС со стороны нижнего бьефа. Всего имеется 8 групп трансформаторов и автотрансформаторов: одна группа автотрансформаторов АОРЦТ-90000/220/110 (3 шт.), одна группа автотрансформаторов АОРЦТ-135000/500/220 (3 шт.), три группы автотрансформаторов АОРЦТ-

135000/500/220 (9 шт.), три группы трансформаторов ОРЦ-135000/500 (9 шт.). Станция имеет три открытых распределительных устройства (ОРУ) напряжением 110, 220 и 500 кВ. ОРУ 500 кВ расположено на правом берегу, оборудовано 24 выключателями (изначально воздушными, ведется их постепенная замена на элегазовые). ОРУ 220 кВ расположено на уширении земляной плотины, оборудовано 13 элегазовыми выключателями. ОРУ 110 кВ расположено на правом берегу, оборудовано 13 элегазовыми выключателями. Электроэнергия Жигулёвской ГЭС выдаётся в энергосистему по следующим линиям электропередачи:

ВЛ 500 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Куйбышевская»

ВЛ 500 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Азот»

ВЛ 500 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Вешкайма» (южная)

ВЛ 500 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Вешкайма» (северная)

ВЛ 220 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Сызрань» I цепь

ВЛ 220 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Сызрань» II цепь

ВЛ 220 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «КС-22»

ВЛ 220 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Солнечная»

ВЛ 220 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Левобережная» I цепь

ВЛ 220 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Левобережная» II цепь

ВЛ 110 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Цементная» I цепь с отпайкой на ПС «Жигулевская» (Цементная-1)

ВЛ 110 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Цементная» II цепь с отпайкой на ПС «Жигулевская» (Цементная-2)

ВЛ 110 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Услава» с отпайкой на ПС «Отвага»

ВЛ 110 кВ Жигулевская ГЭС — ПС «Переволоки» с отпайкой на ПС «Отвага»

ВЛ 110 кВ Жигулевская ГЭС — ПС«Зольное» с отпайками (Жигулевск-Зольное)

ВЛ 110 кВ Жигулевская ГЭС — ПС«ЖЭТЗ» (Комсомольская-1)

ВЛ 110 кВ Жигулевская ГЭС — ПС«Александровка» (Александровка-2)

1. Выбор мощности трансформатора

Для выбора мощности трансформатора освещения необходимо выполнить расчет электрических нагрузок. 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.

1.1. Рабочее освещение

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

$$P_{уст} = P_n \cdot n, \quad (1.1)$$

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

Полученные значения сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 - Расчет электрических нагрузок рабочего освещения 1 блока

Наименование приёмников	n , шт.	P_n , Вт	$P_{уст}$, Вт
4ЦО-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

Продолжение таблицы 1.

Мастерская, дежурная комната	4	75	300
Питание датчиков замера уровня воды в юж. насос.	4	25	100
ЩО-1Б ∇ 42,15			
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

Продолжение таблицы 1

Подпятник, розетки шахты турбины	10	40	400
Лекаж., дренаж. Насосы	2	5	30
	2	10	
Контактные кольца ротора	4	40	160
Возбудитель	4	40	160
5ЩО-1Б НБ ∇ 41,3			
∇ 41,3 Рабочее боковое осв. НБ (*3)	42	150	6300
6ЩО-1Б ВБ 1 сек. ∇ 41,3			
∇ 41,3 Рабочее потолочное осв. (*6)	8	750	6000
∇ 41,3 Рабочее боковое осв. ВБ(*3)	42	150	6300
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	5	30
	2	10	
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
∑ (*8 т.к. 8 агрегатов,распред.устройств)	-	-	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.

$$P_{устГЭС} = P_{уст-1блок} * 4 \quad (1.2)$$

Нагрузка рассчитана при соблюдении условия питания каждого блока двумя трансформаторами освещения. 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, Псекции, ф.11 через стабилизатор напряжения.

На рисунке 1 представлена схема рабочего освещения 1 блока.

1.2. Аварийное освещение

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. Такая схема питания позволяет отделить разветвленную сеть аварийного освещения от сети оперативного постоянного тока.

Аналогично проводим расчёт аварийного освещения.

Таблица 2 - Расчет электрических нагрузок аварийного освещения

Наименование приёмников	п, шт.	Рн, Вт	Руст, 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
∑(*5 т.к. 5 агрегатов, распредел. устройств)	-	-	4275*8=3 4200

Суммарная нагрузка аварийного освещения здания ГЭС рассчитывается по 8 блокам. В помещении РУ собственных нужд 0,4 кВ предусмотрена уста-

новка 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

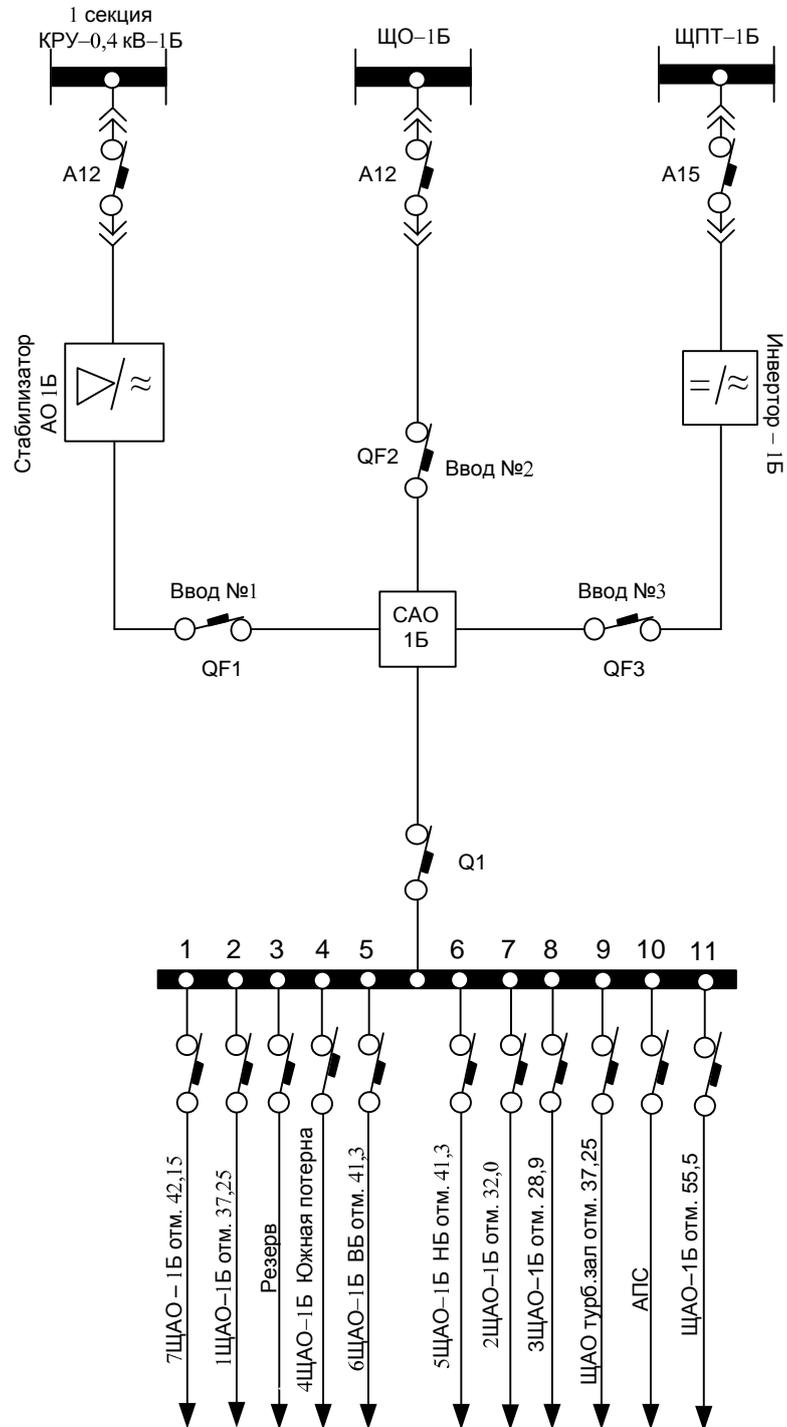


Рисунок 2-Схема аварийного освещения 1 блока

Аккумуляторные батареи марки Varta, которые питают аварийное освещение, соединены между собой последовательно. (Рисунок 3)



Рисунок 3 – Аккумуляторные батареи питания АО

1.2.1. Выбор инвертора сети аварийного освещения электроблоков здания ГЭС

При разработке 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 представлен инвертор



Рисунок 4 - Инвертор Protect 5. Inv3/025kVa–H18

Источник бесперебойного питания Protect 5 производится компанией АЕГ.ИБП рассчитан на работу с батареей напряжением 220 В. Это дает возможность использовать устройство с батареями установленные на предприятии. Устройство отвечает требованиям предъявляемым к оборудованию , такими как: влагозащищенность, защита от пыли, двойная лакировка плат, защита

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.

Описание конструкции устройства и принцип действия:

Внешне инвертор представляет собой металлический шкаф, на лицевой стороне которого расположен дисплей, блок управления и вентиляционные отверстия.

Внутри шкафа на передней панели расположены следующие элементы:

- РВ – «Рубильник ввода» от сети постоянного тока;
- Аб - автомат ввода цепи электронного байпаса;
- Рб - ручной переключатель байпаса;
- КРЗ ключ заряда/разряда промежуточной батареи конденсаторов;
- V - вольтметр «Напряжение промежуточной батареи конденсаторов»;
- Клеммные разъемы для подключения цепи питания постоянного тока, резервного питания и цепи нагрузки;
- Разъем для подключения к компьютеру (RS-232);
- Главная плата и клеммная колодка для подключения удаленной сигнализации и дополнительных функций.

Принцип работы:

На инвертор с ЩПТ блока подается напряжение постоянного тока через рубильник ввода. Инвертор преобразует напряжение постоянного тока в трехфазное синусоидальное напряжение переменного тока. Выходной контактор К7 подключает выходное напряжение инвертора к нагрузке.

Примечание: В данном устройстве резервное питание отсутствует, поэтому питание нагрузки осуществляется только через инвертор. Для предотвращения разрыва в питании нагрузки ручной переключатель байпаса Рб дол-

жен всегда находиться в положении “откл” и приняты меры для блокировки оперирования им.

Графический дисплей и блок управления:

Графический дисплей и блок управления (ДБУ) служат для управления и задачи параметров инвертора, а также для оповещения и изображения данных устройства. ДБУ состоит из дисплейного устройства с тремя светодиодами, графическим LCD дисплеем и панелью управления с пятью клавишами. Управление ДБУ осуществляется при помощи четырех клавиш и одной клавишей ввода. На рисунке 6 представлена схема дисплея и блока управления.

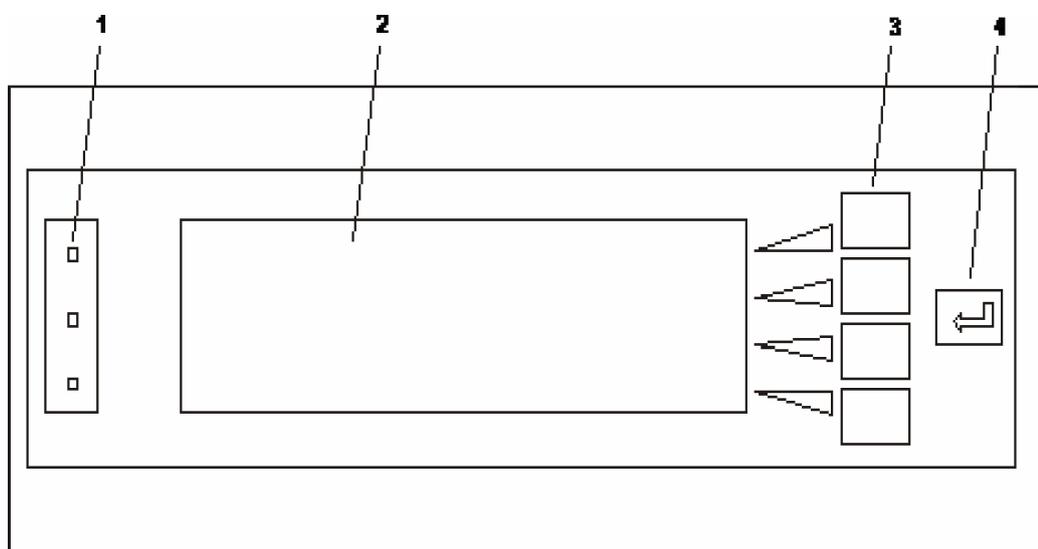


Рисунок 6- Схема дисплея и блока управления(1-Светодиоды: красный, желтый, зеленый (сверху вниз),2-LCDдисплей, 3- Клавиша общих функций, 4- Клавиша ввода)

Операционный дисплей состоит из трёх основных частей: левая часть показывает статус устройства в виде пиктограммы. Здесь одиночные компоненты устройства представлены в виде символов. Мигающий символ указывает на сбой соответствующего устройства. Посередине отображаются самые важные измеряемые параметры. В правой части отображается назначение клавиш. Здесь может быть включен (клавиша “~I”), или отключен (клавиша “~0”) инвертор, если данное управление не заблокировано (рис.6).

Значение сигналов светодиодов:

- красный светодиод мигает → сбой системы (критическая ошибка);
- желтый светодиод мигает → самораспознающийся сбой (некритическая ошибка);
- зеленый светодиод мигает → нагрузка питается через резервную сеть;
- зеленый светодиод горит → нагрузка питается через инвертор.

На рисунке 7 представлена схема рабочего дисплея инвертора.

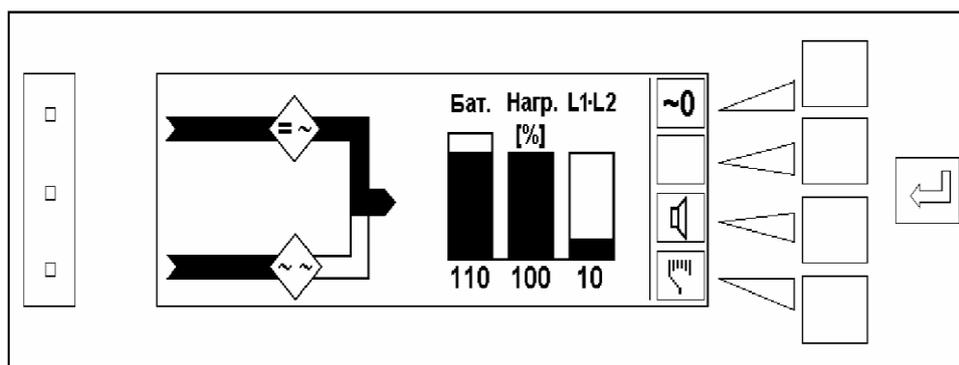


Рисунок 7- Схема рабочего дисплея инвертора

Управление функциями управления может быть заблокировано или разблокировано через блокировочное меню. На рабочем дисплее блокировка отображается в виде ключа.

Все неисправности записываются в журнал сбоев, посмотреть которые можно при помощи меню журнала сбоев.

Удаленная сигнализация:

Плата удаленного оповещения РСВ позволяет дистанционно выключать инвертор и через контакты реле передавать следующие сигналы:

- Работа инвертора
- Работа с главной питающей сетью
- Пониженное напряжение постоянного тока
- Пониженное напряжение батареи
- Общий сбой

Так как нагрузка запитана только через инвертор, используется выход “работа инвертора”.

1.2.2. Выбор схемы и станции аварийного освещения (САО)

Системой бесперебойного энергоснабжения по 1-й категории надежности является наличие 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 8.

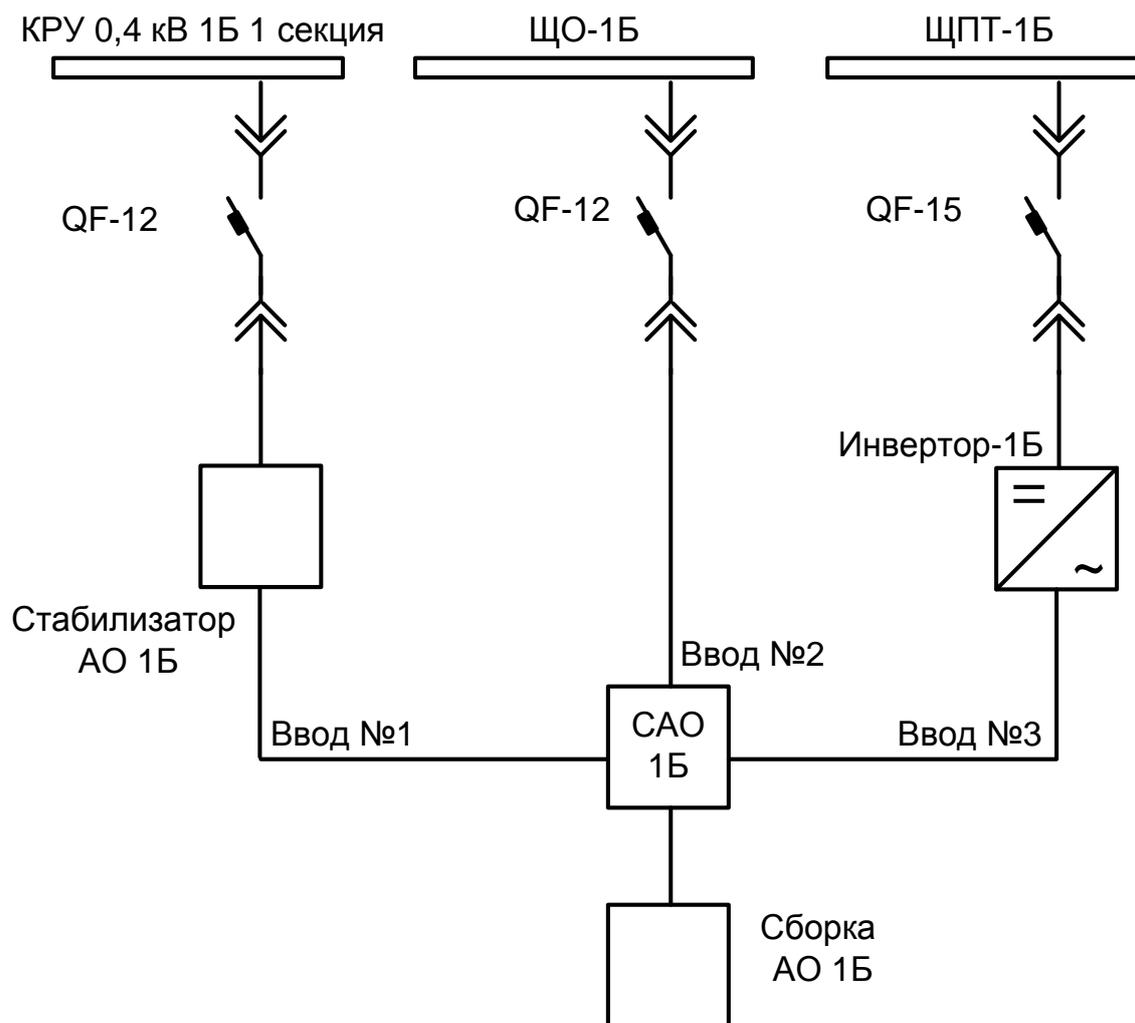


Рисунок 8- Схема подключения шкафа CAO 1 блока

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

Силовая схема шкафа САО представлена на рисунке 9.

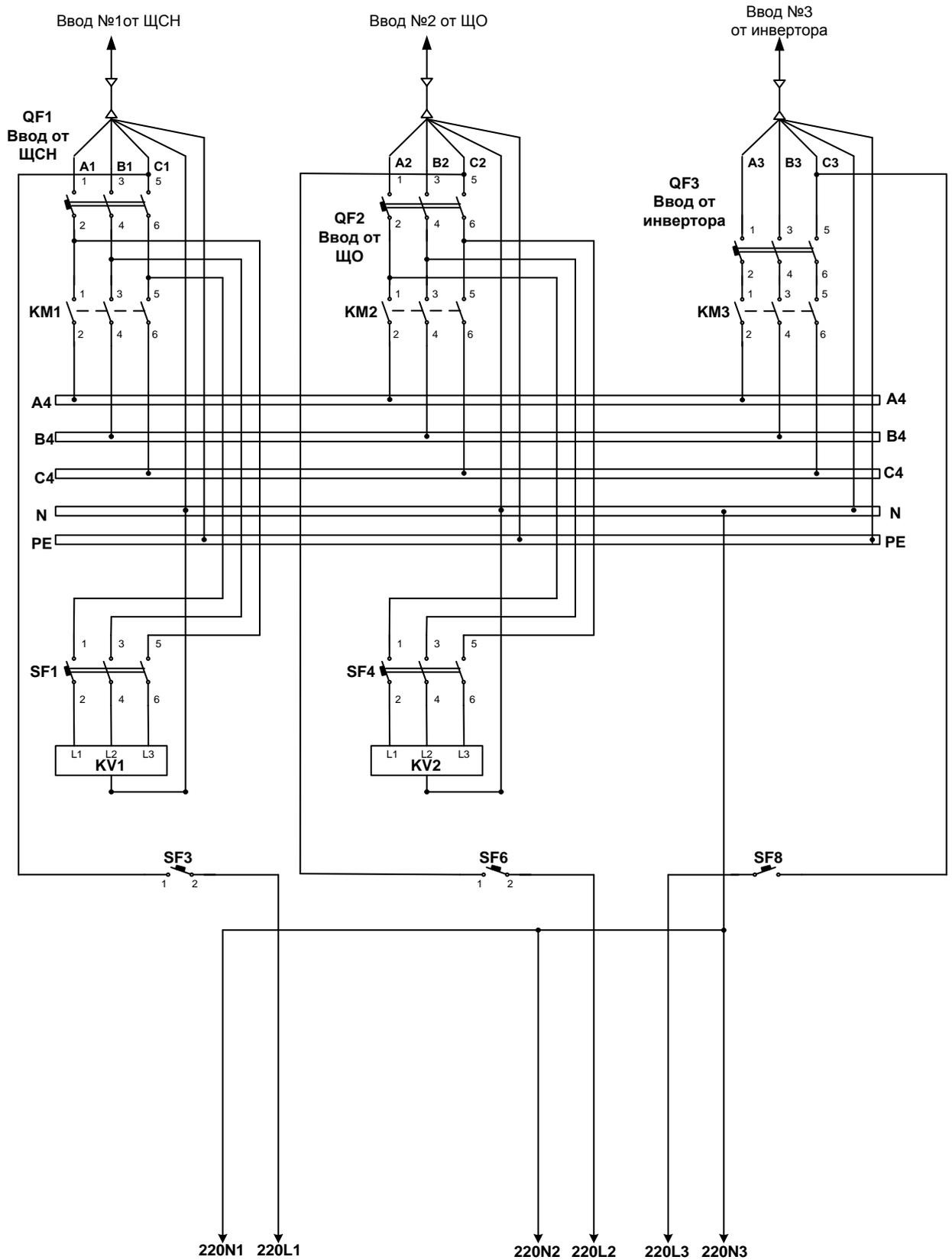


Рисунок 9- Силовая схема шкафа САО

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.

Органы управления и сигнализации САО представлены на рисунке 10.

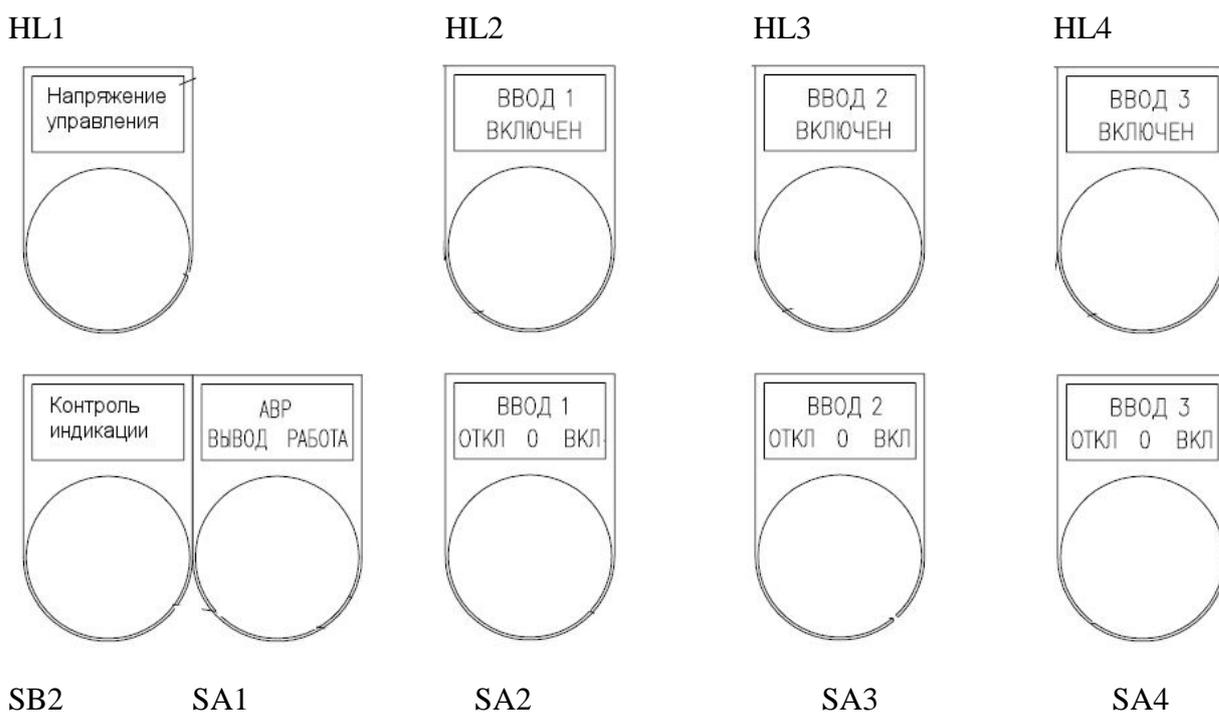


Рисунок 10 - Расположение органов управления и сигнализации

HL1 – лампа ”Напряжение управления”;
 HL2 – лампа ”Ввод 1 включен”;
 HL3 – лампа ”Ввод 2 включен”;
 HL4 – лампа ”Ввод 3 включен”;

SB2 – кнопка ”Контроль индикации”;

SA1 – ключ положения АВР;

SA2 – ключ управления Ввода №1;

SA3 – ключ управления Ввода №2;

SA4 – ключ управления Ввода №3.

1.2.3. 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 (рисунок 11,а) состоит из трех однофазных стабилизаторов Progress-L (рисунок 11,б), 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 11.



а)



б)

Рисунок 11 - 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	Progress50000L
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 12.

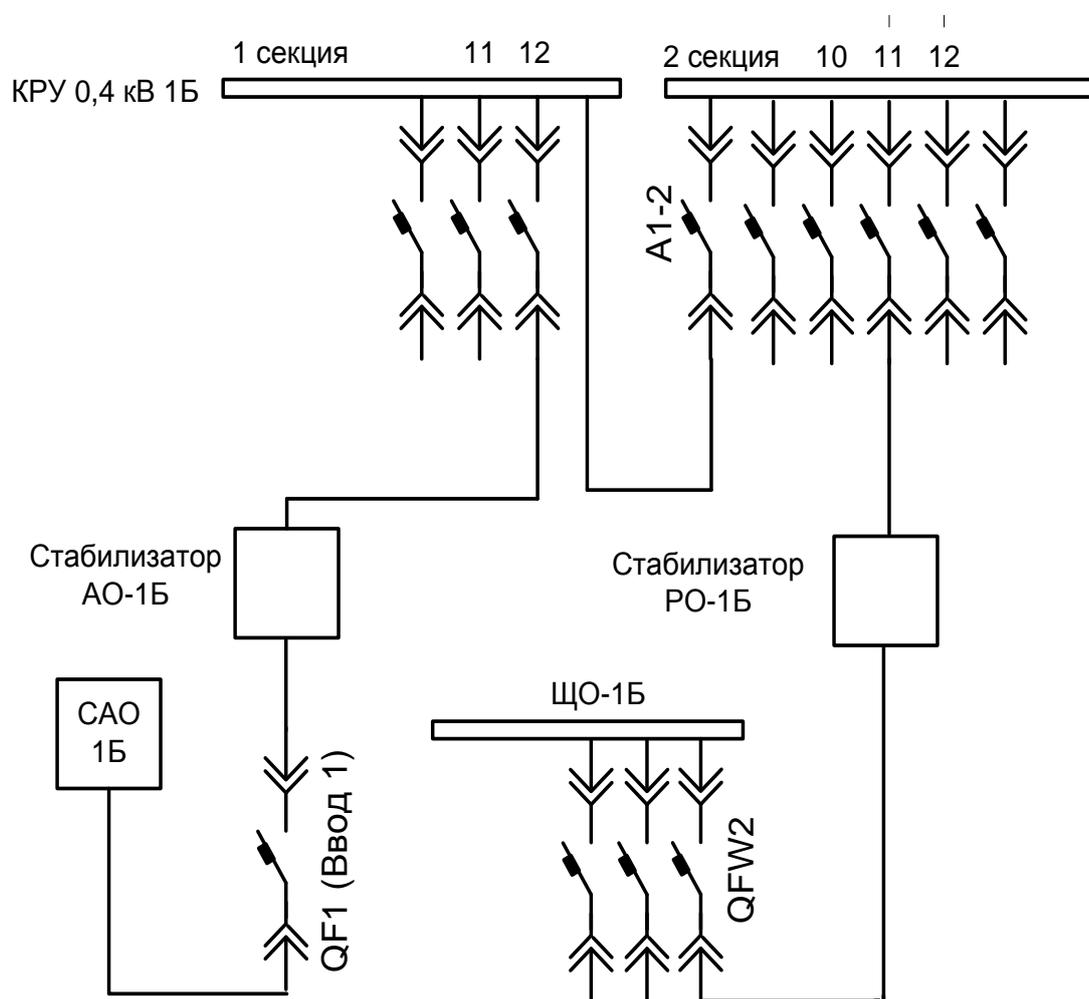


Рисунок 12- Схема подключений стабилизаторов напряжения 1 блока

1.2.4. Технические требования к поставляемому оборудованию.

Блок №1

В существующей системе электроснабжения питание рабочего освещения осуществляется от трансформатора 1ГО типа ТСЗ- 400/10/0,4 УЗ, резервное питание - от КРУ-0,4-1Б.

На панели освещения устанавливаются следующие приборы:

Трансформаторы тока для подключения измерительных приборов-4 шт.;

Амперметр (ф.,А,В,С) – 3шт., (N)- 1 шт.; Вольтметр- 1шт.; Вольтметровый пе-

реключатель – 1 шт.

Требования к параметрам ТТ указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Требования к параметрам ТТ

№ п/п	Наименование параметра	Требование
1	Номинальное напряжение, кВ	0,4
2	Номинальный ток, А	250
3	Номинальный ток сборных шин, А	250
4	Номинальный ток расцепителя, А	100
5	Тип выключателя	втычной
6	Коэффициент трансформации применяемого ТТ	200/5
7	Конструктивное исполнение	Ввод КЛ
8	Количество, шт	2

Требования к параметрам выключателя указаны в таблице 5.

Таблица 5 - Требования к параметрам выключателя

№ п/п	Наименование параметра	Требование
1	Номинальное напряжение, кВ	0,4
2	Номинальный ток, А	250
3	Номинальный ток сборных шин, А	250
4	Номинальный ток расцепителя, А	100-5 шт., 50-3 шт.
5	Тип выключателя	втычной
6	Конструктивное исполнение	Ввод шинный, отх. от КЛ
7	Количество, шт	9

Требования к параметрам линейного автоматического выключателя указаны

в таблице 6.

Таблица 6 – Требования к параметрам линейного автоматического выключателя

№ п/п	Наименование параметра	Требование
1	Номинальное напряжение, кВ	0,4
2	Номинальный ток, А	100
3	Номинальный ток сборных шин, А	100
4	Номинальный ток расцепителя, А	40-4 шт., 30-5 шт.
5	Тип выключателя	втычной
6	Конструктивное исполнение	Ввод шинный, отходящий от КЛ
7	Количество, шт	8

1.3. Расчет освещения. Светотехнический расчет

Расчет ведется методом коэффициента использования η светового потока.

Отметка 32 (левая сторона)

Индекс помещения:

$$i = \frac{L_y \cdot B_y}{h \cdot (L_y + B_y)}, \quad (1.1)$$

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.

$$i = \frac{62 \cdot 12}{4 \cdot (62 + 12)} = 2,5 \quad (1.2)$$

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:

$$h_{ce} = h - h_p - h_c, \quad (1.3)$$

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

$$h_{ce} = 4 - 0,1 - 0,2 = 3,7 \text{ м} \quad (1.4)$$

Расстояние между светильниками или рядами светильников:

$$l_{ce} = \lambda \cdot h_{ce}, \quad (1.5)$$

где $\lambda = 1,6$; $l_{ce} = 1,6 \cdot 3,7 = 6$ м

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

$$n = \frac{A}{l_{ce}^2}, \quad (1.6)$$

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

$$n = \frac{744}{6^2} = 20,6 \text{ шт. (выбираем 21 шт.)} \quad (1.7)$$

Световой поток одной лампы:

$$\Phi_0 = \frac{E_H \cdot A \cdot z \cdot k_3}{n \cdot \eta}, \quad (1.8)$$

где z принимается из справочника для светодиодных ламп $z = 0,03$; k_3 - коэффициент запаса; принимается $k_3 = 1,5$ при светодиодных лампах; n - коэффициент использования для светильников RLB27: $\eta = 0,9$.

$$\Phi_{01} = \frac{300 \cdot 744 \cdot 0,03 \cdot 1,5}{21 \cdot 0,9} = 531,4 \text{ лм} \quad (1.9)$$

Принимаем к установке лампы RLB27-8-D7x13: $\Phi = 560$ лм; $P_0 = 8$ Вт.

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

$$n = \frac{A}{l_{св}^2}, \quad (1.10)$$

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

$$n = \frac{434}{6^2} = 12,1 \text{ шт. (выбираем 13 шт.)} \quad (1.11)$$

Световой поток одной лампы:

$$\Phi_0 = \frac{E_H \cdot A \cdot z \cdot k_3}{n \cdot \eta}, \quad (1.12)$$

где z принимается из справочника для светодиодных ламп $z = 0,03$; k_3 - коэффициент запаса; принимается $k_3 = 1,5$ при светодиодных лампах; n - коэффициент использования для светильников RLB27: $\eta = 0,9$.

$$\Phi_{01} = \frac{300 \cdot 434 \cdot 0,03 \cdot 1,5}{13 \cdot 0,9} = 500,76 \text{ лм} \quad (1.13)$$

Принимаем к установке лампы RLB27-8-D7x13: $\Phi = 560$ лм; $P_0 = 8$ Вт.

1.3.2. Выбор сечения проводников осветительной сети

Расчетные мощности освещения участков:

$$P_{p.oci} = P_{ycmi} \cdot k_c \cdot k_{ППА}, \quad (1.14)$$

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

$$P_{p.oci} = 0,008 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 0,0084 \text{ кВт} \quad (1.15)$$

Момент электрической нагрузки участка:

$$M_i = P_{\Sigma} \cdot (l_i + l_n / 2) \text{ (кВт*м)}, \quad (1.16)$$

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:

$$M_1 = (0,008 \cdot (21 + 13)) \cdot (36 + 256 / 2) = 44,6 \text{ кВт*м} \quad (1.17)$$

Сечение провода участков линии до ОЩ:

$$S_o = \frac{M}{k_c \cdot \Delta U_{дон}}, \quad (1.18)$$

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

$$S_o = \frac{44,6}{23 \cdot 1,3} = 1,5 \quad (1.19)$$

Принимаем кабель $S_o = 2,5 \text{ мм}^2$ марки АВВГ 5х2,5. Потребляемая мощность аварийного освещения составляет примерно 10% от общей. Выбор числа, марок светильников указаны в таблице 7.

Таблица 7 – Выбор числа, марок светильников и кабелей по отметкам

Наименование помещения (номер щита освещения)	Индекс помещения, м	Ср. расстоян. между светильниками, м	Число светильников, шт.		Световой поток лампы, лм	Наименование лампы	Сечение провода, мм ²	Наименование провода
			№раб	№вап				
	i	lсв	№раб	№вап	Φ		S	
▽32,00								
Левая сторона(2)	2,5	6	21	4	531,4	RLB27-8-D7x13	1,5	АВВГ 5x2,5
Правая сторона(2)	2,5	6	13	2	500,76	RLB27-8-D7x13	1,5	АВВГ 5x2,5
▽41,30								
Маш.зал, левая сторона(4)	3,5	6,5	18	6	531,4	RLB27-8-D7x13	1,4	АВВГ 5x2,5
Маш.зал, правая сторона(4)	3,5	6,5	18	6	531,4	RLB27-8-D7x13	2	АВВГ 5x2,5
Насосная ▽6,7(4)	3,05	3	12	1	327,8	RLB27-8-D7x13	0,8	АВВГ 5x2,5
Мастерская, дежурная комната(4)	3,1	3	4	1	316,1	RLB27-8-D7x13	0,8	АВВГ 5x2,5
Боковое освещение НБ(5)	2,7	2	42	1	844	ЭСС-15	43,2	АВВГ 5x50

Продолжение таблицы 7

Боковое освещение ВБ(6)	2,7	2	42	1	844	ЭСС-15	43,2	АВВГ 5x50
Потолочное освещение(6)								
Потолочное освещение(6)	2,7	6	8	-	1200	ЭСС-Road	49	АВВГ 5x50
∇42,15								
Кабельный тоннель(7)	3,5	4	20	2	397	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	RLB27-8-D7x13	2,2	АВВГ 5x2,5
Электротех. лаборатория(1)	2,7	1,75	6	1	461,31	RLB27-8-D7x13	1,4	АВВГ 5x2,5
КРУ-0,4кВ-1Б	2,7	1,6	7	1	423	RLB27-8-D7x13	1,4	АВВГ 5x2,5
РУ-1Г, сан. Узлы, коридор, мастерская, кладовая	2,7	1-1,2	25	1	375,4	RLB27-8-D7x13	2,3	АВВГ 5x2,5
РУ-1ТБ	2,3	1,5	6	1	375	RLB27-8-D7x13	0,9	АВВГ 5x2,5
Ячейки 10кВ-1сек.	2,5	1,3	19	1	437,2	RLB27-8-D7x13	2	АВВГ 5x2,5
Турбинный зал Г1,2	4,07	2	26	4	544	RLB27-8-D7x13	2,4	АВВГ 5x2,5
∇28,9								
Северная сторона	3,71	3,75	21	1	537	RLB27-8-D7x13	1,5	АВВГ 5x2,5
Южная сторона	3,71	3,75	9	1	537,4	RLB27-8-D7x13	0,76	АВВГ 5x2,5
∇55,5								
Боковое освещение	2,1	4	10	1	498,1	RLB27-8-D7x13	1,1	АВВГ 5x2,5
Потолочное освещение	2,1	4	20	2	513	RLB27-8-D7x13	2	АВВГ 5x2,5

1.4. Замена электрооборудования рабочего освещения 1 блока

Произведём замену обычных осветительных установок на светодиодные лампы. В большинстве случаев в светильниках используются лампы накаливания. Рассмотрим некоторые недостатки ламп накаливания.

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.

На смену лампам накаливания относительно недавно пришли другие источники света – компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). Их часто называют энергосберегающими, так как они в несколько раз по параметрам превосходят лампу накаливания. В сравнении с лампами накаливания люминесцентные лампы имеют больший срок службы. Однако, у ламп КЛЛ повышенные требования к условиям эксплуатации, в связи с чем, срок их службы на деле оказывается гораздо меньше заявленного. Такие лампы не терпят нестабильности в напряжении сети, частых включений-выключений, повышенной температуры и влажности окружающей среды. Мерцание во время работы люминесцентных ламп чувствительно для наших глаз. Но, основной опасностью КЛЛ является содержание в ее колбе паров свободной ртути, что представляет собой опасность для здоровья человека и требует особой утилизации.

Совсем недавно освоены и массового применяются уникальные технологии получения света из кристалла полупроводникового прибора - светодиода (LED). Выделено, доказано и опробовано масса положительных результатов применения источников света на мощных светодиодах. В большинстве западных и некоторых Российских заводах запущены в серийное производство светодиодные лампы различных модификаций на замену лампам накаливания, люминесцентным, галогеновым лампам.

Новые светодиодные лампы, которые по праву можно назвать лампами новейшего поколения по своим техническим, экологическим, энергосберегающим параметрам значительно опережают всех своих предшественников, несмотря на все заявленные производителями плюсы люминесцентных ламп.

В данной магистерской диссертации применяются светодиодные лампы марки RLB27 производства компании «Greenec». (Рисунок 13).

Модификации и лампы RLB27 представлены в таблице 8.



Рисунок 13 – 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
RLB27-6,5-D6x10-D	6,5	60	470
RLB27-8-D7x13	8	75	560
RLB27-10-D7x13	10	100	650

Технические характеристики лампы представлены в таблице 9.

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, <20% за 50 000 часов
Корпус светильника	Матовое стекло, алюминий отлитый под давлением
Условия эксплуатации	Рабочая температура от -60°C до +60°C / влажность атмосферы 10-95%
Входное напряжение	85-265 Вольт переменного тока
Коэффициент мощности	$\geq 0,98$
Гарантия	Стандартная 3 года/ Расширенная 5 лет

Для потолочного освещения машинного зала применяются энергосберегающие светодиодные светильники марки ЭСС-Road производства группы компаний «Энергоспецстрой». (Рисунок 14)



Рисунок 14 – Светильник ЭСС-Road

Таблица 10 - Технические характеристики светильника

Характеристика	Значение
Световой поток (белый 5500К)	27000 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

Для настенного освещения машинного зала применяются энергосберегающие светодиодные светильники марки ЭСС-15. (рисунок 15)



Рисунок 15 – Светильник ЭСС-15

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)
Угол обзора Q1/2	120
Температура эксплуатации	От -40 до +40 гр.С
Габаритные размеры	117x308x22

Для освещения насосных помещений используется RLB27-1,5. (Рисунок 16)



Рисунок 16 – Лампа RLB27-1,5

Таблица 11 - Технические характеристики лампы RLB27-1,5

Размеры	50x90 мм
Цветопередача	Коэффициент Ra более 80, степень цветопередачи 1В-1А
Срок службы	> 50 000 часов, снижение яркости <10% за 10 000 часов, <20% за 50 000 часов
Корпус светильника	Матовое стекло, алюминий отлитый под давлением, степень защиты IP66
Условия эксплуатации	Рабочая температура от -60°C до +60°C / влажность атмосферы 10-95%
Входное напряжение	85-265 Вольт переменного тока
Коэффициент мощности	$\geq 0,98$
Гарантия	Стандартная 3 года/ Расширенная 5 лет

Расчет электрических нагрузок рабочего освещения приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет электрических нагрузок

№ п / п	Наименование электроприёмника	Группа электроприёмников	Количество электроприёмников	Эффективное число электроприёмников	Номинальная активная мощность, Вт			Групповой коэффициент использования	Коэффициент максимума	Расчётная максимальная активная мощность, кВт	Расчётная максимальная реактивная мощность, кВар	Расчётная максимальная полная мощность, кВА	Расчётный максимальный
		A B C	n	n _э	P _н								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4ЩО-1Б южная насосная													
	Маш.зал левая сторона	A	18	18	144	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
2	Маш.зал правая сторона	A	18	18	144	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	96	0,95	0,33	1,0	1,0	-	-	-	-
5	Мастерская, дежурная комната	A	4	4	32	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 12

7	Раб.осв. кабельного тоннеля	A	20	20	160	0,95	0,33	1,0	1,0
8	Розетки каб. тоннеля	A	4	4	720	0,95	0,33	1,0	1,0
10	КРУ-10кВ-1сек.,РУ 2Г	A	25	25	200	0,95	0,33	1,0	1,0
11	Рабочее освещение ЭК	A	6	6	48	0,95	0,33	1,0	1,0
12	Рабочее осв. КРУ-0,4кВ-1Б	A	19	19	168	0,95	0,33	1,0	1,01
13	Раб.осв. РУ-1Г,сан.узлов,коридор,мастерска				2ЩО-1Б ▽ 32,00	0,95	0,33	1,0	1,0
14	Раб.осв. РУ-1ТБ	A	21	21	168				
15	Пит.осв. ячеек 10КВ 1 сек.	A	13	13	104	0,95	0,33	1,0	1,0
16	▽ 32 освещ. Левая сторона	A	9	9	72				
17	▽ 32 освещ. правая сторона	A	21	21	168	0,95	0,33	1,0	1,0
18	▽ 28 северная сторона	A	26	26	208				
19	▽ 28 южная сторона				Сборка освещения 2Г	0,95	0,33	1,0	1,0
20	Турбинный зал Г1,2 (*3)	A	7	7	28	0,95	0,33	1,0	1,0
21	Шахта генератора	A	10	10	400	0,95	0,33	1,0	1,0
22	Шахта турбины	A	4	4	6	0,95	0,33	1,0	1,0
23	Розетки шахты генератора	A	4	4	16	0,95	0,33	1,0	1,0
24	Подпятник, розетки шахты	A	4	4	16	0,95	0,33	1,0	1,0

Класс энергетической эффективности существующих зданий определяется по удельному показателю потребления ТЭР (в т.у.т.) на единицу площади, в соответствии с таблицей 13 .

Таблица 13-Классы энергетической эффективности существующих зданий

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Удельный показатель потребления ТЭР (в т.у.т./м ²)
А	Очень высокий	Менее 0.024
В	Высокий	От 0.024 до 0.029
С	Нормальный	От 0.029 до 0.035
Д	Низкий	От 0.035 до 0.04
Е	Очень низкий	Более 0.04

Определение класса энергетической эффективности сооружений объектов электросетевого комплекса (таблица 14)

Класс энергетической эффективности сооружений объектов электросетевого комплекса определяется по показателю фактических потерь электроэнергии в элементах электрической сети, в соответствии с таблицей 2 и с учетом пункта настоящей методики.

В случае если фактические потери электроэнергии невозможно определить по каждому сооружению, допускается определение класса энергетической эффективности для группы взаимосвязанных сооружений. При этом класс энергетической эффективности каждого сооружения входящего в группу принимается равным классу энергетической эффективности всей группы. При определении класса энергетической эффективности группы сооружений принимается значение процента потерь электроэнергии, соответствующее минимальному из уровней напряжения, входящих в группу сооружений.

Таблица 14 Классы энергетической эффективности сооружений

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Уровень напряжения	Потери электроэнергии в элементах сети*, %
А	Очень высокий	ВН	менее 2
		СН1	менее 3
		СН2	менее 5
		НН	менее 6
В	Высокий	ВН	2 – 4
		СН1	3 – 5
		СН2	5 – 7
		НН	6 – 12
С	Нормальный	ВН	4 – 6
		СН1	5 – 7
		СН2	7 – 9
		НН	12 – 18
D	Низкий	ВН	6 – 8
		СН1	7 – 9
		СН2	9 – 11
		НН	18 – 24
Е	Очень низкий	ВН	8 и более
		СН1	9 и более
		СН2	11 и более
		НН	24 и более

1.5. 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-400/10/0,4, после замены ламп накаливания на светодиодные лампы нам понадобится менее мощный трансформатор.

Выбор мощности трансформатора производится по формуле:

$$S_{mp} \geq \frac{S}{n \cdot K_3}, \quad (1.20)$$

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 $P_p = 59,66$ кВт;

Расчетная реактивная мощность $Q_p = 19,7$ квар;

Расчетная полная мощность $S_p = 62,8$ кВА.

Расчитаем мощность:

$$S_{н.тр.} \geq \frac{62,8}{1 \cdot 0,8} = 78,5 \text{ кВА} \quad (1.21)$$

В связи с ожидаемым увеличением нагрузки (дополнительное освещение на фасадах здания и др.) мощность трансформатора выбираем 160 кВА. Выбираем сухой трансформатор с литой изоляцией ТСЗ- 160 10/0,4 УЗ.

На рисунке 17 представлен трансформатор ТСЗ – 160/10/0,4 УЗ



Рисунок 17 – Общий вид ТСЗ-160/10/0,4

Паспортные данные трансформатора приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Паспортные данные трансформатора ТСЗ- 160 10/0,4 УЗ

Основные параметры	ТСЗ- 160 10/0,4 УЗ
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

Потери активной мощности в трансформаторе.

$$\Delta P_{\tau} = \Delta P_{к.з.} \cdot \left(\frac{S_{\tau}}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta P_{х.х.}, \quad (1.22)$$

где $\Delta P_{к.з.}$ – потери мощности короткого замыкания, кВт; $\Delta P_{хх}$ – потери мощности холостого хода, кВт; S_{τ} – фактическая нагрузка трансформатора, кВ·А

$$\Delta Q_{\tau} = \Delta Q_{H} \cdot \left(\frac{S_{\tau}}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta Q_{х.х.}, \quad (1.23)$$

где ΔQ_{H} – потери реактивной мощности рассеяния, квар; $\Delta Q_{хх}$ – потери холостого хода, квар.

Потери реактивной мощности рассеяния:

$$\Delta Q_{H} = \frac{S_{ном} \cdot U_{к}}{100} \quad (1.24)$$

$$\Delta Q_{H} = \frac{250 \cdot 4,2}{100} = 10,5 \text{ квар} \quad (1.25)$$

И потери холостого хода:

$$\Delta Q_{х.х.} = \frac{S_{ном} \cdot I_{к.з.}}{100}, \quad (1.26)$$

$$\Delta Q_{х.х.} = \frac{250 \cdot 0,5}{100} = 1,25 \text{ квар} \quad (1.27)$$

Потери мощности:

$$\Delta P_T = 3,2 \cdot \left(\frac{78,5}{250} \right)^2 + 0,739 = 1,05 \text{ кВт} \quad (1.28)$$

$$\Delta Q_T = 10,5 \cdot \left(\frac{78,5}{250} \right)^2 + 1,25 = 2,3 \text{ квар} \quad (1.29)$$

Расчетная мощность трансформатора с учетом активных и реактивных потерь:

$$S_{\text{PAC}} = \sqrt{(P_P + \Delta P_T)^2 + (Q_P + Q_T)^2}, \quad (1.30)$$

$$S_{\text{PAC}} = \sqrt{(9,66 + 1,05)^2 + (9,7 + 2,3)^2} = 64,6 \text{ кВА} \quad (1.31)$$

Проверим их работу по коэффициенту загрузки в нормальном режиме:

$$\beta = \frac{S_{\text{pac}}}{n \cdot S_n} \cdot 100\%, \quad (1.32)$$

$$\beta = \frac{64,6}{1 \cdot 250} \cdot 100\% \approx 26\% \quad (1.33)$$

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.

2. Расчёт токов короткого замыкания

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 18.

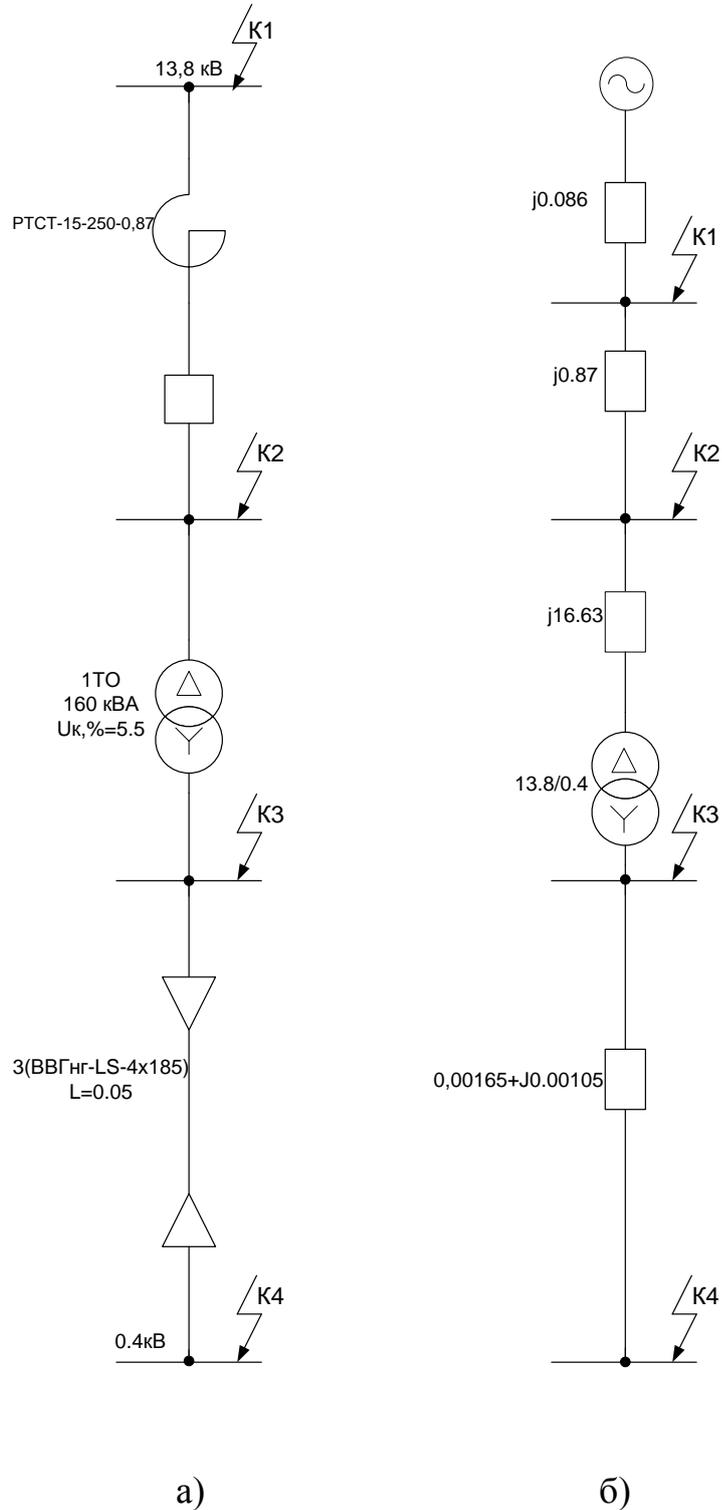


Рисунок 18 – Расчетная схема (а) и схема замещения (б)

Исходные данные: $U_{\delta} = 13,8$ кВ; $S_{\kappa} = 2200$ кВА.

Система:

$$x_c = \frac{U_{\delta}^2}{S_{\kappa}} \quad (2.1)$$

$$x_c = \frac{190,4}{2200} = 0,086 \text{ Ом} \quad (2.2)$$

Реактор одинарный:

$$x_{ном} = 0,87 \text{ Ом}; \quad (2.3)$$

$$x_p = x_{ном} \frac{U_{\delta}^2}{U_{cp}^2} \quad (2.4)$$

$$x_p = 0,87 \cdot \frac{190,4}{190,4} = 0,87 \text{ Ом}; \quad (2.5)$$

Трансформатор 1ТБ: $U_{\kappa} = 5,5\%$; $S_{номТ} = 630$ кВА.

$$x_{ТБ1} = \frac{U_{\kappa, \%}}{100} \frac{U_{\delta}^2}{S_{номТ}} \quad (2.6)$$

$$x_{ТБ1} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{190,4}{630} = 16,63 \text{ Ом}; \quad (2.7)$$

Кабельная линия 3(ВВГнг-LS-4x185): $L=0,05$; $R_{уд} = 0,099$ мОм/м;

$$X_{уд} = 0,063 \text{ мОм/м} \quad (2.8)$$

$$R_{кЛ1} = L \cdot \frac{R_{уд}}{n}; \quad (2.9)$$

$$R_{кЛ1} = 0,05 \cdot \frac{0,099}{3} = 0,0165 \text{ Ом} \quad (2.10)$$

$$X_{кЛ1} = L \cdot \frac{X_{уд}}{n}; \quad (2.11)$$

$$X_{кЛ1} = 0,05 \cdot \frac{0,063}{3} = 0,00105 \text{ Ом} \quad (2.12)$$

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

$$R_{\Sigma K1} = 0 \text{ Ом}; \quad (2.12)$$

$$X_{\Sigma K1} = X_c = 0,086 \text{ Ом}; \quad (2.13)$$

Полное суммарное сопротивление до точки К1:

$$Z_{\Sigma R1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2}; \quad (2.14)$$

$$Z_{\Sigma R1} = \sqrt{0 + 0,0074} = 0,086 \text{ Ом}; \quad (2.15)$$

Ток трехфазного к.з.

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} \quad (2.16)$$

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

ные станции)

Ударный ток к.з. определяется по формуле

$$\frac{X_{\Sigma K1}}{R_{\Sigma K1}} = 0,086 \Rightarrow K_{yK1} = 1,0; \quad (2.17)$$

где k_y – ударный коэффициент, который определяется по графику.

$$i_{yK1} = \sqrt{2} \cdot K_{yK1} \cdot I_{K1}^{(3)} \quad (2.18)$$

$$i_{yK1} = \sqrt{2} \cdot K_{yK1} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 92,69 = 131 \text{ кА} \quad (2.19)$$

Расчётные данные сведены в таблицу 16.

Таблица 16 - Расчётные данные токов КЗКРУ 0,4 кВ

Точка к.з	Uб=13,8 кВ				Uб=0,4 кВ			
	R, Ом	X, Ом	$I^{(3)}_{к.з}, кА$	$i_{yк1}, кА$	R, Ом	X, Ом	$I^{(3)}_{к.з}, кА$	$i_{yк1}, кА$
К1	-	0,086	92,69	131	-	-	-	-
К2	-	0,956	8,334	11,79	-	-	-	-
К3	-	17,586	0,453	1,15	-	0,0148	15,604	22,06
К4	-	-	-	-	0,00165	0,01585	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 19.

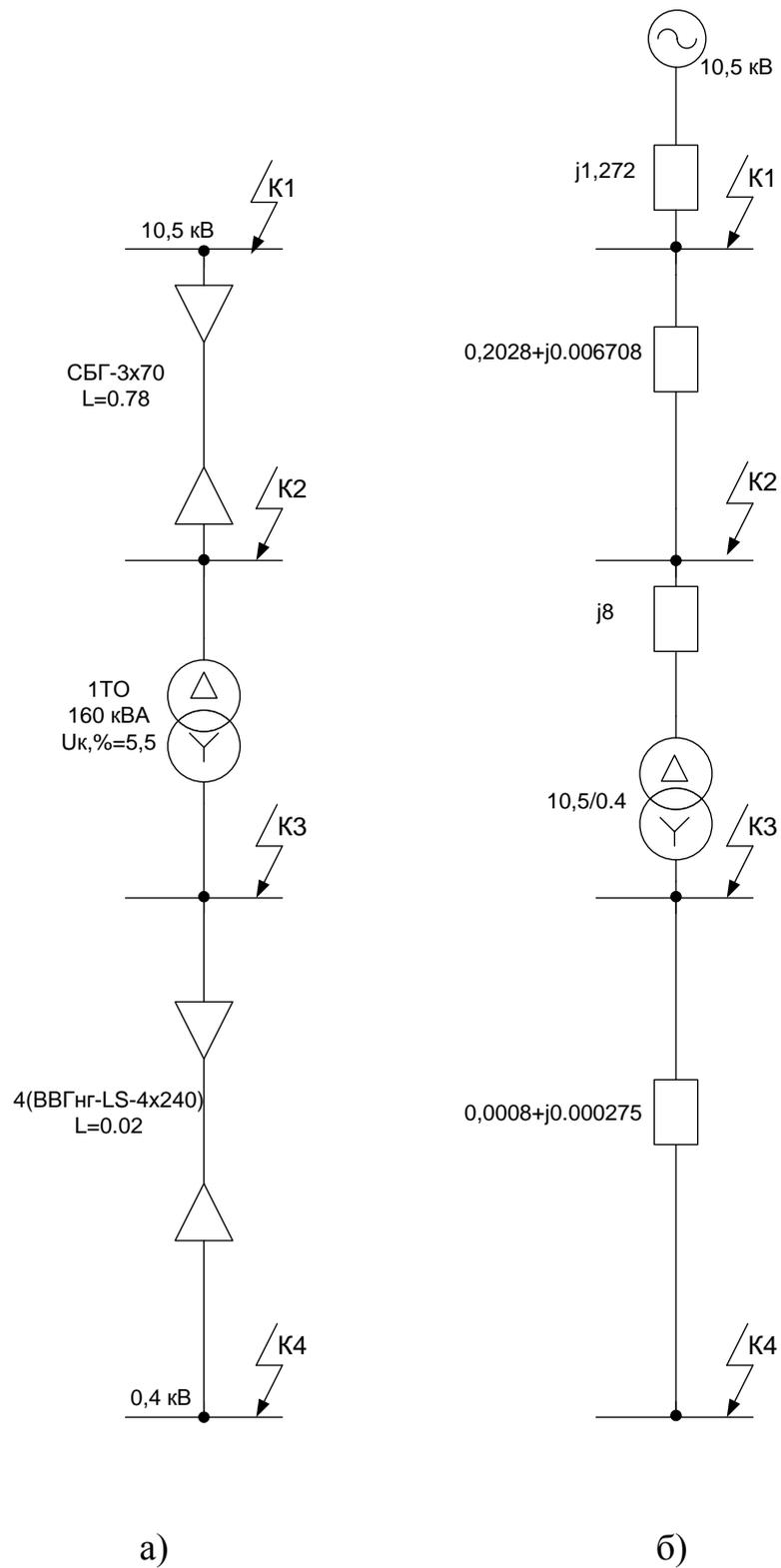


Рисунок 19 – Расчетная схема (а) и схема замещения (б)

Расчётные формулы и базисные условия:

1) Базисная мощность $S_{\bar{6}}=100$ кВ·А

2) Базисное напряжение $U_{\bar{6}}=10,0$ кВ; $U_{\bar{6}}=0,4$ кВ.

3) Базисный ток $I_{\bar{6}} = \frac{S_{\bar{6}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{6}}}$

Ток трехфазного КЗ:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{E''}{\sum X} \cdot I_{\bar{6}}, \quad (2.20)$$

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

Расчётные данные сведены в таблицу 17.

Таблица 17 - Расчётные данные токов КЗ КРУ 10кВ

Точка к.з	U $\bar{6}$ =10,5кВ				U $\bar{6}$ =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

2.1. 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) “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.

2.2. Выбор сечения жил кабеля по экономической плотности тока

Экономически целесообразно сечение S , мм², определяется из соотношения:

$$S = \frac{I_p}{J_{\text{ЭК}}}, \quad (2.21)$$

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

Расчётный ток: $I_p=27$ А

$$S = \frac{27}{2,7} = 10 \text{ мм}^2 \quad (2.22)$$

Принимаем к установке кабель N2XСНВН-4x10re/10.

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

Исходные данные:

Тип кабеля N2XСНВН-4x10re/10;

Длительно-допустимый ток 74А;

Максимальная рабочая температура кабеля 90°С;

Температура кабеля при КЗ. 250°С;

Ток нагрузки 40А;

Фактическая температура окружающей среды 38°С;

Способ прокладки в воздухе;

Поправочный коэффициент на $t^{\circ}\text{окр.ср.}$ 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 Т05,737кА;

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:

$$Q_U = Q_0 + (Q_{\text{дд}} - Q_{\text{окр.}}) \cdot \left(\frac{I_{\text{раб}}}{I_{\text{дд}}}\right)^2; \quad (2.23)$$

где Q_0 – фактическая температура окружающей среды во время КЗ, °С, равная 38°С; $Q_{\text{дд}}$ – 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; $I_{\text{дд}}$ – значение расчетного длительно допустимого тока, А.

Длительно допустимый ток с учетом поправочного коэффициента:

$$I_{\text{до}} = 0,8 \cdot 74 = 59,2 \text{ А} \quad (2.24)$$

Начальная температура нагрева до к.з.:

$$Q_U^2 = 38 + (90 - 25) \cdot \left(\frac{40}{59,2}\right)^2 = 68 \text{ °С} < 90 \text{ °С}; \quad (2.25)$$

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:

$$Q_K = Q_U \cdot e^K + a \cdot (e^K - 1); \quad (2.26)$$

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.

$$K = \frac{v \cdot B_{\text{тер.}}}{S^2}; \quad (2.27)$$

где v – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, равная для алюминия 45,65 мм⁴/(кА²·с) и для меди

$19,58 \text{ мм}^4 / (\text{кА}^2 \cdot \text{с})$; $B_{\text{тер.}}$ – тепловой импульс от тока КЗ, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ ($B_{\text{тер}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot t$, где $I_{\text{кз}}$ – ток КЗ, t – время действия тока КЗ); S – сечение жилы, мм^2 .

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:

$$k = \frac{19,58 \cdot 2,30}{10^2} = 0,45 ; \quad (2.28)$$

Тепловой импульс от тока КЗ:

$$B_{\text{тер.}} = I_{\text{кз}}^2 \cdot (t_{\text{в.отк}} + T_a) ; \quad (2.29)$$

$$B_{\text{тер.}} = 5,06^2 \cdot (0,07 + 0,02) = 2,30 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \quad (2.30)$$

Конечная температура нагрева:

$$Q_K = 68 \cdot e^{0,45} + 228 \cdot (e^{0,45} - 1) = 236^\circ \text{C} ; \quad (2.31)$$

Значения расчетных температур токопроводящих жил кабелей при проверке на возгорание не должны превышать 400°C .

По условиям возгорания 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°C (Циркуляр Ц-02-98(Э)).

Расчётные данные сведены в таблицу 18

Таблица 18 - Расчетные данные

Обозначение кабеля, провода	Трасса		Проход через трубу		Кабель, провод		
	Начало	Конец	Диаметр по стандарту, мм	Длина, м	Марка	Кол. и сечение жил	Длина, м
(Ввод №1)	трансформатор 1ТО	щит ЩО 1Б			Шины		
2Н1Б-2СН1Б (Ввод №2)	КРУ-0,4-1Б; Пс, ф.11	стабилизатор 2СН1Б			N2XСНВ Н	4x95mm/50	*
2СН1Б-ЩО1Б	стабилизатор 2СН1Б	щит ЩО 1Б	150	2	N2XСНВ Н	4x95mm/50	25
ЩО1Б-4ЩО-1Б	ЩО 1Б, ф.1	4ЩО-1Б (южная потерна)	80	10	N2XСНВ Н	4x16mm/16	130
ЩО1Б-ЩО2Б	ЩО 1Б, ф.4	щит ЩО 2Б	150	4	N2XСНВ Н	4x70mm/35	145
ЩО1Б-7ЩО-1Б	ЩО 1Б, ф.5	7ЩО-1Б (отм.+42,150)	40	4	N2XСНВ Н	4x10mm/10	70
ЩО1Б-1ЩО-Б1	ЩО 1Б, ф.6	1ЩО-1Б (отм.+37,250)	40	4	N2XСНВ Н	4x10mm/10	45
ЩО1Б-2ЩО-1Б	ЩО 1Б, ф.8	2ЩО-1Б (отм.+32,000)	40	4	N2XСНВ Н	4x10mm/10	30
ЩО1Б-3ЩО-1Б	ЩО 1Б, ф.9	3ЩО-1Б (отм.+28,900)	40	4	N2XСНВ Н	4x10mm/10	30

Продолжение таблицы 18

ЩО1Б- Сб.ПМ 1Б (2)	ЩО 1Б, ф.18	Сборка ПМ 1Б на отм. +32,000 (освещ. Отм. +41,300 -ВБ 1секц.)	40	4	N2XCH ВН	4x10rm/ 10	40
Сб.ПМ 1Б- 6ЩО- 1Б	Сб.ПМ 1Б(отм. +32,000)	6ЩО- 1Б (отм.+4 1,300 ВБ 1секц.)	40	4	N2XCH ВН	4x10rm/ 10	115
ШАВР 1Б							
1СН1Б- ШАВР1 Б	стаби- лизатор	ШАВР 1Б (ввод			N2XCH ВН	4x35rm/ 25	10
ЩО1Б- Сб.осв. 2Г	ЩО 1Б, ф.11	Сборка освеще- ния 2Г	40	4	N2XCH ВН	4x10rm/ 10	60
Сб.осв.2 Г-ЩО Б-1	Сборка освеще- ния 2Г	ЩО-1Б (турб. зал)	40	4	N2XCH ВН	4x10rm/ 10	20

Продолжение таблицы 18

ЩО1Б- Сб.ПМ 1Б(3)	ЩО 1Б, ф.15	Сборка ПМ 1Б на отм. +32,000(освещ. отм. +46,300)	40	4	N2XCH ВН	4x10rm/ 10	40
ЩО1Б- Сб.осв.1 Г	ЩО 1Б, ф.16	Сборка освеще- ния 1Г	40	4	N2XCH ВН	4x10rm/ 10	100
ЩО1Б- Сб.ПМ 1Б (1)	ЩО 1Б, ф.17	Сборка ПМ 1Б на отм. 40+32,00 0 (освещ.О тм. +41,300- НБ 1секц.)	40	4	N2XCH ВН	4x10rm/ 10	40
Сб.ПМ 1Б- 5ЩО- 1Б	Сб.ПМ 1Б(отм. +32,000)	5ЩО-1Б (отм.+41, 300 НБ 1секц.)	40	4	N2XCH ВН	4x10rm/ 10	75

3. Выбор электрических аппаратов и приборов.

Выбор ячеек комплектно-распределительного устройства серии К-63

По результатам расчетов токов короткого замыкания была выбрана ячейка серии К-63 производства АО «Самарский завод «Электроцитт», 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 ПКН001-10У3.Комплектное распределительное устройство (КРУ) серии К-63 предназначено для приёма и распределения электрической энергии переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц, напряжением 6-10кВ.

Шкафы КРУ серии К- 63 (рисунок 20) предназначены для работы внутри помещения (климатическое исполнение У3) при следующих условиях :

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



Рисунок 20 - общий вид шкафа серии К-63

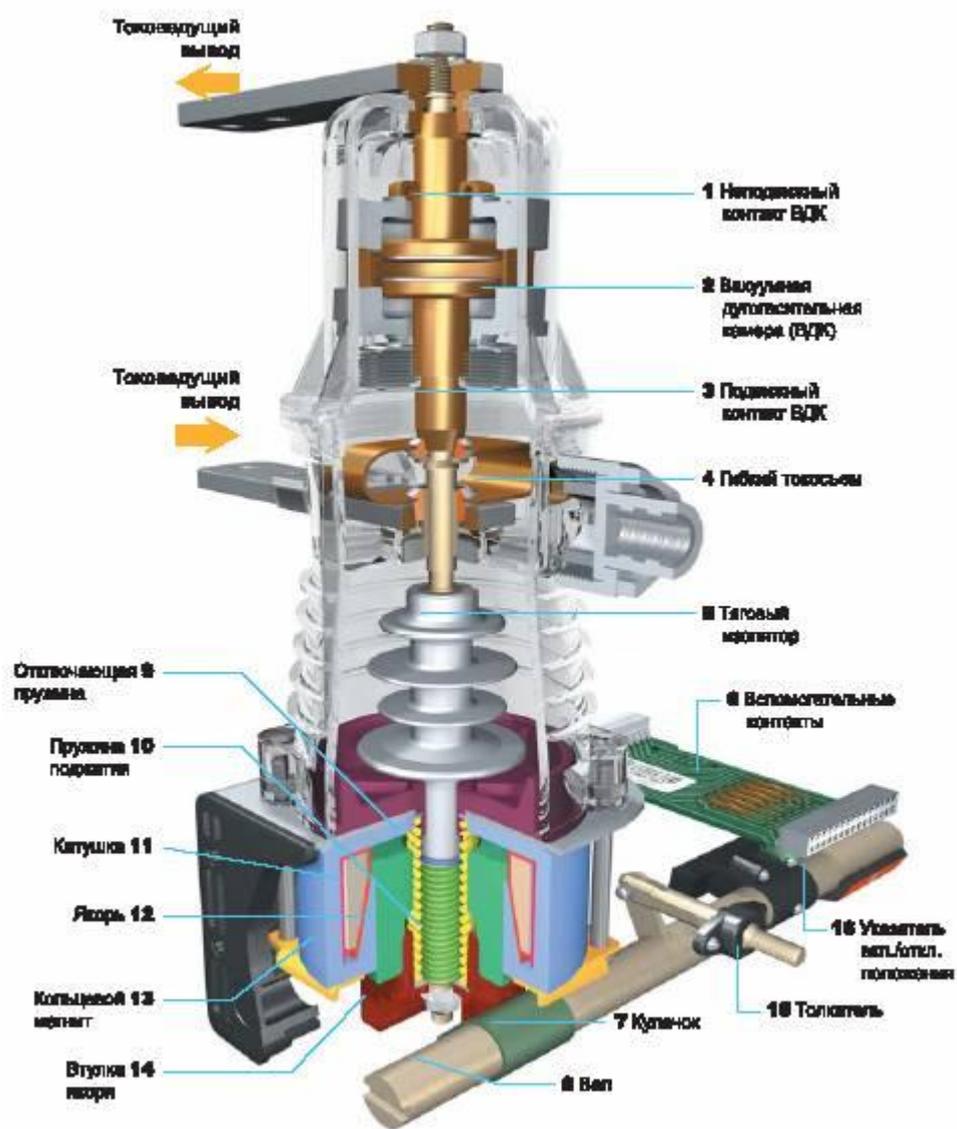
Технические данные КРУ серии К- 63 приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Технические данные КРУ серии К- 63

№	Наименование параметра	Значение параметра
1	Номинальное напряжение (линейное, кВ)	6;10
2	Наибольшее рабочее напряжение (линейное)	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 в шкафах выкатных элементов	С выкатными
9	Вид линейных высоковольтных подсоедине- ний	Кабельные, шинные
10	Условия обслуживания	С двухсторонним
11	Наличие дверей в отсеке выкатного элемента	Шкафы без дверей
12	Вид управления	местное
13	Наличие изоляции токоведущих частей	С неизолированными

3.1. 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. Вид дугогасительной камеры выключателя ВВ/TEL-10 представлен в разрезе на рисунке 21.



Полюс выключателя в отключенном положении

Рисунок 21 – вид выключателя ВВ/TEL-10 в разрезе.

Для управления вакуумным выключателем обязательно применение блока управления специально спроектированного для этого выключателя. Блоки управления зависят от рода оперативного тока. Блок управления БУ/TEL-12А выполняют следующие функции:

- взаимодействие с РЗА;
 - управление выключателем;
 - выполнение стандартного цикла АПВ О-0,3с-ВО-15с-ВО-180с-ВО;
 - блокировку от повторных включений;
 - блокировку включения выключателя при наличии команды отключения;
 - контроль исправности цепи электромагнитов выключателя;
 - сигнализацию внешних неисправностей цепей управления и внутренних неисправностей с идентификацией вида неисправности;
 - включение выключателя от вспомогательного источника питания (только в БУ/TEL-X/X-12А-03);
 - сигнализацию аварийного отключения выключателя (только в БУ/TEL-X/X-12А-03).
- На рисунке 22 показан вид блока управления.



Рисунок 22 – блок управления выключателем.

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, а следовательно более высокая трудоемкость монтажа и обслуживания;

–отсутствие разработанного производителем 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 20.

Таблица 20 – 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 ($I_{о.ном.}$), 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 ($I_{о.ном.}$), операций «ВО»	50000 100
11.	Масса, кг: ВВ/TEL-10 (КРУ, Амеж.пол.=200 мм)	35
12.	Срок службы до списания, лет	25

1) Проверка выключателя ВВ/TEL-10 по уровню изоляции. Номинальное напряжение выключателя ВВ/TEL-10 соответствует номинальному напряжению сети, равному 10 кВ из таблицы 19. Наибольшее рабочее напряжение, равное 12 кВ больше наибольшего рабочего напряжения сети, равное 10,5 кВ.

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

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

$$I_{дин.} \geq I_{н.о}, \quad (3.1)$$

$$I_{дин.макс} \geq I_{уд,макс}, \quad (3.2)$$

где $I_{дин.}$ - номинальный ток отключения выключателя из таблицы 18, 20 кА; $I_{i, \hat{i}}$ - расчетный ток короткого замыкания, 8334 А; $I_{дин.макс}$ - ток динамической стойкости выключателя (сквозной ток к.з.), 8,3 кА; $I_{уд,макс}$ - максимальный ударный ток короткого замыкания, кА.

Максимальный ударный ток короткого замыкания $I_{уд,макс}$ [2] рассчитывается по формуле

$$I_{уд.мах} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{кз}^{(3)}, \quad (3.3)$$

где $k_{уд}$ - ударный коэффициент, 1,3 о.е.; $I_{кз}^{(3)}$ - сила тока трехфазного короткого замыкания, 8334 А.

$$I_{уд.мах} = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 8334 = 15167 \text{ А} \quad (3.4)$$

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.

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 $V_{кр}$ был меньше паспортного импульса квадратичного тока $V_{кп}$.

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

$$V_{кр} = \int_0^{t=0.025} i_k^2 dt, \tag{3.5}$$

где t- время протекания тока короткого замыкания, 0,025 с; i_k - максимальный ток к.з, 8334 А.

$$V_{кр} = i_k^2 t \Big|_0^{0.025} = i_k^2 (0,025 - 0) = 5288^2 \cdot 0,025 = 1736 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Импульс квадратичного тока $V_{кп}$ рассчитывается по формуле:

$$V_{кп} = I_T^2 \cdot t_T, \tag{3.6}$$

где I_T - ток термической стойкости по паспорту устройства, 20000 А; t- время протекания тока короткого замыкания, 0,025 с; $V_{кп} = 20000^2 \cdot 0,025 = 10^7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$.

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

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.

3.2. Электронный стабилизатор напряжения

Стабилизатор напряжения — преобразователь электрической энергии, позволяющий получить на выходе напряжение, находящееся в заданных пределах при значительно больших колебаниях входного напряжения и сопротивления нагрузки.

Электронные стабилизаторы напряжения - ступенчатые стабилизаторы напряжения с электронным типом управления. Это одни из самых популярных и востребованных на российском рынке электротехнического оборудования. Они работают на основе коммутации отводов автотрансформатора с помощью электронных ключей, поэтому напряжение на выходе стабилизатора изменяется ступенчато, но с высокой скоростью при широком диапазоне входного напряжения. Они не вносят искажений во внешнюю сеть и обладают высокой скоростью срабатывания (20-35мс). Для снабжения освещения стабилизированным напряжением в данной диссертации предусматривается стабилизатор напряжения переменного тока PROGRESS8000 L.

Однофазный стабилизатор напряжения PROGRESS8000 L предназначен для обеспечения стабилизированным электропитанием различных потребителей в условиях больших по значению и длительности отклонений сетевого напряжения 220В. В таблице 21 приведены технические характеристики стабилизатора.

Таблица 21 – Технические характеристики стабилизатора

Номинальное напряжение сети	220 В; 50 Гц
Предельный диапазон напряжения сети	107-275 В
Номинальный диапазон входного напряжения	130÷260 В
Точность стабилизации выходного напряжения	±1,5%
КПД не менее	0,96

Класс защиты	IP20
Климатическое исполнение	УХЛ 4,2
Мощность подключаемой нагрузки	8000 ВА
Вес	38 кг
Габаритные размеры	506x257x290 (мм)

3.2.1. Схема подключения стабилизатора

На рисунке 23 представлена схема соединений стабилизатора.

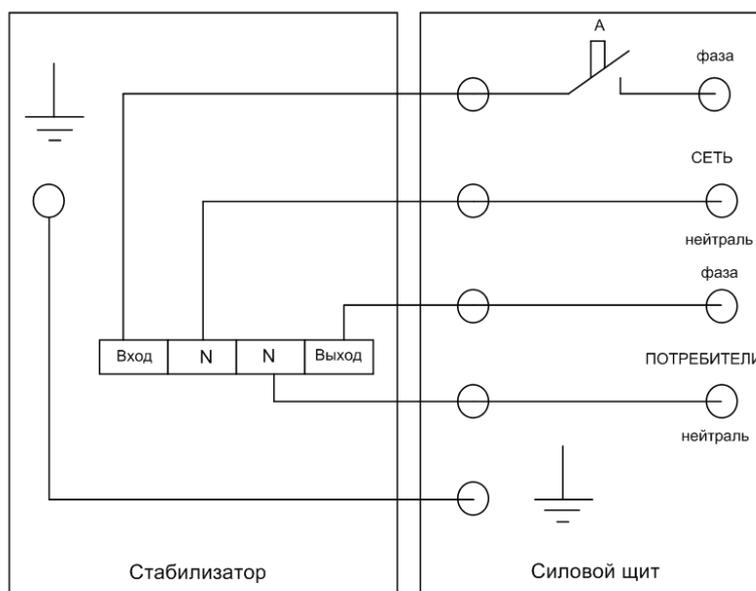


Рисунок 23 – Схема электрических соединений

3.3. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда

Организация рабочего места для создания комфортных зрительных условий

Освещенность рабочего места должна быть равномерной. Во всяком случае не должно быть значительной разницы в освещенности различных участков рабочего места, чтобы не требовалось частой переадаптации зрения. Например, поверхности предметов, с которыми в данный момент осуществляется работа, должны иметь одинаковую освещенность. Подсветка с помощью небольшого светильника только поверхности одного предмета приведет к различию в освещенности других предметов. Частое обращение к подсветке потребует постоянной адаптации зрения, что в конечном счете приведет к быстрому зрительному утомлению, снижению работоспособности, общему утомлению, психическому напряжению. Письменный стол должен располагаться в хорошо освещенном месте, желательно у окна. Человек за письменным столом должен располагаться лицом или левым боком к окну (для левшей — правым боком) для того, чтобы избежать образования тени от тела или руки человека. Светильник искусственного освещения должен располагаться относительно тела человека аналогичным образом.

Светильники должны располагаться над рабочим местом вне запретного угла, равного 45° . Кроме того, конструкция светильника должна исключать ослепление человека лучами, отраженными от рабочей поверхности. Для этого арматура светильника должна предусматривать направление прямых лучей, исходящих от источника под иными углами, исключающими попадание отраженного луча в глаз человека.

Рисунок 24 – Выбор конструкции светильника: А- неправильный (ослепление отраженными лучами), Б - правильно (исключение ослепления отраженными лучами)

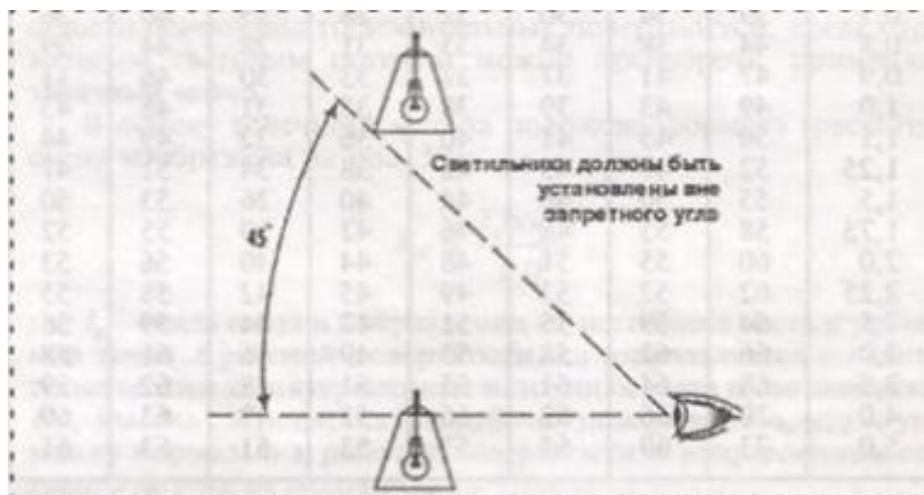


Рисунок 24 – Схема установки светильников

Некоторые положения об организации рабочего места

- правильная организация освещения и условий для выполнения зрительных работ — залог сохранения хорошего зрения на долгие годы;
- при большем контрасте требуется меньшая освещенность; поэтому на рабочем месте желательно обеспечить большой контраст между объектом и фоном, на котором расположен объект; с темными предметами лучше работать на светлом фоне, а со светлыми — на темном фоне. Это позволит при меньшем значении освещенности успешно выполнять работу и снизить зрительное утомление;
- если изменить контраст объекта с фоном путем, например, изменения коэффициента отражения фона нельзя, необходимо увеличивать освещенность на рабочем месте. Психофизиологическое воздействие цвета на человека. Известно, что поверхности голубых тонов, а также очень

темные поверхности воспринимаются человеком как "отступающие", т. е. представляются расположенными дальше, чем в действительности. Это иногда ведет к кажущемуся увеличению размеров помещения. Красные тона, наоборот, представляются "выступающими". Некоторые цвета, например, светло-фиоле-

товые цвета оказывают на человека раздражающее действие и способствуют очень быстрому утомлению. Другие же, в частности зеленый, дают противоположный результат. Субъективное восприятие человеком таких внешних факторов внешней среды, как температура, шум и другие, даже запахи, в определенной степени зависит от цветности поверхностей, находящихся в поле зрения.

Психофизиологическое воздействие на человека цветности источников излучения и цвета поверхностей помещения обязательно нужно учитывать при цветосветовом оформлении интерьера. Например, для спален лучше применять ЛН и цветовое оформление выполнять в мягких успокаивающих, например, желто-зеленых тонах. Наоборот, в помещениях, в которых должна осуществляться работа, лучше применять люминесцентные лампы, а цветовое оформление выполнять в светлых, бодрящих тонах, стимулирующих активную деятельность.

Следует обратить внимание на то, что психофизиологическое воздействие цвета на человека учитывается как весьма важный фактор, определяющий вопросы безопасности, например, окраска автомобилей, знаков безопасности, опасных участков, трубопроводов, баллонов и т. д. Следует обратить внимание на то, что цвет имеет также и субъективно индивидуальную сторону воздействия на эмоциональную сферу человека.

3.3.1. Аттестация рабочего места по условиям труда

Аттестация рабочего места по условиям труда – это оценка условий труда на рабочих местах в целях выявления вредных и (или) опасных производственных факторов и осуществления мероприятий по приведению УТ в соответствие с государственными нормативными требованиями ОТ.

Согласно Приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития России) от 26 апреля 2011 г. N 342н:

1. Аттестация проводится в целях оценки условий труда на рабочих местах и выявления вредных и (или) опасных производственных факторов.

2. Результаты аттестации используются в целях:

- разработки и реализации мероприятий по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
- установления работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда;
- информирования работников об условиях труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения здоровья, о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов и полагающихся работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, компенсациях;
- контроля за состоянием условий труда на рабочих местах;
- оценки профессионального риска;
- обеспечения работников средствами индивидуальной защиты, прошедшими обязательную сертификацию или декларирование соответствия, а также средствами коллективной защиты;
- подготовки статистической отчетности об условиях труда и компенсациях за работу во вредных и (или) опасных условиях труда и т.д.

3. Для организации и проведения аттестации работодателем создается аттестационная комиссия, а также определяется график проведения работ по аттестации.

4. Оценка соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда включает в себя:

- оценку соответствия условий труда гигиеническим нормативам;
- оценку травмоопасности рабочих мест;
- оценку обеспеченности работников СИЗ(средствами индивидуальной защиты);

- комплексную оценку условий труда на рабочих местах;
- оценка соответствия условий труда гигиеническим нормативам.

5. Оценка соответствия условий труда гигиеническим нормативам проводится путем инструментальных измерений и оценок уровней факторов производственной среды и трудового процесса в ходе осуществления штатных производственных (технологических) процессов и (или) штатной деятельности организации.

6. Объектами оценки травмоопасности рабочих мест являются:

- производственное оборудование;
- приспособления и инструменты, используемые при осуществлении технологических процессов;
- соответствие подготовки работников по вопросам охраны труда установленным требованиям.

7. Оценка травмоопасности рабочих мест проводится на соответствие объектов, указанных выше, требованиям охраны труда, невыполнение которых может привести к травмированию работников, в том числе:

- требованиям по защите от механических воздействий;
- требованиям по защите от воздействия электрического тока;
- требованиям по защите от воздействия повышенных или пониженных температур;
- требованиям по защите от токсического воздействия химических веществ.

8. Оценка обеспеченности работников СИЗ проводится при наличии результатов оценки соответствия условий труда гигиеническим нормативам и оценки травмоопасности рабочего места.

9. Оценка обеспеченности работников СИЗ осуществляется путем последовательной реализации следующих процедур:

- сопоставления номенклатуры фактически выданных СИЗ с соответствующими типовыми нормами бесплатной выдачи работникам СИЗ;

- проверки наличия сертификатов (деклараций) соответствия СИЗ, выданных работникам;
- проверки установленного порядка обеспечения работников СИЗ;
- оценки соответствия выданных СИЗ фактическому состоянию условий труда на рабочем месте.

3.3.2. Обследование условий освещения рабочего места

Наименование, тип измерительных приборов :

1. Люксметр «Аргус-01» № 361. 2. Фотометр-яркометр «Аргус-02» № 208. Свидетельство о поверке № 2005/2600 от 27.03.2007 г.
3. Пульсометр-люксметр «Аргус-07» № 266. Нормативно-техническая документация.
1. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
2. ГОСТ 24940-96. Методы измерения освещённости.
3. ГОСТ 26824-86. Методы измерения яркости.
4. МУ от РМ 01-98 / МУ 2.2.4.706-98. Оценка освещения рабочих мест.
5. Сан ПиН 2.2.2/2.4.1340-03, Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ
6. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

Расположение рабочего места рисунок 25. Результаты измерения параметров световой среды сведены в таблицу 22.

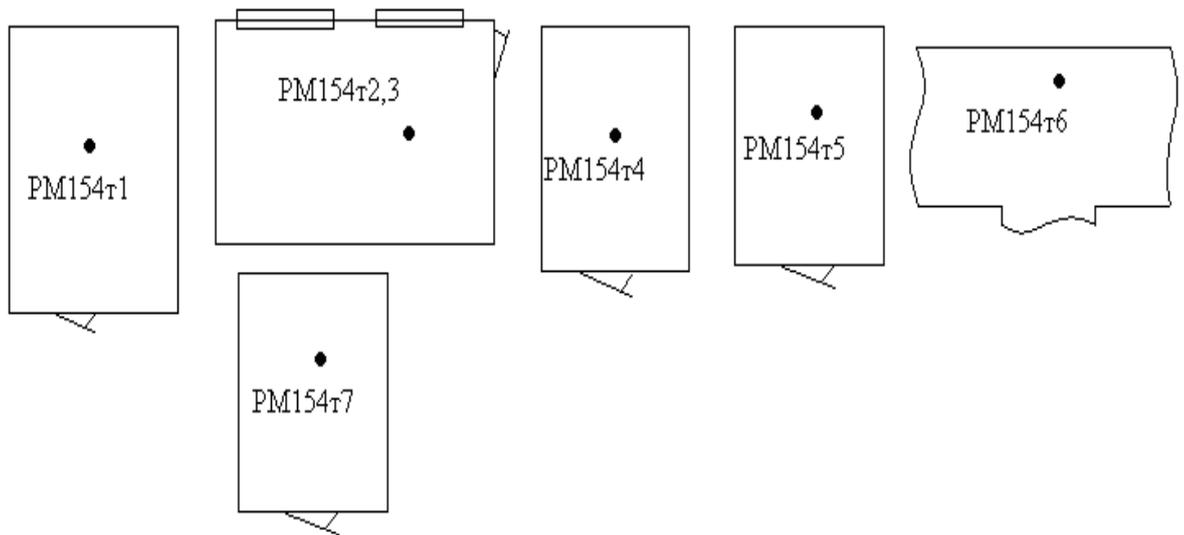


Рисунок 25 – Эскиз расположения рабочего места

Таблица 22 - Результаты измерения параметров световой среды

Физические факторы	08.05.14					
Шум (экв. уровень звука), дБА	-//-	60	84	24	3.3	7,75
Вибрация общая, дБ	-//-	92	79	-	2	7,5
Параметры микроклимата:						
Температура воздуха, °С(т.1)	-//-	19-24	28	-	2	0,25
ТНС (тепловая нагрузка среды), °С (т.1)	-//-	21,5-25,8	24,6			
Температура воздуха, °С(т.2)	-//-	19-24	24	-	2	4
Температура воздуха, °С(т.3)	-//-	19-24	33	-	2	0,5
ТНС (тепловая нагрузка среды), °С (т.3)	-//-	21,5-25,8	25,5			
Температура воздуха, °С(т.4)	-//-	19-24	34	-	2	1
ТНС (тепловая нагрузка среды), °С (т.4)	-//-	21,5-25,8	25,4			
Температура воздуха, °С(т.5)	-//-	19-24	24	-	2	1,5
Температура воздуха, °С(т.6)	-//-	19-24	24	-	2	0,25
Температура воздуха, °С(т.7)	-//-	-13,7	-5	-	2	0,5
Скорость движения воздуха, м/с (т.1-6)	-//-	≤0,1-0,2	<0,1	-	1	7,5
Скорость движения воздуха, м/с (т.7)	-//-	≤3,6	1,5	-	2	0,5
Влажность воздуха, % (т.1)	-//-	15-75	39	-	2	0,25
Влажность воздуха, % (т.2)	-//-	15-75	34	-	2	4
Влажность воздуха, % (т.3)	-//-	15-75	42	-	1	0,5
Влажность воздуха, % (т.4)	-//-	15-75	37	-	2	1
Влажность воздуха, % (т.5)	-//-	15-75	31	-	2	1,5
Влажность воздуха, % (т.6)	-//-	15-75	33	-	2	0,25
Влажность воздуха, % (т.7)	-//-	15-75	43	-	1	0,5
Параметры световой среды:						
Естественное освещение (КЕО), % (т.1)	-//-	0,5	Отс.	0,5≤G<1, 5	3.1	0,25
Естественное освещение (КЕО), % (т.2)	-//-	0,5	1,2			3,5
Естественное освещение (КЕО), % (т.3)	-//-	0,5	1,2			0,5
Естественное освещение (КЕО), % (т.4)	-//-	0,5	Отс.			0,5
Естественное освещение (КЕО), % (т.5)	-//-	0,5	Отс.			1
Естественное освещение (КЕО), % (т.6)	-//-	0,5	Отс.			1,5
Естественное освещение (КЕО), % (т.7)	-//-	0,5	Отс.			0,25
Естественное освещение (КЕО), % (т.8)	-//-	Открытая территория				0,5
Искусственное освещение:	-//-					

Продолжение таблицы 22

Освещенность рабочей поверхности (Е), лк (т.1)	-//-	200	40	0,5≤G<1, 5	3.1	0,25
Освещенность рабочей поверхности (Е), лк (т.2)	-//-	300-500	260			3,5
Освещенность рабочей поверхности (Е), лк (т.3)	-//-	200	260			0,5
Освещенность рабочей поверхности (Е), лк (т.4)	-//-	200	170			0,5
Освещенность рабочей поверхности (Е), лк (т.5)	-//-	200	60			1
Освещенность рабочей поверхности (Е), лк (т.6)	-//-	200	40			1,5
Освещенность рабочей поверхности (Е), лк (т.7)	-//-	200	40			0,25
Освещенность рабочей поверхности (Е), лк (т.8)	-//-	Открытая территория				0,5
Прямая блёсткость(т.1-8)	-//-	Отс.	Отс.	-	2	8
Пульсация освещенности (Кп), % (т.1)	-//-	≤20	Отс.	0,5≤G<1, 5	3.1	0,25
Пульсация освещенности (Кп), % (т.2)	-//-	≤5	36			3,5
Пульсация освещенности (Кп), % (т.3)	-//-	≤20	36			0,5
Пульсация освещенности (Кп), % (т.4)	-//-	≤20	27			0,5
Пульсация освещенности (Кп), % (т.5)	-//-	≤20	19			1
Пульсация освещенности (Кп), % (т.6)	-//-	Не регл.	Отс.			1,5
Пульсация освещенности (Кп), % (т.7)	-//-	≤20	Отс.			0,25

Продолжение таблицы 22

Электрические поля промышленной частоты, кВ/м	-//-	5	0,047			0,8
Пульсация освещенности (Кп), % (т.8)	-//-	Открытая территория				0,5
Освещенность поверхности экрана (Е), лк (т.2)	-//-	<300	190	-	2	3,5
ЭМИ, создаваемые и ПЭВМ:						
Фоновый уровень электрического поля промышленной частоты при выключенном оборудовании, нТл	-//-	500	320			4
Напряж. ЭМП, В/м, в диапазоне: 2кГц – 400кГц	-//-	2,5	0,62	-	2	3,5
Плотность магнитного потока, нТл, в диапазоне: 5Гц – 2кГц	-//-	250	520			3,5
Фоновый уровень плотности магнитного потока промышленной частоты при выключенном оборудовании, нТл	-//-	Нарушения визуальных параметров отсутствуют	520 Нарушения визуальных параметров отсутствуют	-	2	4
Плотность магнитного потока, нТл, в диапазоне: 2кГц – 400кГц	-//-	25	4	-	2	3,5
Напряженность электростатического поля, кВ/м	-//-	15	2	-	2	3,5
Отметка-41,3						
Электрические поля промышленной частоты, кВ/м	-//-	5	0,079			0,25
Магнитные поля промышленной частоты, А/м	-//-	1600	0,88			0,25
Отметка-37,25 (ПУ агрегата №1,2)						
Электрические поля промышленной частоты, кВ/м	-//-	5	0,29			0,7
Магнитные поля промышленной частоты, А/м	-//-	1110	97,1			0,7
Отметка-37,25 (КРУ блока 1)						

Оценка условий труда по степени травмобезопасности класс 1 (оптимальный), по степени вредности и опасности класс 3.3 (вредный)

Таблица 23 - Обеспеченность средствами индивидуальной защиты

наименование средств индивидуальной защиты	документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты	Фактическое значение оценки
При обслуживании УРЗА:		
Костюм хлопчатобумажный	ГОСТ 27575-87	Соответствует
Галоши диэлектрические	ГОСТ 13385-78	Соответствует
Перчатки диэлектрические	ТУ 38305-05-257-89	Соответствует
На наружных работах зимой дополнительно:		
Куртка на утепляющей прокладке	ГОСТ29335-92	Соответствует

3.4. Расчет затрат на реконструкцию сети освещения здания ГЭС

При расчете затрат на реконструкцию следует учесть, что установка нового оборудования производится внутри здания ГЭС на прежний фундамент, укладка кабелей выполняется в тех же кабельных каналах, что и прежде. Таким образом, затраты на строительство полностью отсутствуют.

Суммарные затраты на реконструкцию включают в себя затраты на закупку аппаратов и проводников, затраты на монтаж и проведение наладочных работ. Рассчитаем капитальные затраты, связанные с реконструкцией.

Таблица 24 - Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во	Цена с НДС(руб)	Всего (руб)
Светодиодная лампа RLB27-8-D7x13	287 шт.	1026	294462
Светодиодная лампа RLB27-4-D6x10	66 шт.	675	44550
Светодиодная лампа RLB27-1.5-5x9-NW-F	30 шт.	368	11040
Светильник ЭСС-Road	8 шт.	28750	230000

Продолжение таблицы 24

Светильник ЭСС-15	84 шт.	1800	151200
Трансформатор ТСЗ-160 10/0,4 УЗ	1 шт.	450100	450100
Распределительное устройство К-63	1 шт.	120000	120000
Кабель N2XCHBH 4x95mm/50	27 м	541	12984
Кабель N2XCHBH 4x70mm/35	149 м	398	59302
Кабель N2XCHBH 4x35mm/25	10 м	250	2500
Кабель N2XCHBH 4x16mm/16	140 м	211	29540
Кабель N2XCHBH 4x10mm/10	742 м	136	100912
Кабель N2XCHBH 4x6mm/6	756 м	124	93744
Кабельная муфта NEXANS	32 шт.	980	31360
Итого	1631649 рублей		

Таблица 25 – Затраты на монтаж нового оборудования

№ п/п	Наименование работ	Еди- ница изме- рения	Цена за едини- цу (руб)	Коли- чество	Стои- мость выполн. работ (руб)
1	2	4	5	6	7
1.	Кабель, прокладываемый по установленным конструкциям и лоткам. Масса 1м до 2-х кг	100 м	5925,2	16,38	97054,78
2.	Кабель, прокладываемый по установленным конструкциям. Масса 1м до 9-ти кг	100 м	11840	1,86	22022,4
3.	Конструкция металлическая	т	109085	0,5	54542

Продолжение таблицы 25

4.	Муфта с заливкой кожуха напряжением до 10 кВ сечением до 240 мм ²	шт.	1485	3	4455
5.	Муфта без заливки кожуха напряжением до 10 кВ сечением до 70 мм ²	шт.	925,92	29	26851,68
6.	Заделка для кабеля сечением до 240 мм ²	шт.	90,3	3	270,9
7.	Заделка для кабеля сечением до 70 мм ²		71	29	2059
8.	Монтаж трансформатора ТСЗ-160	шт.	60000	1	60000
9.	Монтаж светодиодных ламп RLB27	шт.	300	383	114900
10.	Монтаж светильников ЭСС	шт.	550	92	50600
11.	Короб для прокладки проводов и кабелей	100 шт.	36995,2	0,05	1849,8
	Итого:				434605,56
	Накладные расходы 85%				369414,7
	Коэффициент 1,2 за работу в ДЭУ				86921,1
	Итого:				890941,4
	Плановые накопления 8%				71275,3
	НДС-18%				160369,45
	Итого				1122586

Таблица 26 – Монтаж распределительного устройства К-63

№ п/п	Наименование работ	Цена за единицу (руб)	Количество, шт.	Стоимость вы- полнен. работ (руб)
1.	Монтаж шкафа ввода и секци- онного выключателя	2846,4	1	2846,4
2.	Монтаж шкафа отходящей ли- нии	2846,4	1	2846,4
3.	Монтаж шкафа трансформатора напряжения и СН	1975,3	1	1975,3
4.	Монтаж шинного моста	1874,3	1	1874,3
5.	Демонтаж шинного моста	737,5	1	737,5
6.	Монтаж выключателя	9035,4	1	9035,4
7.	Монтаж шкафа трансформатора напряжения	1975,3	1	1975,3
8.	Демонтаж существующих шка- фов	1327,8	3	3983,4
9.	Монтаж шкафа ввода	3923,6	1	3923,6
	Итого:			29197,6
	Накладные расходы 85%			24817,96

	Коэффициент 1,2 за работу в ДЭУ			5839,52
	Итого:			59855
	Плановые накопления 8%			4788,4
	Итого:			64643,4
	НДС-18%			11635,8
	Итого			76279,2

Определим итоговые данные по монтажу нового электрооборудования:

$1122586+76279,2=1198865,2$ рублей.

Таблица 27 – Проведение пуско-наладочных работ

№ п/п	Наименование работ	Еди-ница измер.	Цена за единицу (руб)	Коли-чест-во	Стоимость вып. работ (руб)
	Раздел 1				
1.	Выключатель	шт.	324,32	1	324,32
2.	Трансформатор	шт.	235,87	1	235,87
3.	Защита от замыкания на землю	К-т	796,1	1x9	7164,6
4.	Измерение переходных сопротивлений	Изм	19,16	1x9	172,44
5.	Снятие скоростных характеристик	Х-ка	70,76	1x9	636,84
6.	В/вольтные испытания выключателя	Исп.	78,13	1	78,13

Продолжение таблицы 27

	В/вольтные испытания				
7.	тр-ра тока	Исп.	103,2	1	103,2
8.	Схема разводки шин	Сх.	339,1	12	4068,8
9.	Схема резервирования питания	Сх.	339,1	1	339,1
10.	Измерение мегаомметром кабелей	Лин.	7,37	32	235,84
11.	Комплексные испытания КРУ	К-с	9832,9	1	9832,9

Заключение

В результате проведенных исследований был проведен ряд необходимых расчетов, обоснований и анализов:

- рассчитаны нагрузки рабочего и аварийного освещения здания Жигулёвской ГЭС;

- подробно спроектирована замена ламп накаливания на 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; выбрана к установке ячейка серии К-63.

- выбраны стабилизатор напряжения Progress, инвертор Protect 5.

- произведён расчет токов короткого замыкания на секции КРУ 0,4 кВ и КРУ 10 кВ;

- рассчитаны и выбраны сечения и марки кабелей и проводов;

- рассмотрены требования безопасности жизнедеятельности и охраны труда на рабочем месте и соответствие исследуемого объекта этим требованиям;

Предложенная схема электроснабжения проектировалась в соответствии с требованиями безопасности и надёжности.

Список используемых источников

1. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г. : одобр. Советом Федерации 18 ноября 2009 г.]. – М. : - (Актуальный закон).

2. Постановления Правительства Российской Федерации. Функционирование розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии от 04.05.2012 № 442 // Российская газета.

3. ГОСТ 24940-96 Межгосударственный стандарт здания и сооружения методы измерения освещенности [Текст] .-взамен гост 24940-81 ; введ. 1997-01-01.-М: МнТКС.-14с.

4. ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения [Текст] .- введ.1999-09-30.-М : ФГУ «РАЭ» МР.-11с.

5. Санитарные правила и нормы : СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Текст]: нормативно-технический материал.-М.: Изд-во ЭНАС, 2003.-12с.

6. Правила устройств электроустановок [Текст] : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 08.07.02 : введ. в действие с 01.01.2003 – 7-е изд. – М.: ЭНАС, 2005.

7. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок [Текст] : РД 153-34.0-03.150-00:утв постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 5.01.2001 г. N 3: приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 27.12. 2000 г. N 163 М.: Издательство «Омега-Л», 2007.-[152?]

8. Правила технической эксплуатации электроустановок Потребителей [Текст] утв.приказом Минэнерго России от 13.01.2003 года N 6 .- М.: ИКЦ «МарТ», 2003.

9. Александров, Г.Н. Передача электрической энергии : учебник [Текст] / Г.Н. Александров.-Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2009-[232?]

10. Маньков, В.Д Основы проектирования систем электроснабжения: учебное пособие [Текст]/ В.Д. Маньков .- НОУ ДПО «УМИТЦ «Электро Сервис» , 2010.-664

11. Семенов, Б. Ю Экономичное освещение для всех .Технологии энерго-сбережения [Текст]/ Б.Ю. Семенов.- Солон-Пресс, 2010,- [301?]

12. Правила проведения энергетических обследований [Текст] : Утверждены Минтопэнерго России 25.03.98. - М.: СПО ОРГРЭС, 1998.

13. Карпова, Т.С. Базы данных: модели, разработка, реализация [Текст] / Т.С. Карпова . - СПб.: Питер, 2001.- 286-289с.

14. Энергоаудит и нормирование расходов энергоресурсов: сборник методических материалов [Текст] / под редакцией проф. С.Н. Сергеева. – М., Изд. дом МЭИ, 2008.-24с.

15. Чохонелидзе, А.Н. Справочник энергетика: справочное пособие [Текст] / А.Н.Чохонелидзе.-Колос,2006.-489с..

16. Справочная книга по светотехнике [Текст] / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергatomиздат, 2005.

17. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] :методические указания / Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2009.-124с

18. Кудрин, Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы [Текст] : учебное пособие / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. – М. : Изд. дом МЭИ, 2013.-411с.

19. Сивков, А.А Основы Электроснабжения [Текст] : учеб.пособие / А.А Сивков, А.С Сайгаш, Д.Ю. Герасимов.– 2-е изд.- М.: Юрайт , 2016. – 174с

20. Быстрицкий, Г.Ф. Общая энергетика [Текст] : учебное пособие / Г.Ф. Быстрицкий.-М.: Кнорус, 2010.-296с.
21. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии [Текст] : учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин.-М.: КноРус, 2012.-648с.
22. Кужеков, С. Л. Практическое пособие по электрическим сетям и электрооборудованию [Текст] : учебник / С. Л. Кужеков, С. В. Гончаров. – 5-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д : Феникс, 2011. – 492 с.
23. Лоторейчук, Е.А. Теоретические основы электротехники : учеб. для студ. учреждений сред. проф. Образования [Текст] / Е.А. Лоторейчук. - Гриф МО. - М. : Форум: Инфра-М, 2008. - 316 с.
24. Вахнина, В.В. Проектирование осветительных установок [Текст]: учебное пособие / В.В. Вахнина, О.В. Самолина. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2008.
25. 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.
26. Колик, В. Коммерческие потери электроэнергии. Методология снижения [Текст] / В. Колик.-М.: Энергоаудит - №1. - 2009.-[320?]
27. Методика проведения энергетических обследований предприятий и организаций.(http://bib.convdocs.org/v25188/Варнавский_б.п._?page=2)
28. Предложения в тексте с термином "Трансформатор"
(<http://www.elek.oglib.ru/bgl/3472/177.html>)
29. Паномаренко, И.С. Приборы для энергетических обследований систем электроснабжения промышленных предприятий [электронный ресурс] / И.С. Пономаренко.-Промышленная энергетика - №12. - 2012.
30. Шелопин, С.А. Проблемы учета электроэнергии [Электронный ресурс] / С.А.Шелопин.-Электрика - №6.- 2011.