

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Торопов А.С.
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 ____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
код – наименование направления

Электроснабжение корпуса №2 базы отдыха на оз. Белё (квартал 1, участок 3)
тема

Руководитель _____
подпись, дата

доцент, к.т.н.
должность, ученая степень

Коловский А.В.
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

Куюков П.В.
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

Кычакова И.А.
инициалы, фамилия

Абакан 2023

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт –
филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов _____

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Куюкова Павла Валерьевича
(фамилия, имя, отчество)
Группа ЗХЭн 18-01 (3-18) Направление 13.03.02
(код)
Электроэнергетика и электротехника
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Электроснабжение корпуса №2 базы отдыха на оз. Белё (квартал 1, участок 3)

Утверждена приказом по институту № 287 от 17.05.2023

Руководитель ВКР Коловский А. В., доцент кафедры «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР: план помещений с указанием электроприемников, ведомость электрической нагрузки

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

- 1 Теоретическая часть
 - 1.1 Характеристика объекта проектирования
 - 1.2 Методика проектирования электроснабжения базы отдыха
- 2 Аналитическая часть
 - 2.1 Светотехнический расчет системы освещения
 - 2.2 Электротехнический расчет системы освещения
 - 2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок распределительных щитов и этажных щитков
 - 2.4 Расчет нагрузки потребителей I категории и выбор устройства АВР (или ИБП)
 - 2.5 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам
 - 2.6 Расчет нагрузки ВРУ
- 3 Практическая часть. Проектирование электроснабжения
 - 3.1 Выбор коммутационных аппаратов
 - 3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции
 - 3.3 Выбор электрических щитов, счетчиков и прочих электрических устройств
 - 3.4 Описание подключения вентиляционной установки в случае пожара
 - 3.5 Выбор второго источника питания
 - 3.6 Проверка по допустимым потерям напряжения в силовой и осветительных сетях
 - 3.7 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

Перечень обязательных листов графической части

1. План силовых сетей и электроосвещения цокольного этажа
2. План силовых сетей и электроосвещения первого этажа
3. Однолинейная схема электроснабжения

Руководитель ВКР

/ А. В. Коловский
(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

/ П. В. Куюков
(подпись, инициалы и фамилия студента)

« 04 » марта 2023 г

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение корпуса №2 базы отдыха на оз. Белё (квартал 1, участок 3)» содержит 73 страницы текстового документа, 26 использованных источников, 3 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ, ЭЛЕКТРОПРИЕМНИК, СИЛОВОЙ ЩИТ, ЩИТОК ОСВЕЩЕНИЯ, ЗАЩИТНЫЙ АППАРАТ, ПИТАЮЩИЙ ПРОВОДНИК, ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

Объект проектирования – система электроснабжения корпуса №2 базы отдыха на Озеро Белё (квартал 1, участок 3).

В теоретической части работы рассмотрены характеристики электроснабжения и электроосвещения объектов общественного назначения, представлена современная методика расчета электрической нагрузки базы отдыха как объекта общественного пользования, ее общие характеристики и выдаются электроприемники (трехфазные и однофазные).

В аналитической части выполнены светотехнические и электрические расчеты системы освещения на основе использования светодиодных светильников. При подготовке к основному практическому расчету электроприемники разбивают на группы (по типу и коэффициенту мощности) и рассчитывают нагрузку розеток и щитов освещения.

В практической части, исходя из проектируемой конфигурации и расчетных нагрузок, были выбраны коммутационные и защитные устройства, проводники (электропроводка), силовые и осветительные щиты.

Сеть рассчитывалась по допустимым потерям напряжения исходя из длины кабелей от источника питания до силовых щитов и до наиболее удаленного и достаточно мощного электроприемника. Коммутационные и защитные устройства были испытаны на отключающую способность и чувствительность, основанные на расчете однофазных и трехфазных токов короткого замыкания.

THE ABSTRACT

Final qualifying work on the topic “Power supply of the 2nd building of recreation camp at lake Bele”, contains 73 pages of a text document, 26 sources used, 3 sheets of graphic material, 1 attachment.

POWER SUPPLY, ELECTRIC LED LIGHTING, ELECTRIC RECEIVER, POWER SHIELD, LIGHTING BOARD, PROTECTIVE DEVICE, SUPPLY CONDUCTOR, VOLTAGE LOSSES, SHORT CIRCUIT CURRENT.

The design object is the 2nd building of recreation camp at lake Bele.

In the theoretical part of the work, the characteristics of power supply and electric lighting of public facilities are considered, an up-to-date methodology for calculating the electric load of a recreation centre as a public facility is presented, and its general characteristics and electric receivers (three-phase and single-phase) are given;

In the analytical part, lighting and electrical calculations of the lighting system based on the use of LED lamps were carried out. In preparation for the main practical calculation, the power receivers are divided into groups (by type and power factor) and the load of the sockets and lighting panels is calculated.

In the practical part, based on the designed configuration and calculated loads, switching and protection devices, conductors (wiring), power and lighting panels were selected.

The network was calculated according to the permissible voltage losses based on the length of the cables from the power source to the power panels and to the most distant and sufficiently powerful electrical receiver.

Switching and protection devices were tested for breaking capacity and sensitivity, based on the calculation of single-phase and three-phase short-circuit currents.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. Теоретическая часть	9
1.1 Характеристика объекта проектирования	9
1.2 Методика расчета электрической нагрузки	12
2. Аналитическая часть	19
2.1 Светотехнический расчет системы освещения	19
2.2 Электротехнический расчет системы освещения	33
2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок распределительных щитов и этажных щитков	35
2.3.1 Расчет электрических нагрузок отдельных электроприемников. ...	35
2.3.2 Расчет электрических нагрузок силовых пунктов	37
2.4 Расчет нагрузки потребителей I кат и выбор устройства АВР, ИБП	43
2.5 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам.....	45
2.6 Расчет нагрузки ВРУ	45
2.6.1 Выбор кабельной линии от трансформаторной подстанции	46
2.6.2 Выбор ВРУ и вводного автомата	47
3. Практическая часть. Проектирование электроснабжения	48
3.1 Выбор коммутационных аппаратов.....	48
3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции	50
3.3 Выбор электрических щитов, счетчиков и прочих электрических устройств	55
3.4 Выбор второго источника питания.....	55
3.5 Описание подключения вентиляционной установки в случае пожара .	57
3.6 Проверка по допустимым потерям напряжения в силовой и осветительных сетях	60
3.7. Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования	65
3.7.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания	65
3.7.2 Проверка оборудования	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	71

ВВЕДЕНИЕ

База отдыха на озере Белё представляет собой комплекс общественных зданий, имеющий в своём составе разнообразные электроприёмники, отвечающие за выполнение задач освещения, вентиляции, охлаждения представляемой в комплексе продукции. Отдельное место в электроприёмниках занимают специализированные устройства, такие как вентиляция и система управления вентиляцией.

Всё это обуславливает широкий комплекс требований к проектированию системы электроснабжения такого объекта.

Объект исследования – корпус базы отдыха на Озеро Белё (квартал 1, участок 3).

Предметом является система электроснабжения второго корпуса, включающая электроприемники и необходимое силовое и осветительное электрооборудование, а также расчёт токов короткого замыкания, выбор вторичного источника питания для аварийных нужд.

Цель данной работы построить согласно нормам и требованиям электроснабжение для общественного здания корпус базы отдыха на оз. Белё (квартал 1, участок 3).

Задачи бакалаврской работы:

- изучить и описать проблемы энергоснабжения общественных зданий в виде коммунальных служб;
- изучить и предложить решения по устройству системы вентиляции общественных зданий;
- охарактеризовать выбранный объект и проектируемую систему электроснабжения;

- произвести необходимые расчеты системы освещения общественного здания;
- предложить группировку нагрузок по требуемым характеристикам и обосновать выбор точек питания;
- исходя из проектируемой конфигурации и рассчитанных нагрузок подобрать коммутационные и защитные устройства, проводники (электропроводку), силовые и осветительные щиты;
- рассчитать сеть на допустимые потери напряжения;
- проверить коммутационные и защитные устройства на отключающую способность и чувствительность, исходя из расчета однофазных и трехфазных токов короткого замыкания.

1. Теоретическая часть

1.1 Характеристика объекта проектирования

Современные общественные здания предполагают широкий комплекс оборудования для обеспечения требуемых показателей функционирования объекта. В частности, данном проекте рассматривается корпус базы отдыха на озере Белё, в котором будет три этажа, а также активное цокольное помещение. Такое здание потребует большое количество разнообразных потребителей:

- обслуживающая, печатающая и компьютерная техника;
- системы охлаждения продуктов;
- прочего оборудования и систем.

Этот тип нагрузки предъявляет ряд требований как к потребляемой мощности, так и к системе, которая ее обеспечивает. В частности, освещение и кабельная разводка демонстрационных стендов должны быть хорошо организованы, чтобы предоставлять услуги, соответствующие установке.

Электромонтажные работы в общественных комплексах имеют свои особенности, так как выполняются с учетом охвата больших площадей, установки множества электроприборов и расстановки сложного оборудования. От качества сетей зависит жизнь и здоровье людей и безопасность всего комплекса.

Здания проектируемого объекта относятся к общественным зданиям и предъявляют ряд специфических требований в связи с большими площадями и ограничениями на возможность установки электрооборудования. Следует отметить, что от качества проведенных монтажно-наладочных работ будет зависеть безопасность как компании, так и ее посетителей.

Предлагаемые в рамках данного проекта монтажные решения должны не только соответствовать требованиям, но и быть доступными для реализации соответствующей подрядной организацией на любом объекте

общественного пользования и т.д.

В основном сложность обусловлена разнообразием площадей, нормами освещения для них, ограничениями возможного монтажа, прокладки, а также выбором кабельной продукции для выполнения соответствующих работ. Решение этой задачи имеет высокую степень важности, так как во многом определяет эффективность всего предприятия.

В систему электроснабжения входят

- Поддержка телекоммуникационной системы;
- Осветительные установки;
- резервный источник питания в соответствии с требованиями нормативных документов;
- стабильная и надежная система безопасности и противопожарной защиты в эксплуатации.

Следует отметить, что решение проблемы освещения требует не только дизайнерского подхода, но и конструктивного подхода к определению расположения светильников, а также адекватного поставленной задаче подбора светильников.

В отличие от жилых домов или небольших офисов, крупные базы отдыха и другие общественные здания имеют некоторые особенности, препятствующие правильному распределению воздушных потоков.

Электроснабжение объекта осуществляется от опоры №8 ВЛ-0,4кВ ф.1 ТП-74-16-21.

По степени обеспечения надежности электроснабжения, электроприемники относятся ко II категории. Также в данном объекте присутствуют электроприемники I категории. Учет электроэнергии осуществляется при помощи счетчиков, установленных в щите ВРУ, а также в щите ЩППЗ проектируемого здания.

Категория потребителя по надежности электроснабжения – II, I.

По степени обеспечения надежности электроснабжения, электроприемники относятся ко второй и первой категории. Вторая категория надежности обеспечивается двумя взаиморезервируемыми кабельными линиями. В качестве второго независимого источника питания выступает стационарная дизельная электростанция БКАЭС 1хТЭ.200С-Т400-2Р. Перерыв в работе электроприёмников исчисляется временем необходимым для подключения второго источника, но не должен превышать 30-ти минут.

Для потребителей I категории надежности предусматривается щит ЩППЗ, подключенный через источник бесперебойного питания.

Питание электроприемников выполняется от сети 380/220В по системе TN-C-S (с разделением PEN-проводника во ВРУ здания) по трех и пятипроводным линиям.

Для заземления предусматривается заземляющее устройство повторного заземления. Сопротивление растеканию заземляющего устройства не более 10 Ом.

Проводники электрических сетей прокладываются скрыто в каналах плит и скрыто по стенам под слоем мокрой штукатурки.

Все групповые сети выполняются кабелями с медными жилами с изоляцией из негорючего ПВХ-пластиката с низким дымовыделением.

Информация об электросиловом оборудовании:

- Электроснабжение групповых сетей электроэнергетического оборудования осуществляется от секций ВРУ через этажные распределительные щиты СЦ. Силовые щиты устанавливаются на высоте 1,2 м (нижняя часть щита) от уровня чистового пола.

- Энергопринимающими устройствами здания являются: переносное и стационарное оборудование.

- Дифференциальные автоматические выключатели, чувствительные к токам утечки не более 30 мА, устанавливаются в групповых

сетях, питающих переносное электрооборудование.

На случай пожара проектом предусмотрена остановка вентиляции.

Расстановка оборудования и место его подключения к групповым электрическим сетям производится по исходным данным, предоставленным заказчиком.

Высота розеток указывается в планах расположения силового электрооборудования.

Цепи рабочего освещения запитаны от секций ВРУ через этажные распределители СК. Питание цепей аварийного освещения осуществляется от шкафа аварийного освещения ЩАО. Аварийное и рабочее освещение подключаются с разных секций ВРУ.

Освещение комнат регулируется стационарными выключателями, установленными в самих комнатах. Выключатели цепей освещения удаляют из влажных помещений (санузлов, прачечных и т.п.). Выключатели в помещениях установлены на высоте 0,9 м.

Светильники аварийного освещения оснащены аккумуляторными батареями.

Настоящий объект относится ко второй категории надежности электроснабжения. Подключение объекта осуществляется от проектируемого вводно-распределительного устройства. В качестве резервного источника электроэнергии выступает вторая кабельная линия, подключенная от стационарной дизель-генераторной станции.

1.2 Методика расчета электрической нагрузки

В настоящее время электроснабжение жилых и общественных зданий проектируется на основе методики, указанной в СП 256.1325800.2016 [14] - свода правил, включающих требования к оборудованию. Этот документ также регламентирует особенности построения конфигурации системы электроснабжения (групповые сети, сети электроснабжения, сети освещения).

К требованиям СП 256.1325800.2016 [14] относятся, помимо вышеперечисленных, особенности проектирования внутренних электрических сетей, в том числе объектов общего пользования, особенности учета электроэнергии (в том числе автоматизированного) и применяемых для этого средств измерений.

Документ содержит основные требования к кабельно-проводниковой продукции, предназначенной для использования в общественных зданиях, а также к коммутационным устройствам, защищающим эти линии (как для отдельных электроприемников, так и для нескольких электроприемников, питаемых по одной линии). Учитываются также особенности работы каждого вида электрооборудования, применяемого в данном общественном здании, в основном определяемые расчетными нагрузками через коэффициенты спроса. Как правило, чем больше приемников в группе, тем ниже коэффициент спроса для этой группы. В связи с этим простое суммирование нагрузок будет нецелесообразным и приведет к завышению сечений питающих кабелей и неправильной настройке устройств защиты, что может привести к некорректной работе автоматических выключателей и подобных устройств.

СП 256.1325800.2016 [14] составляет основу для расчёта. Например, в п. 5 СП 256.1325800.2016 указаны виды освещения - рабочее, аварийное, служебное по ГОСТ Р55842-2013. Пункт 7.2.4 СП 256.1325800.2016 содержит новую формулу расчета электрической нагрузки розеточной сети [14].

Перед проектированием системы электроснабжения необходимо на первом этапе выделить все помещения и находящиеся в них электроприемники (с учетом проектного расположения в соответствии с санитарными и другими нормами). Для этого в следующих таблицах 1.1 и 1.2 приводим данные о геометрии помещений и электроприемниках (технологическое оборудование, оргтехника, насосы в сантехническом оборудовании, холодильное оборудование, бытовая техника и т.д.) по объекту на рассмотрении (здание Базы отдыха на Белом озере). На рис. 1 показаны все

задействованные потребители электроэнергии в соответствии с нумерацией в таблице 1.1.

За отправную точку возьмем из документа СП 52.13330.2016 [15] нормы освещения помещений по их типу и назначению (табл. 1.2). Для освещения помещений, в которых постоянно находятся посетители, требуется максимальная освещенность 500 лк. Для других помещений нормированная освещенность колеблется в среднем от 100 до 300 люкс.

Для уменьшения разветвленности сети электроснабжения целесообразно комбинировать различные устройства, близкие по типу и режиму работы. Мощные электрические устройства достаточной мощности, рассчитанные на напряжение 380 В, питаются отдельными линиями.

Для упрощения расчета возможно опциональное объединение однотипного оборудования с одинаковыми коэффициентами мощности по территориальному принципу.

Таблица 1.1 – Основные технические показатели электроприемников

№ по плану	Оборудование	Напряжение U, В	Мощность, P, кВт	cosφ
Подвал				
1	Каток гладильный	380	3,8	0,7
2	Гладильная машина	380	3,6	0,7
3	Машина сушильная	380	15	0,7
4	Машина стиральная-отжимная	380	12,7	0,7
5	Машина стиральная бытовая	220	1,33	0,7
6	Бактерицидный облучатель	220	0,15	0,7
7	Электрическая каменка	380	11	0,7
8	Персональный компьютер	220	0,5	0,7
9	Вертикальная подъёмная платформа для инвалидов	220	0,55	0,7
10	Фен	220	2	0,65
11	Слайсер	220	0,145	0,7
12	Кипятильник электрический	380	2,2	0,65
13	Шкаф холодильный среднетемпературный	220	0,45	0,65
14	Машина стиральная-отжимная	380	3,8	0,7

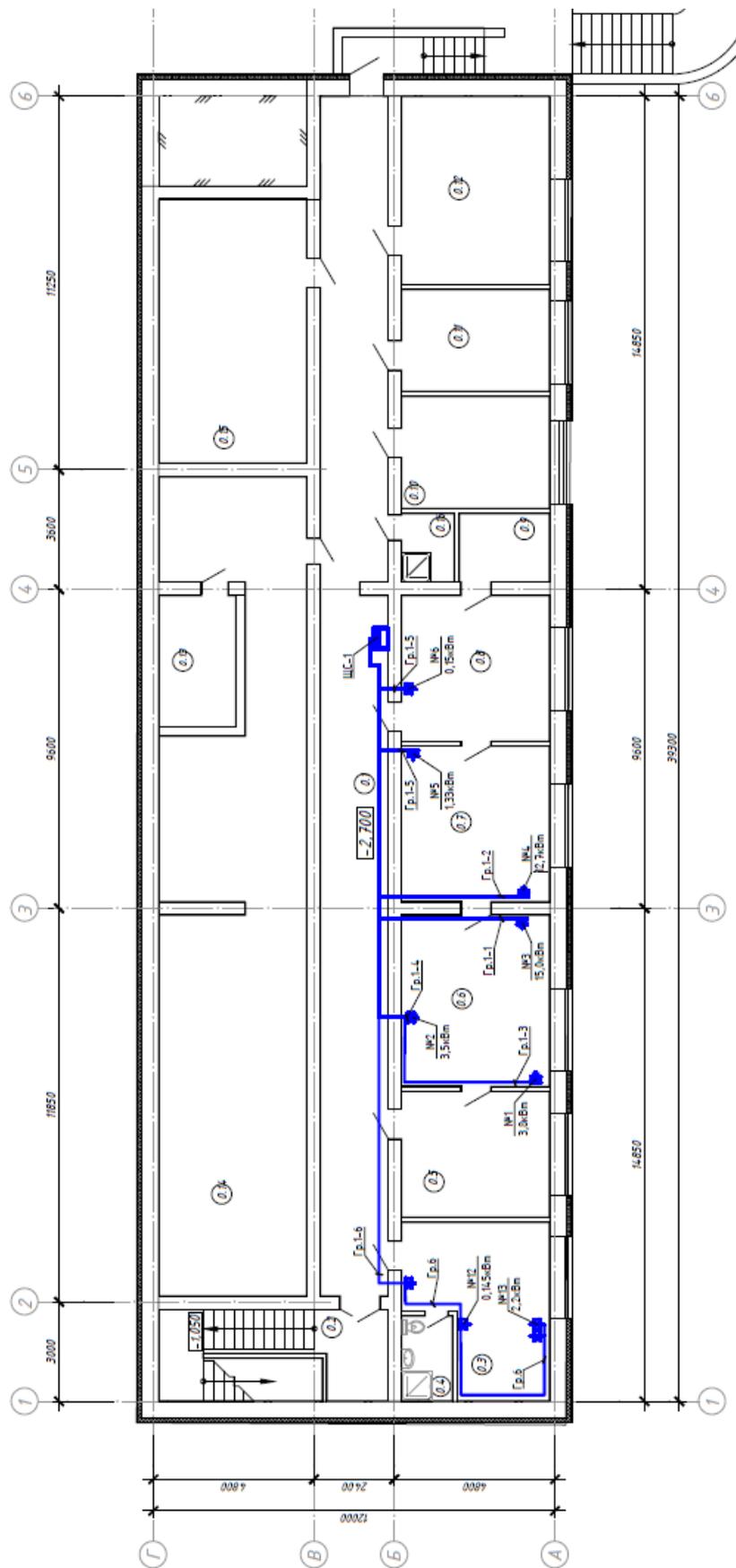


Рисунок 1.2 – Положение объектов нагрузки на плане подвала

Таблица 1.2 – Экспликация помещений

№ п/п	Наименование помещения	S, м ²
	Подвал	393,2
0.1	Коридор	72,2
0.2	Лестничная клетка	17,9
0-3	Комната персонала	19,2
0-4	Санузел	3,8
0-5	Кладовая чистого белья	16,6
0-6	Сушильно-гладильный цех	22,6
0-7	Стиральный цех	20,6
0-8	Помещение приёма и сортировки белья	19,2
0-9	Кладовая	5,5
0-10	Техническое помещение	14,8
0-11	Электрощитовая	13,5
0-12	Техническое помещение	24,8
0-13	Техническое помещение	9,0
0-14	Техническое помещение	95,4
0-15	Техническое помещение	34,9
0-16	Помещение уборочного инвентаря	3,2
	Первый этаж	435,4
1-1	Коридор	72,6
1-2	Лестничная клетка	23,3
1-3	Лестничная клетка	17,9
1-4	Коридор	2,8
1-5	Кабинет администратора	8,9
1-6	Туалет	1,2
1-7	Коридор	4,2
1-8	Жилая комната	12,1
1-9	Санузел	4,8
1-10	Коридор	2,7
1-11	Жилая комната	10,3
1-12	Санузел	2,8
1-13	Коридор	4,2
1-14	Жилая комната	14,4
1-15	Санузел	3,7
1-16	Коридор	5,6
1-17	Жилая комната	9,6
1-18	Санузел	3,5
1-19	Коридор	3,5
1-20	Жилая комната	13,1
1-21	Санузел	3,8
1-22	Коридор	2,7
1-23	Жилая комната	10,5
1-24	Санузел	3,0
1-25	Коридор	4,3

Продолжение таблицы 1.2

1-26	Жилая комната	14,8
1-27	Санузел	3,8
1-28	Коридор	4,9
1-29	Жилая комната	15,8
1-30	Санузел	3,8
1-31	Коридор	4,1
1-32	Жилая комната	14,6
1-33	Санузел	3,8
1-34	Коридор	4,0
1-35	Жилая комната	23,5
1-36	Санузел	4,8
1-37	Коридор	4,0
1-38	Бельевая	11,0
1-39	Помещение уборочного инвентаря	3,3
1-40	Коридор	2,2
1-41	Раздевальная	8,7
1-42	Команат отдыха	23,8
1-43	Помещение бассейна	28,8
1-44	Камера сухого жара	5,5
1-45	Электрощитовая	1,2
1-46	Туалет	2,0
1-47	Душевая	1,6
	Второй этаж	356,0
2-1	Коридор	2,5
2-2	Лестничная клетка	2,5
2-3	Лестничная клетка	20,0
2-4	Коридор	3,9
2-5	Жилая комната	14,1
2-6	Санузел	3,8
2-7	Коридор	2,9
2-8	Жилая комната	10,6
2-9	Санузел	2,7
2-10	Коридор	4
2-11	Жилая комната	13,92
2-12	Санузел	3,6
2-13	Коридор	3,46
2-14	Жилая комната	13
2-15	Санузел	3,74
2-16	Коридор	4,29
2-17	Жилая комната	18,82
2-18	Санузел	3,81
2-19	Коридор	4,88
2-20	Жилая комната	15,81
2-21	Санузел	3,77

Окончание таблицы 1.2

2-22	Коридор	4,11
2-23	Жилая комната	14,58
2-24	Санузел	3,81
2-25	Коридор	15,9
2-26	Жилая комната	18,53
2-27	Санузел	4,62
2-28	Коридор	14,82
2-29	Жилая комната	18,12
2-30	Санузел	4,35
2-31	Коридор	3,92
2-32	Жилая комната	12,49
2-33	Санузел	2,96
2-34	Коридор	5,62
2-35	Жилая комната	8,41
2-36	Жилая комната	8,14
2-37	Санузел	3,72
2-38	Комната отдыха	39,39
2-39	Коридор	2,84
2-40	Помещение уборочного инвентаря	10,6
2-41	Бельевая	2,95
	Третий этаж	149,34
3-1	Лестничная клетка	18,49
3-2	Коридор	27,21
3-3	Коридор	3,37
3-4	Жилая комната	11,4
3-5	Санузел	3,09
3-6	Коридор	3,29
3-7	Жилая комната	11,56
3-8	Санузел	3,64
3-9	Коридор	5,43
3-10	Кухня	10,25
3-11	Жилая комната	11,75
3-12	Санузел	2,77
3-13	Коридор	5,61
3-14	Кухня	9,91
3-15	Жилая комната	18,7
3-16	Санузел	2,87
	ИТОГО	1333,9

2. Аналитическая часть

2.1 Светотехнический расчет системы освещения

В данном разделе описывается светотехнический расчет освещения здания корпуса №2 базы отдыха на Озеро Белё (квартал 1, участок 3). В первую очередь, произведем вычисления методом коэффициента использования потока [3, 6, 23].

Расчитаем количество светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{л} \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

где E_{\min} – минимальная нормированная освещенность, Лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (2.2)$$

где A , B , h - длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

Отметим, что помещений, требующих применения особых норм, нет, поэтому пути эвакуации обозначены соответствующим знаком. Рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 256.1325800.2016 [14] и СП 52.13330.2016 [15] с учетом ГОСТ Р 55710-2013 [1].

Светодиодные (LED) лампы имеют достоинства:

- долгий срок службы (до 50 000 часов);
- широкий диапазон световых потоков и цветовых температур.

В подсобных помещениях рекомендуется устанавливать светодиодные светильники АОТ с опаловым рассеивателем со степенью защиты IP-54; в ванных комнатах в зависимости от класса их защиты также допустимо применение светильников этого типа [25]. Для рабочих зон используются светодиодные светильники Industrial Arctic. Мощность этой лампы 33 Вт, световой поток 3700 лм.



Рисунок 2.1 – Светодиодный светильник АОТ с опаловым рассеивателем

Данные, необходимые для расчетов, показаны в таблице 1.1 и на рисунке 1.2. Создадим формулы для расчета освещения и поместим результаты в

Таблицу 2.1. Расположение осветительных приборов показано на рисунке 2.3 на плане корпуса № 2 Дома отдыха на Белом озере.

Мощность освещения:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}, \quad (2.1)$$

где активная мощность:

$$P_{\text{осв}} = N \cdot P_{\text{ном}} \cdot K_c \cdot K_{\text{пра}}, \quad (2.2)$$

где N – количество ламп;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность светильника, кВт;

K_c – коэффициент спроса, принимается 1,0 [3]

$K_{\text{пра}}$ – коэффициент пускорегулирующей аппаратуры, для светодиодных ламп

$$K_{\text{пра(СЛ)}} = 1,0$$

Реактивная нагрузка осветительной сети:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \text{tg} \varphi, \quad (2.3)$$

где коэффициент мощности: для светодиодных ламп $\cos \varphi_{\text{СЛ}} = 0,95$.

В таблицу 2.3 для вычисления мощности подставляем конечное количество светильников ($N_{\text{фак}}$) из таблицы 2.2.

Таблица 2.1 – Расчет количества светильников в помещениях корпуса №2 базы отдыха на Озеро Белё

№ помещ	Наименование	Ен, лк	A	B	h	i	F, м2	Кзап	Z	η, о.е.	Φ, Лм	N	Число светильников в ряду	Число рядов	Nфакт, шт
Подвал															
1	Коридор	200	8,5	8,5	3	1,42	72,2	2,76	1	0,11	3700	4	2	1	6
2	Лестничная клетка	100	4,2	4,2	3	0,71	17,9	1,25	1	0,12	3700	1	2	1	2
3	Комната персонала	300	4,4	4,4	3	0,73	19,2	1,25	1	0,55	3700	3	4	1	8
4	Санузел	300	2,0	2,0	3	0,33	3,8	1,25	1	0,23	3700	1	2	1	4
5	Кладовая чистого белья	300	4,1	4,1	3	0,68	16,6	1,25	1	0,25	3700	1	2	1	2
7	Сушильно-гладильный цех	500	4,8	4,8	3	0,79	22,6	1,25	1	0,1	3700	1	1	1	1
8	Стиральный цех	100	4,5	4,5	3	0,76	20,6	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1
9	Помещение приёма сортировки белья	300	4,4	4,4	3	0,73	19,2	1,25	1	0,2	3700	1	2	1	4
10	Кладовая	300	2,3	2,3	3	0,39	5,5	1,25	1	0,12	3700	1	3	1	3
11	Техническое помещение	300	3,8	3,8	3	0,64	14,8	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
12	Электрощитовая	300	3,7	3,7	3	0,61	13,5	1,25	1	0,1	3700	1	1	1	1
13	Техническое помещение	500	5,0	5,0	3	0,83	24,8	1,25	1	0,12	3700	2	1	1	1
14	Техническое помещение	200	3,0	3,0	3	0,50	9,0	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1
15	Техническое помещение	200	9,8	9,8	3	1,63	95,4	1,25	1	0,14	3700	3	2	1	2
16	Техническое помещение	200	5,9	5,9	3	0,98	34,9	1,25	1	0,13	3700	1	1	1	1

Продолжение таблицы 2.2

		1 этаж													
17	Коридор	200	8,5	8,5	3	1,42	72,6	1,25	1	0,55	3700	8	5	1	15
18	Лестничная клетка	400	4,8	4,8	3	0,80	23,3	1,25	1	0,18	3700	2	2	1	4
19	Лестничная клетка	400	4,2	4,2	3	0,71	17,9	1,25	1	0,18	3700	1	2	1	4
20	Коридор	200	1,7	1,7	3	0,28	2,8	1,25	1	0,31	3700	1	2	1	4
21	Кабинет администратора	200	3,0	3,0	3	0,50	8,9	1,25	1	0,15	3700	1	2	1	2
22	Туалет	200	1,1	1,1	3	0,18	1,2	1,25	1	0,5	3700	1	3	1	6
23	Коридор	200	2,0	2,0	3	0,34	4,2	1,25	1	0,19	3700	1	3	1	3
24	Жилая комната	500	3,5	3,5	3	0,58	12,1	1,25	1	0,46	3700	3	4	1	12
25	Санузел	300	2,2	2,2	3	0,37	4,8	1,25	1	0,1	3700	1	1	1	1
26	Коридор	300	1,6	1,6	3	0,27	2,7	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1
27	Жилая комната	300	3,2	3,2	3	0,53	10,3	1,25	1	0,2	3700	1	2	1	4
28	Санузел	400	1,7	1,7	3	0,28	2,8	1,25	1	0,12	3700	1	3	1	3
29	Коридор	400	2,0	2,0	3	0,34	4,2	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
30	Жилая комната	300	3,8	3,8	3	0,63	14,4	1,25	1	0,1	3700	1	1	1	1
31	Санузел	300	1,9	1,9	3	0,32	3,7	1,25	1	0,12	3700	1	1	1	1
32	Коридор	400	2,4	2,4	3	0,39	5,6	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1
33	Жилая комната	400	3,1	3,1	3	0,52	9,6	1,25	1	0,14	3700	1	2	1	2
34	Санузел	400	1,9	1,9	3	0,31	3,5	1,25	1	0,13	3700	1	1	1	1
35	Коридор	400	1,9	1,9	3	0,31	3,5	1,25	1	0,3	3700	1	4	1	8
36	Жилая комната	300	3,6	3,6	3	0,60	13,1	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1
37	Санузел	300	1,9	1,9	3	0,32	3,8	1,25	1	0,14	3700	1	2	1	2
38	Коридор	300	1,6	1,6	3	0,27	2,7	1,25	1	0,13	3700	1	1	1	1
39	Жилая комната	300	3,2	3,2	3	0,54	10,5	1,25	1	0,13	3700	1	1	1	1

Продолжение таблицы 2.2

40	Санузел	200	1,7	1,7	3	0,29	3,0	1,25	1	0,18	3700	1	2	1	4
41	Коридор	200	2,1	2,1	3	0,35	4,3	1,25	1	0,18	3700	1	2	1	4
42	Жилая комната	500	3,8	3,8	3	0,64	14,8	1,25	1	0,31	3700	2	2	1	4
43	Санузел	500	2,0	2,0	3	0,33	3,8	1,25	1	0,15	3700	1	2	1	2
44	Коридор	500	2,2	2,2	3	0,37	4,9	1,25	1	0,5	3700	1	3	1	6
45	Жилая комната	500	4,0	4,0	3	0,66	15,8	1,25	1	0,19	3700	2	3	1	3
46	Санузел	300	2,0	2,0	3	0,33	3,8	1,25	1	0,46	3700	1	4	1	12
47	Коридор	300	2,0	2,0	3	0,34	4,1	1,25	1	0,1	3700	1	1	1	1
48	Жилая комната	400	3,8	3,8	3	0,64	14,6	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1
49	Санузел		2,0	2,0	3	0,33	3,8	1,25	1	0,2	3700	1	2	1	4
50	Коридор	300	2,0	2,0	3	0,33	4,0	1,25	1	0,12	3700	1	3	1	3
51	Жилая комната	300	4,8	4,8	3	0,81	23,5	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
52	Санузел	200	2,2	2,2	3	0,37	4,8	1,25	1	0,14	3700	1	2	1	2
	Коридор	200	2,0	2,0	3	0,33	4,0	1,25	1	0,14	3700	1	2	1	2
53	Бельевая	500	3,3	3,3	3	0,55	11,0	1,25	1	0,18	3700	1	2	1	4
54	Помещение уборочного инвентаря	200	1,8	1,8	3	0,30	3,3	1,25	1	0,18	3700	1	2	1	4
55	Коридор	300	1,5	1,5	3	0,25	2,2	1,25	1	0,31	3700	1	2	1	4
56	Раздевальная	300	2,9	2,9	3	0,49	8,7	1,25	1	0,15	3700	1	2	1	2
57	Команат отдыха	200	4,9	4,9	3	0,81	23,8	1,25	1	0,5	3700	2	3	1	6
58	Помещение бассейна	300	5,4	5,4	3	0,89	28,8	1,25	1	0,19	3700	2	3	1	3
59	Камера сухого жара	200	2,3	2,3	3	0,39	5,5	1,25	1	0,46	3700	1	4	1	12
60	Электрощитовая	200	1,1	1,1	3	0,18	1,2	1,25	1	0,1	3700	1	1	1	1
61	Туалет	300	1,4	1,4	3	0,24	2,0	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1

Продолжение таблицы 2.2

62	Душевая	300	1,3	1,3	3	0,21	1,6	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1
2 этаж															
63	Коридор	300	1,6	1,6	3	0,26	2,5	1,25	1	0,14	3700	1	2	1	2
64	Лестничная клетка	200	1,6	1,6	3	0,26	2,5	1,25	1	0,13	3700	1	1	1	1
65	Лестничная клетка	200	4,5	4,5	3	0,75	20,0	1,25	1	0,3	3700	1	4	1	8
66	Коридор	200	2,0	2,0	3	0,33	3,9	1,25	1	0,11	3700	1	1	1	1
67	Жилая комната	200	3,8	3,8	3	0,63	14,1	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
68	Санузел	200	1,9	1,9	3	0,32	3,8	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
69	Коридор	200	1,7	1,7	3	0,29	2,9	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
70	Жилая комната	200	3,3	3,3	3	0,54	10,6	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
71	Санузел	200	1,7	1,7	3	0,28	2,7	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
72	Коридор	200	2,0	2,0	3	0,33	4	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
73	Жилая комната	200	3,7	3,7	3	0,62	13,92	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
74	Санузел	200	1,9	1,9	3	0,32	3,6	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
75	Коридор	200	1,9	1,9	3	0,31	3,46	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
76	Жилая комната	200	3,6	3,6	3	0,60	13	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
77	Санузел	200	1,9	1,9	3	0,32	3,74	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
78	Коридор	200	2,1	2,1	3	0,35	4,29	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
79	Жилая комната	200	4,3	4,3	3	0,72	18,82	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
80	Санузел	200	2,0	2,0	3	0,33	3,81	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
81	Коридор	200	2,2	2,2	3	0,37	4,88	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
82	Жилая комната	200	4,0	4,0	3	0,66	15,81	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
83	Санузел	200	1,9	1,9	3	0,32	3,77	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
84	Коридор	200	2,0	2,0	3	0,34	4,11	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3

Продолжение таблицы 2.2

93	Коридор	200	2,0	2,0	3	0,33	3,92	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
94	Жилая комната	200	3,5	3,5	3	0,59	12,49	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
95	Санузел	200	1,7	1,7	3	0,29	2,96	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
96	Коридор	200	2,4	2,4	3	0,40	5,62	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
97	Жилая комната	200	2,9	2,9	3	0,48	8,41	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
98	Жилая комната	200	2,9	2,9	3	0,48	8,14	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
99	Санузел	200	1,9	1,9	3	0,32	3,72	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
100	Комната отдыха	200	6,3	6,3	3	1,05	39,39	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
101	Коридор	200	1,7	1,7	3	0,28	2,84	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
102	Помещение уборочного инвентаря	200	3,3	3,3	3	0,54	10,6	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
103	Бельевая	200	1,7	1,7	3	0,29	2,95	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
3 этаж															
105	Лестничная клетка	200	4,3	4,3	3	0,72	18,49	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
106	Коридор	200	5,2	5,2	3	0,87	27,21	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
107	Коридор	200	1,8	1,8	3	0,31	3,37	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
108	Жилая комната	200	3,4	3,4	3	0,56	11,4	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
109	Санузел	200	1,8	1,8	3	0,29	3,09	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
110	Коридор	200	1,8	1,8	3	0,30	3,29	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
111	Жилая комната	200	3,4	3,4	3	0,57	11,56	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
112	Санузел	200	1,9	1,9	3	0,32	3,64	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
113	Коридор	200	2,3	2,3	3	0,39	5,43	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
114	Кухня	200	3,2	3,2	3	0,53	10,25	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
115	Жилая комната	200	3,4	3,4	3	0,57	11,75	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3

Окончание таблицы 2.2

116	Санузел	200	1,7	1,7	3	0,28	2,77	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
117	Коридор	200	2,4	2,4	3	0,39	5,61	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
118	Кухня	200	3,1	3,1	3	0,52	9,91	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
119	Жилая комната	200	4,3	4,3	3	0,72	18,7	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3
120	Санузел	200	1,7	1,7	3	0,28	2,87	1,25	1	0,14	3700	1	3	1	3

Таблица 2.3 – Показания для осветительных установок в здании корпуса №2
 базы отдыха на Озеро Белё

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном},$ кВт	K_c	$K_{пра}$	$P_{осв},$ кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$Q_{осв},$ кВт	$S_{осв},$ кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Коридор	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
2	Лестничная клетка	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
3	Комната персонала	8	0,034	1	1	0,272	0,96	0,29	0,07888	0,2832
4	Санузел	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
5	Кладовая чистого белья	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
7	Сушильно-гладильный цех	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
8	Стиральный цех	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
9	Помещение приёма и сортировки белья	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
10	Кладовая	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
11	Техническое помещение	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
12	Электрощитовая	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
13	Техническое помещение	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
14	Техническое помещение	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
15	Техническое помещение	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
16	Техническое помещение	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
17	Коридор	8	0,034	1	1	0,272	0,96	0,29	0,07888	0,2832
18	Лестничная клетка	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
19	Лестничная клетка	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
20	Коридор	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
21	Кабинет администратора	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
22	Туалет	6	0,034	1	1	0,204	0,96	0,29	0,05916	0,2124
23	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
24	Жилая комната	12	0,034	1	1	0,408	0,96	0,29	0,11832	0,4248
25	Санузел	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
26	Коридор	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
27	Жилая комната	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416

Продолжение таблицы 2.3

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном},$ кВт	K_c	$K_{ГПА}$	$P_{осв},$ кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$Q_{осв},$ кВт	$S_{осв},$ кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
28	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
29	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
30	Жилая комната	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
31	Санузел	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
32	Коридор	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
33	Жилая комната	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
34	Санузел	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
35	Коридор	8	0,034	1	1	0,272	0,96	0,29	0,07888	0,2832
36	Жилая комната	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
37	Санузел	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
38	Коридор	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
39	Жилая комната	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
40	Санузел	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
41	Коридор	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
42	Жилая комната	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
43	Санузел	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
44	Коридор	6	0,034	1	1	0,204	0,96	0,29	0,05916	0,2124
45	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
46	Санузел	12	0,034	1	1	0,408	0,96	0,29	0,11832	0,4248
47	Коридор	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
48	Жилая комната	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
49	Санузел	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
50	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
51	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
52	Санузел	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
52	Коридор	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
53	Бельевая	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
54	Помещение уборочного инвентаря	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
55	Коридор	4	0,034	1	1	0,136	0,96	0,29	0,03944	0,1416
56	Раздевальная	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
57	Команат отдыха	6	0,034	1	1	0,204	0,96	0,29	0,05916	0,2124
58	Помещение бассейна	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
59	Камера сухого жара	12	0,034	1	1	0,408	0,96	0,29	0,11832	0,4248
60	Электрощитовая	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
61	Туалет	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354

Продолжение таблицы 2.3

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном},$ кВт	K_c	$K_{ГПА}$	$P_{осв},$ кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$Q_{осв},$ кВт	$S_{осв},$ кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
62	Душевая	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
63	Коридор	2	0,034	1	1	0,068	0,96	0,29	0,01972	0,0708
64	Лестничная клетка	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
65	Лестничная клетка	8	0,034	1	1	0,272	0,96	0,29	0,07888	0,2832
66	Коридор	1	0,034	1	1	0,034	0,96	0,29	0,00986	0,0354
67	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
68	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
69	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
70	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
71	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
72	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
73	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
74	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
75	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
76	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
77	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
78	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
79	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
80	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
81	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
82	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
83	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
84	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
85	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
86	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
87	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
88	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
89	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
90	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
91	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
92	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
93	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
94	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
95	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
96	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
97	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
98	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062

Окончание таблицы 2.3

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном},$ кВт	K_c	$K_{ГПА}$	$P_{осв},$ кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$Q_{осв},$ кВт	$S_{осв},$ кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
99	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
100	Комната отдыха	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
101	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
102	Помещение уборочного инвентаря	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
103	Бельевая	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
105	Лестничная клетка	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
106	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
107	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
108	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
109	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
110	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
111	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
112	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
113	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
114	Кухня	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
115	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
116	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
117	Коридор	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
118	Кухня	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
119	Жилая комната	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062
120	Санузел	3	0,034	1	1	0,102	0,96	0,29	0,02958	0,1062

На рисунке 2.2 представлена получившаяся схема размещения светильников на плане здания корпуса №2 базы отдыха на Озеро Белё.

2.2 Электротехнический расчет системы освещения

Электрический расчет системы освещения корпуса № 2 базы отдыха «Бело-озеро» должен быть выполнен с целью выбора осветительного щита, его силового кабеля и кабелей отходящих от щита групп. В данном проекте рассматривается возможность размещения групп освещения в силовых щитах. Параметры и названия групп приведены в таблице 2.4.

Рассчитаем потери напряжения следующим образом:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S}, \quad (2.3)$$

где M – момент нагрузки;

Рассчитаем осветительные установки в линии от ВРУ.

Момент нагрузки равен:

$$M = L \cdot P_{p0} \quad (2.4)$$

где L – расстояния от ЩО до ВРУ;

$P_{p.0}$ - расчетная нагрузка освещения.

$$M = 9 \cdot 7,208 = 64,87 \text{ кВт}\cdot\text{м.}$$

Потери напряжения в кабеле питающем щит:

$$\Delta U = \frac{64,87}{72 \cdot 1,5} = 0,6\% .$$

Осветительная нагрузка и её распределение осуществляется по такому принципу, что каждая из 13-ти линий со светильниками может находиться на какой-то одной фазе из трех.

Расчетный ток по соответствующей части нагрузки щита составит:

$$I_{P_{ЩО}} = \frac{P_{освЩО}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0,95} = \frac{7,208 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 11,41 \text{ А.}$$

Возьмём кабель типа ВВГнг-LS 3х1,5 с сечением основной жилы $s = 1,5$ мм² и допустимым током 18 А для питания щита.

Рассчитаем максимальный момент для одной фазы:

$$M_P = P_{CB} \cdot N_{CB,p} \cdot \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right), \quad (2.5)$$

где $N_{CB,p}$ - число светильников в одном ряду;

P_{CB} - мощность одного светильника;

L_1 - длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

L_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

Момент ряда, если расстояние между светильниками одинаково

$$M_P = P_{CB} \cdot \left(l_0 n + \frac{n}{2} l_p \right), \quad (2.6)$$

где l_0 – расстояние до первого светильника ряда;

l_p – расстояние между светильниками в ряду.

В таблице 2.4 на основании приведенной методики произведем расчет моментов, а также произведем распределение групп освещения по фазам, добиваясь равномерности распределения соответственно по фазам А, В и С, стремясь к равенству моментов фаз.

Таблица 2.4 – Расчет моментов нагрузки для групповых линий освещения

Линия	L0, м	L1, м	N, шт	Pсв, кВт	M, кВт*м	Kс	S, мм2	дU, %	Pгр, кВт	Iгр, А	MА, кВт.м	MВ, кВт.м	MС, кВт.м
гр. 1.7	0,96	1,9	18	0,034	3,03	12	1,5	0,17	0,2	0,96	3,03		
гр. 1.8	1,4	1,9	17	0,034	3,44	12	1,5	0,19	0,26	1,24		3,44	
гр. 1.9	1,44	1,9	17	0,034	4,6	12	1,5	0,26	0,18	0,86		4,6	
гр. 1.10	0,62	1,9	16	0,034	5,41	12	1,5	0,3	0,13	1,44	5,41		
гр. 1.11	1,1	1,9	16	0,034	6,5	12	1,5	0,36	0,18	0,62		6,5	
гр. 2.14	1,72	1,9	16	0,034	7,59	12	1,5	0,42	0,36	1,72			7,59
гр. 2.15	1,72	1,9	16	0,034	8,68	12	1,5	0,48	0,36	1,72	8,68		
гр. 2.16	1,72	2,2	10	0,034	16,01	12	1,5	0,89	0,36	1,72	16,01		
гр. 2.17	1,72	1,5	12	0,034	6,02	12	1,5	0,33	0,28	1,34			6,02
гр. 2.18	1,72	2	15	0,034	3,57	12	1,5	0,2	0,26	1,24			3,57
гр. 2.19	1,92	1,8	20	0,034	15,57	12	1,5	0,87	0,4	1,91		15,57	
гр. 2.20	1,72	1,5	18	0,034	8,42	12	1,5	0,47	0,36	1,72			8,42
гр. 2.21	0,48	1,8	20	0,034	6,73	12	1,5	0,37	0,1	0,48			6,73
гр. 3.13	0,28	1,9	17	0,034	4,6	12	1,5	0,26	0,28	1,34		4,6	
гр. 3.14	0,38	1,9	16	0,034	8,68	12	1,5	0,48	0,38	1,82	8,68		
гр. 3.15	0,53	2,2	10	0,034	16,01	12	1,5	0,89	0,53	2,54	16,01		
гр. 3.16	0,44	1,5	12	0,034	6,02	12	1,5	0,33	0,44	2,1			6,02
гр. 3.17	0,36	2	15	0,034	3,57	12	1,5	0,2	0,36	1,72			3,57
гр. 3.18	0,36	1,8	20	0,034	15,57	12	1,5	0,87	0,36	1,72		15,57	
гр. 4.5	1,87	1,5	18	0,034	8,42	12	1,5	0,47	0,39	1,87			8,42
гр. 4.6	2,49	1,8	20	0,034	6,73	12	1,5	0,37	0,52	2,49			6,73

2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок распределительных щитов и этажных щитков

2.3.1 Расчет электрических нагрузок отдельных электроприемников (первый уровень).

Для нахождения значения номинального тока каждого энергоприемника, созданного на первом уровне, необходимо по известной номинальной мощности энергоприемника определить полную мощность энергоприемника. Только те электроприемники, которые представлены моторной нагрузкой, имеют пусковой ток. Остальные электроприемники имеют такой же пусковой ток, как и работающий приемник.

Сделаем расчет для нагрузки катка на примере:

$P = 3,8 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,7; U = 380 \text{ В}; K_{п} = 2$ (кратность пускового тока).

Полная мощность:

$$S = P / \cos\varphi, \text{ кВА.} \quad (2.8)$$

$$S = 3,8 / 0,7 = 5,42 \text{ кВА.}$$

Рабочий ток (трехфазный электроприемник, а для однофазных электроприемников $\sqrt{3}$ в знаменателе будет отсутствовать):

$$I_p = S / (\sqrt{3} \cdot U), \text{ А.} \quad (2.9)$$

$$I_p = 3,8 / (\sqrt{3} \cdot 380) \cdot 10^3 = 5,7 \text{ А.}$$

Пусковой ток:

$$I_{п} = I_p \cdot K_{п}, \text{ А,} \quad (2.10)$$

$$I_{п} = 5,7 \cdot 2 = 11,4 \text{ А.}$$

Расчеты для других отдельных ЭП аналогичны и показаны в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Расчет электрических нагрузок отдельных электроприемников (первый уровень)

№ по плану	Оборудование	$P_{ном},$ кВт	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_{p1},$ кВт	$Q_{p1},$ кВар	$S_p,$ кВА	$I_p,$ А	$I_{пуск},$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Каток гладильный	3,8	0,7	$\frac{1,0}{2}$	3,8	3,88	5,43	5,7	11,4
2	Гладильная машина	3,6	0,7	$\frac{1,0}{2}$	3,6	3,67	5,14	5,5	11,0
3	Машина сушильная	15	0,7	$\frac{1,0}{2}$	15	15,30	21,43	22,8	45,6
4	Машина стиральная-отжимная	12,7	0,7	$\frac{1,0}{2}$	12,7	12,96	18,14	19,3	38,6
5	Машина стиральная бытовая	1,33	0,7	$\frac{1,0}{2}$	1,33	1,36	1,90	2,0	4,0
6	Бактерицидный облучатель	0,15	0,7	$\frac{1,0}{2}$	0,15	0,15	0,21	0,2	0,5
7	Электрическая каменка	11	0,7	$\frac{1,0}{2}$	11	11,22	15,71	16,7	33,5
8	Персональный компьютер	0,5	0,7	$\frac{1,0}{2}$	0,5	0,51	0,71	0,8	1,5
9	Вертикальная подъёмная платформа для инвалидов	0,55	0,7	$\frac{1,0}{2}$	0,55	0,56	0,79	0,8	1,7
10	Фен	2	0,65	$\frac{1,1}{7}$	2	2,34	3,08	3,0	6,1
11	Слайсер	0,145	0,7	$\frac{1,0}{2}$	0,145	0,15	0,21	0,2	0,4
12	Кипятильник электрический	2,2	0,65	$\frac{1,1}{7}$	2,2	2,57	3,38	3,3	6,7
13	Шкаф холодильный среднетемпературный	0,45	0,65	$\frac{1,1}{7}$	0,45	0,53	0,69	0,7	1,4
14	Машина стиральная-отжимная	3,8	0,7	$\frac{1,0}{2}$	3,8	3,88	5,43	5,8	11,6

2.3.2 Расчет электрических нагрузок силовых пунктов (второй уровень)

Для уменьшения разветвленности сети электроснабжения корпуса №2 базы отдыха на Озеро Белё, целесообразно объединить в группы, схожее по типу и режиму работы оборудование.

План подключения силовой нагрузки в корпусе базы отдыха на Озеро Белё, представлен на рисунке 2.3.

Проведём вычисления на основе методики с применением коэффициента спроса [14]:

$$P_{рас} = K_c \cdot P_{\Sigma_{уст.}} \cdot B, \quad (2.11)$$

где K_c определяется по [14, табл.7.9].

Например, для группы с 1.6 расчеты будут выглядеть следующим образом:

ЭП №13, 14, 15 $P = 19,05$ кВт; $\cos\varphi = 0,65$; $U = 220$ В.

Определим сумму мощностей:

$$P_{\text{сумм}} = P_{13} + P_{14} + P_{15} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{сумм}} = 6.5 + 12.0 + 0.55 = 19.05 \text{ Вт}$$

$$K_c = 0.9.$$

Определим расчетную мощность:

$$P_{\text{рас}} = 0.9 + 19.05 = 18.05 \text{ кВт}.$$

Определим полную мощность и ток по формулам (2.9) и (2.10):

$$S_p = 18.4 / 0.9 = 20.44 \text{ кВА};$$

$$I_p = 6.0 \cdot 10^3 / 220 = 82 \text{ А}.$$

Таблицы 2.8 - Расчет электрических нагрузок отдельных электроприемников (второй уровень)

№ группы ЦС	№ ЭП	Количество ЭП n, шт	P, кВт	cosφ	Kc	Pp, кВт	Sp, кВА	Ip, А
ЩС-1								
Группа 1.1	3	1	15	0,85	0,9	12,75	15	28,5
Группа 1.2	4	1	12,7	0,85	0,9	10,795	12,7	24,1
Группа 1.3	1	1	3,8	0,85	0,9	3,23	3,8	6,08
Группа 1.4	2	1	3,5	0,85	0,9	2,975	3,5	5,59
Группа 1.5	5, 6	2	1,48	0,85	0,9	1,258	1,48	7,08
Группа 1.6	12, 13	2	2,35	0,85	0,9	1,9975	2,35	11,24
Группа 1.7	Освещение	1	0,2	0,7	0,9	0,14	0,2	0,96
Группа 1.8	Освещение	1	0,26	0,7	0,9	0,182	0,26	1,24
Группа 1.9	Освещение	1	0,18	0,7	0,9	0,126	0,18	0,86
Группа 1.10	Освещение	1	0,13	0,7	0,9	0,091	0,13	0,62
Группа 1.11	Освещение	1	2	0,7	0,9	1,4	2	9,57
Группа 1.12	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,2
Группа 1.13	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,2
Группа 1.14	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,57
Группа 1.15	Конвектор отопления		2	0,65	0,9	1,3	2	9,57
Группа 1.16	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,57
Группа 1.17	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,57

Продолжение таблицы 2.8

№ группы ЩС	№ ЭП	Количество ЭП n, шт	P, кВт	cosφ	K _c	P _p , кВт	S _p , кВА	I _p , А
Группа 1.17	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,57
Группа 1.18	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 1.19	Электрический водонагреватель	1	1,2	0,7	0,9	0,84	1,2	5,74
Группа 1.20	Насос канализационный	1	1,48	0,85	0,9	1,258	1,48	2,37
ЩС-2								
Группа 2.1	Бытовые розетки	2	2	0,85	0,9	1,7	2	9,57
Группа 2.2	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.3	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.4	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.5	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.6	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.7	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.8	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.9	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.10	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.11	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.12	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.13	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 2.14	Рабочее освещение	1	0,36	0,7	0,9	0,252	0,36	1,72
Группа 2.15	Рабочее освещение	1	0,36	0,7	0,9	0,252	0,36	1,72
Группа 2.16	Рабочее освещение	1	0,36	0,7	0,9	0,252	0,36	1,72
Группа 2.17	Рабочее освещение	1	0,28	0,7	0,9	0,196	0,28	1,34
Группа 2.18	Рабочее освещение	1	0,26	0,7	0,9	0,182	0,26	1,24
Группа 2.19	Рабочее освещение	1	0,4	0,7	0,9	0,28	0,4	1,91
Группа 2.20	Рабочее освещение	1	0,36	0,7	0,9	0,252	0,36	1,72
Группа 2.21	Рабочее освещение	1	0,1	0,7	0,9	0,07	0,1	0,48
Группа 2.22	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,57
Группа 2.23	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,57
Группа 2.24	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,2
Группа 2.25	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,2
Группа 2.26	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,57

Продолжение таблицы 2.8

№ группы ЩС	№ ЭП	Количество ЭП n, шт	P, кВт	cosφ	K _с	P _p , кВт	S _p , кВА	I _p , А
Группа 2.27	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,2
Группа 2.28	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,57
Группа 2.29	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 2.30	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 2.31	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 2.32	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 2.33	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 2.34	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
ЩС-3								
Группа 3.1	Бытовые розетки	1	2	0,85	0,9	1,7	2	9,57
Группа 3.2	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.3	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.4	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.5	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.6	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.7	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.8	Бытовые розетки	7	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.9	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.10	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.11	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.12	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 3.13	Рабочее освещение	1	0,28	0,7	0,9	0,196	0,28	1,34
Группа 3.14	Рабочее освещение	1	0,038	0,7	0,9	0,0266	0,038	1,82
Группа 3.15	Рабочее освещение	1	0,53	0,7	0,9	0,371	0,53	2,54
Группа 3.16	Рабочее освещение	1	0,44	0,7	0,9	0,308	0,44	2,1
Группа 3.17	Рабочее освещение	1	0,36	0,7	0,9	0,252	0,36	1,72
Группа 3.18	Рабочее освещение	1	0,36	0,7	0,9	0,252	0,36	1,72

Продолжение таблицы 2.8

№ группы ЩС	№ ЭП	Количество ЭП n, шт	P, кВт	cosφ	K _с	P _p , кВт	S _p , кВА	I _p , А
Группа 3.19	Конвектор отопления	1	2,5	0,65	0,9	1,625	2,5	11,96
Группа 3.20	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.21	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.22	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.23	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.24	Конвектор отопления	1	2,5	0,65	0,9	1,625	2,5	11,96
Группа 3.25	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.26	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.27	Конвектор отопления	7	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.28	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,17
Группа 3.29	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.30	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 3.31	Конвектор отопления	1	2	0,65	0,9	1,3	2	9,17
Группа 3.32	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 3.33	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 3.34	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 3.35	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 3.36	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 3.37	Электрический водонагреватель	1	1,2	0,7	0,9	0,84	1,2	5,74
ЩС-4								
Группа 4.1	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 4.2	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 4.3	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 4.4	Бытовые розетки	1	1	0,85	0,9	0,85	1	4,79
Группа 4.5	Рабочее освещение	1	0,4	0,7	0,9	0,28	0,4	1,87
Группа 4.6	Рабочее освещение	1	0,52	0,7	0,9	0,364	0,52	2,49
Группа 4.7	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18

Окончание таблицы 2.8

№ группы ЩС	№ ЭП	Количество ЭП n, шт	P, кВт	cosφ	K _C	P _p , кВт	S _p , кВА	I _p , А
Группа 4.8	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 4.9	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 4.10	Конвектор отопления	1	1,5	0,65	0,9	0,975	1,5	7,18
Группа 4.11	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5
Группа 4.12	Электрический водонагреватель	1	2,4	0,7	0,9	1,68	2,4	11,5

2.4 Расчет нагрузки потребителей I категории и выбор устройства АВР (или ИБП)

Потребители I категории – это группа электроприемников в которых отсутствие питания недопустимо, так как при его отсутствии создается опасность человеческой жизни.

Поэтому в данной группе включается бесперебойное питание от двух независимых источников, когда автоматическое переключение с одной шины на другую ведется в считанные доли секунд.

Таблица 2.9 – Расчет нагрузки потребителей I категории

Наименование	Марка	P, кВт
ДУ 1	Гр.Н-ДУ	18,5
ПДУ-1	Гр. Н-ПДУ	1,1
ЩАО	Гр.Н-ЩАО	0,82
ЩУН	Гр.Н2-ЩУН	3,0
Подъёмник №9	Гр.1.В	0,55
Подъёмник №1	Гр.1.В	0,55
	∑P, кВт	24,52

Потребители I категории распределены на отдельные ВРУ с ИБП.
 Выбираем ИБП Eaton 93E 30кВА (с счетчиком Меркурий 320 ART01) [3].

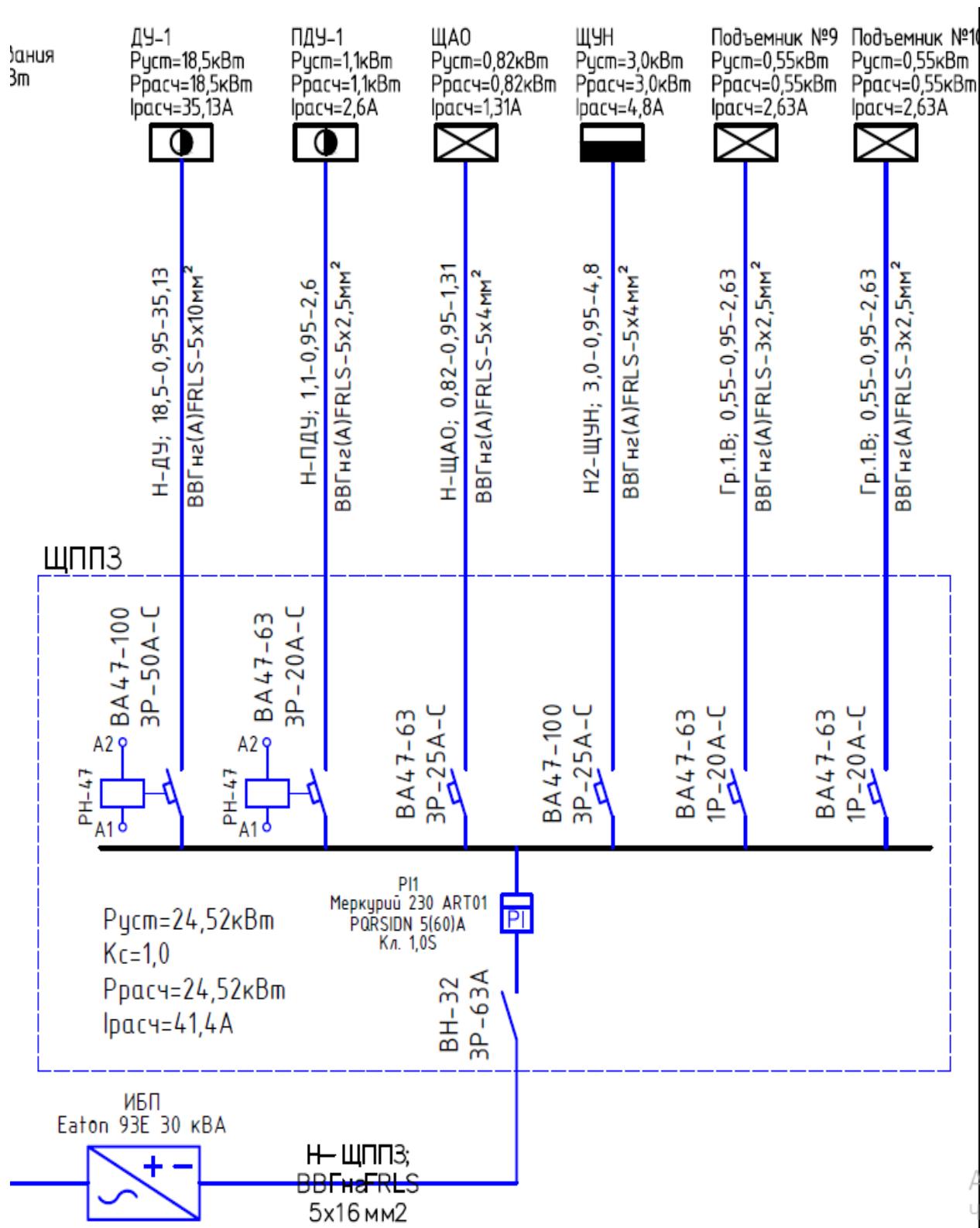


Рисунок 2.4 – Фрагмент однолинейной схемы, на которой представлено подключение элементов нагрузки с ИБП.

2.5 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам

По выбранному оборудованию, нагрузка распределится по фазам следующим образом:

Таблица 2.7– Распределение несимметричной электрической нагрузки этажных щитов

Линия	Ррасч, Вт	фаза
ЩС-1	66,2	А
ЩС-2	48,6	В
ЩС-3	56,03	С
ЩС-4	20,1	В

2.6 Расчет нагрузки ВРУ

Мощность всех приёмников корпуса №2 базы отдыха на Озеро Белё:

$$P_{зд} = K \cdot (P_{роз} + P_{осв} + P_{охл} + P_{тепл} + P_{проч} + P_{сил, пр. обор}) \text{ кВт}, \quad (2.13)$$

где $P_{роз}$.- мощности розеточных групп;

$P_{осв}$.- мощность осветительной нагрузки;

$P_{охл}$.- мощность холодильного и сантехнического оборудования (насосы);

$P_{тепл}$.- мощность тепловой нагрузки;

$P_{проч}$.- мощность прочей нагрузки.

Расчет осветительной нагрузки из таблицы 2.2:

$$P_{освет.нагр.} = P_{освет.} = 8,17 \text{ кВт}, \quad (2.14)$$

где $P_{освет.}$ – мощность осветительной нагрузки с учетом коэффициента спроса.

Расчет мощности розеточных групп:

$$P_{роз.гр} = P_{уд.р} \cdot n \cdot K_c = 0,06 \cdot 20 \cdot 0,4 = 31 \text{ кВт}, \quad (2.15)$$

где $P_{уд.р}$ – установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт;

n – число розеток.

$K_c = 0,4$ – расчетный коэффициент спроса, [14, табл.7.7].

Далее необходимо смотреть по таблице 1.1,

Расчет холодильного и сантехнического оборудования:

$$P_{\text{сил.охл.}} = P_{\text{хол.конд.}} \cdot K_c, \quad (2.16)$$

$$P_{\text{сил.охл.}} = 0,65 \cdot 0,55 = 0,33 \text{ кВт},$$

где $P_{\text{хол.конд.}}$ – суммарная мощность систем охлаждения.

$K_c = 0,55$ – расчетный коэффициент спроса, [14, табл.7.8].

Расчет теплового оборудования:

$$P_{\text{сил.тепл}} = P_{\text{тепл.}} \cdot K_c, \quad (2.15)$$

$$P_{\text{сил.тепл}} = 40,7 \cdot 0,55 = 22,38 \text{ кВт},$$

где $P_{\text{тепл.}}$ – суммарная мощность тепловой нагрузки.

$K_c = 0,5$ – расчетный коэффициент спроса, [14, табл.7.9].

К прочему оборудованию относятся фильтры, насосы, механические бытовые приборы, т.е. вся оставшаяся нагрузка:

$$P_{\text{сил.пр.обор.}} = P_{\text{пр.обор.}} \cdot K_c = 33,3 \cdot 0,55 = 18,32 \text{ кВт}, \quad (2.16)$$

где $P_{\text{пр.обор.}}$ – суммарная мощность прочих приборов.

Определяем электрическую нагрузку всего здания:

$$P_{\text{здания}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}} + P_{\text{тепл.}} + P_{\text{сил.пр.обор.}}) =$$

$$= 1 \cdot (8,17 + 31 + 0,33 + 22,38 + 18,32) = 80,2 \text{ кВт},$$

где K - коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок [14, табл.7.11].

2.6.1 Выбор кабельной линии от трансформаторной подстанции и вводного автомата

Рассчитаем и выберем линии для питания кабеля.

Расчетный ток кабеля:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n} \text{ А}, \quad (2.17)$$

где n – число линий; S_p - полная расчетная электрическая нагрузка, кВт;

$U_{\text{ном.}}$ - номинальное напряжение линии, кВ.

Для питающей кабельной линии (от ТП) определяем расчетный ток:

$$I_p = \frac{226,35}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 60,99 \text{ А.}$$

Для питающей кабельной линии (от ТП) определяем расчетный ток для кабеля после аварийного режима:

$$I_{p.п.АВР} = \frac{226,35}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 129,6 \text{ А.}$$

Выбираем 2 кабеля для питания здания по расчетному току после аварийного режима типа АВБШв 4x120 с допустимым током $I_{доп}=212 \text{ А}$ [22].

2.6.2 Выбор ВРУ и вводного автомата

Вводно-распределительное устройство выбирается за счёт количества линий, а также с учётом номинального тока. Для помещений корпуса №2 базы отдыха на Озеро Белё, в результате расчётов в качестве ВРУ вводно-распределительный шкаф типа ВРУ-ID-(160+160)-03-12 и вводной автомат типа ВА57-35 на номинальный ток 160 А.

Ток срабатывания автоматического выключателя должен быть согласован и вычислен с учётом максимально допустимым длительным током линии при выполнении следующего нормативного условия:

$$I_p \leq K_{с.н} \cdot I_{доп} , \quad (2.18)$$

где I_p - расчетный ток линии, А;

$I_{доп}$ - длительно допустимый ток проводника, А;

$K_{с.н}$ - прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля который равен 0,95 [7].

$$129,6 \leq 0,95 \cdot 160 \text{ А;}$$

$$129,6 \leq 152 \text{ А.}$$

Проверка на соответствие:

$$K_{с.н} \cdot I_{доп} \geq K_{защ} \cdot I_z , \quad (2.19)$$

где I_z - параметр защитного устройства, А;

$K_{защ}$ - коэффициент защиты который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства [7]:

$$0,95 \cdot 172,6 \text{ А} \geq 1 \cdot 160 \text{ А}, \quad 163,97 \text{ А} \geq 160 \text{ А.}$$

3. Практическая часть. Проектирование электроснабжения

3.1 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электроприемников производим по следующим условиям [12].

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (3.1)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

б) по номинальному току (уставка теплового расцепителя):

$$I_{\text{расц}} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (3.2)$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (3.3)$$

где $I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток автомата, А.

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (3.4)$$

где $I_{\text{ном.то}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А:

$$I_{\text{ном.то}} = K_o \cdot I_{\text{расц}}, \quad (3.5)$$

где кратность отсечки K_o .

Выбор вводных автоматов на ЩС сведем в таблицу 3.1.

Выбор автоматов защиты отходящих линий сведем в таблицу в приложении А.

Таблица 3.1 – Выбор вводных автоматов на ЩС

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток расцепителя $I_{расц}$, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Пиковый ток $I_{пик}$, А	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пик}$, А	K_o	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
ЩС-1	66,2	66,2	100	100	66,2	79,44	5	500	ВА47-100-3Р-100А	7
ЩС-2	48,6	48,6	63	100	48,6	58,32	5	500	ВА47-100-3Р-63А	7
ЩС-3	56,03	56,03	32	80	56,03	67,236	5	500	ВА47-100-3Р-32А-С	7
ЩС-4	20,1	20,1	32	32	20,1	24,12	5	500	ВА47-100-3Р-32А-С	7
Эл.каменка	17,6	17,6	32	160	17,6	21,12	5	500	ВА47-100-3Р-32А-С	7
В-1	0,74	0,74	20	25	0,74	0,888	5	125	ВА47-63-3Р-20А	6
ПВ-2	0,54	0,54	20	25	0,54	0,648	5	125	ВА47-63-3Р-20А	6
ЩУН	4,8	4,8	25	25	4,8	5,76	5	125	ВА47-63-3Р-25А	6
Фильтрующая установка	1,63	1,63	20	25	1,63	1,956	5	125	ВА47-63-3Р-20А	6
Установка обеззараживания	0,34	0,34	10	25	0,34	0,408	5	125	ВА47-63-3Р-10А-В	6
ВРУ	129,6	129,6	250	250	129,6	155,52	5	500	ВА32-25 250	15

3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции

Для осуществления подключения нагрузки выберем ВВГ-Пнг-LS (силовой кабель с медными жилами с изолированной негорючей оболочкой, без защитного покрова) [14, 20].

Выбор сечения кабеля осуществляется по нагреву длительным допустимым током. Расчетный ток определяется по формуле:

$$I_{\text{расчп}} = \frac{I_p}{k_{\text{п}}}, \quad (3.4)$$

где I_p – расчетный ток проводника, А;

Затем по справочной литературе находится сечение проводника, удовлетворяющее условию:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расчп}}, \quad (3.5)$$

Кроме того, согласно указаниям [22], проводники для линий к электроприемникам выбираются с учетом соответствия аппарату защиты

$$I_{\text{пр}} \geq I_p, \quad (3.6)$$

$$I_{\text{пр}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{авт}}, \quad (3.7)$$

где $K_{\text{зщ}} = 1$ – поправочный коэффициент защиты;

$I_{\text{ном.а}}$ – параметр защитного автомата, А.

Выбор сечений линий, питающих силовые щиты, сведем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Выбор сечений линий, питающих силовые щиты

№	I_p , А	$I_{\text{авт.расч.ном}}$, А	Марка кабеля	$I_{\text{доп}}$, А	$\Gamma_{\text{уд.кл}}$, Ом/км	$X_{\text{уд.кл}}$, Ом/км
ЩС-1	66,2	100	ВВГ-Пнг-LS 5x35	150	1,94	0,0675
ЩС-2	48,6	63	ВВГ-Пнг-LS 5x16	75	0,62	0,0625
ЩС-3	56,03	80	ВВГ-Пнг-LS 5x25	120	1,94	0,0675
ЩС-4	20,1	32	ВВГ-Пнг-LS 5x6	60	0,62	0,0625

Выбор сечений кабельных линий, отходящих от щитков до отдельных потребителей, сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Выбор сечений кабельных линий от щитков до отдельных групп потребителей

№	I_p, A	$I_{авт.расц.ном}, A$	Кол-во фаз	Марка кабеля	$I_{доп}, A$	$\Gamma_{уд.кл}, Ом/км$	$X_{уд.кл}, Ом/км$
ЩС-1							
Группа 1.1	28,5	30	3ф	ВВГ-Пнг-LS 5x10	63	1,84	0,073
Группа 1.2	24,1	25	3ф	ВВГ-Пнг-LS 5x6	46	3,09	0,09
Группа 1.3	6,08	7	3ф	ВВГ-Пнг-LS 5x4	36	4,63	0,095
Группа 1.4	5,59	6	3ф	ВВГ-Пнг-LS 5x4	36	4,63	0,095
Группа 1.5	7,08	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.6	11,24	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.7	0,96	1	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 1.8	1,24	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 1.9	0,86	1	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 1.10	0,62	1	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 1.11	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 1.12	7,2	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.13	7,2	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.14	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.15	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.16	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.17	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.18	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.19	5,74	6	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 1.20	2,37	3	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
ЩС-2							
Группа 2.1	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.2	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.3	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.4	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.5	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116

Продолжение таблицы 3.4

№	I _p , А	I _{авт.расц.ном.} , А	Кол-во фаз	Марка кабеля	I _{доп} , А	Гуд.кл., Ом/км	Худ.кл., Ом/км
Группа 2.6	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.7	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.8	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.9	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.10	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.11	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.12	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.13	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.14	1,72	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	25	7,55	0,116
Группа 2.15	1,72	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	25	7,55	0,116
Группа 2.16	1,72	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	25	7,55	0,116
Группа 2.17	1,34	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	25	7,55	0,116
Группа 2.18	1,24	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	25	7,55	0,116
Группа 2.19	1,91	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	25	7,55	0,116
Группа 2.20	1,72	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	25	7,55	0,116
Группа 2.21	0,48	1	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	25	7,55	0,116
Группа 2.22	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.23	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.24	7,2	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.25	7,2	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.26	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.27	7,2	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.28	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.29	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.30	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.31	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116

Продолжение таблицы 3.4

№	I _p , А	I _{авт.расц.ном.} , А	Кол-во фаз	Марка кабеля	I _{доп} , А	Гуд.кл., Ом/км	Худ.кл., Ом/км
Группа 2.32	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.33	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 2.34	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
ЩС-3							
Группа 3.1	9,57	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.2	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.3	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.4	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.5	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.6	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.7	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.8	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.9	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.10	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.11	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.12	4,79	5	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.13	1,34	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 3.14	1,82	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 3.15	2,54	3	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 3.16	2,1	3	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 3.17	1,72	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 3.18	1,72	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x1,5	27	7,55	0,116
Группа 3.19	11,96	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.20	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.21	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.22	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3x2,5	27	7,55	0,116

Окончание таблицы 3.4

№	I _p , А	I _{авт.расц.ном} , А	Кол-во фаз	Марка кабеля	I _{доп} , А	Гуд.кл., Ом/км	Худ.кл., Ом/км
1	2	3	4	5	6	7	8
Группа 3.25	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.26	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.27	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.28	9,17	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.29	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.30	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.31	9,17	10	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.32	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.33	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.34	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.35	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.36	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 3.37	5,74	6	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
ЩС-4							
Группа 4.1	4,79	6	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 4.2	4,79	6	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 4.3	4,79	6	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х1,5	27	7,55	0,116
Группа 4.4	4,79	6	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х1,5	27	7,55	0,116
Группа 4.5	1,87	2	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х1,5	27	7,55	0,116
Группа 4.6	2,49	3	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х1,5	27	7,55	0,116
Группа 4.7	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 4.8	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 4.9	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 4.10	7,18	8	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 4.11	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116
Группа 4.12	11,5	12	1ф	ВВГ-Пнг-LS 3х2,5	27	7,55	0,116

Внутренние электрические сети выполняется 3-х, 5-ти проводными с применением кабелей с медными жилами (тип кабеля указан выше).

Кабельные сети необходимо проложить:

- за подвесным потолком - по перфорированным лоткам из оцинкованной стали;
- в кабель-каналах;
- по строительным конструкциям - в ПВХ трубах;
- в помещениях - скрыто в подготовке стен в ПВХ трубах.

3.3 Выбор электрических щитов, счетчиков и прочих электрических устройств

Распределительные силовые пункты (щиты) выбираем, исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта (таблица 3.5) [15].

Таблица 3.5 – Выбор силовых пунктов

Наименование	Расчетный ток, А	Тип силового пункта	Допустимый ток, А	Количество присоединений
ЩС-1	66,2	ЩР-063-01-14-УХЛ1	160	24
ЩС-2	48,6	ЩР-063-01-14-УХЛ1	160	24
ЩС-3	56,03	ЩР-063-01-14-УХЛ1	160	24
ЩС-4	20,1	ЩР-063-01-14-УХЛ1	160	24

3.4 Выбор второго источника питания

В качестве способа защиты можно рассмотреть подход, связанный с автоматическим вводом аварийной мощности для обеспечения непрерывной работы системы электроснабжения.

Предлагаемый в статье подход реализуется за счет обеспечения подключения к системе соседних источников, включаемых в случае

возникновения аварийной ситуации. Предлагаемая система будет включать в себя комплекс резервного электроснабжения, который может быть дополнительной линией, обеспечивающей работу с учетом отключения электроэнергии и работы предлагаемого выключателя.

Состав автоматического выключателя:

1. Модуль рубильника;
2. Монтажные планки;
3. Модуль моторного привода;
4. Съёмная ручка для ручного управления;
5. Устройство блокировки переключателя;
6. Переключатель режимов AUTO/MANUAL на переключателе отвала;
7. Индикатор положения контактов главного выключателя;
8. Модуль управления АВР с ЖК-панелью, кнопками программирования и управления;
9. Подключения для питания и внешних цепей управления;
10. Выводы цепи питания рубильника.

В предлагаемом проекте номинальное значение составляет 171,6 А, а рекомендуемая мощность подключаемой системы - 112,82 кВА, поэтому предлагается рубильник серии HAGER HIC180 (номинальный рабочий ток менее 180 А).

Необходимо сделать следующие наблюдения, которые определяют выбор:

- возможность выбора режима;
- наличие блокировки в каждом режиме;
- Гарантия безопасности коммутационных операций;
- оперативность установки силовых контактов;
- Наличие программного управления;
- гарантия надежной работы основного оборудования.

Следует отметить, что данное устройство всегда находится в режиме оповещения и готово выполнять предложенные инструкции, в частности автоматические настройки, при отключении предусмотренного источника питания. Следует отметить, что пользователь может самостоятельно задавать необходимые настройки и изменять их в случае изменения структуры потребления или системы электроснабжения установки.

При выборе резервного источника питания рассматриваем возможность использования стационарного генератора, установленного в отдельном помещении банка, сухом отапливаемом помещении. В процессе эксплуатации КПД дизельных генераторов на 20-40% выше, чем у их бензиновых собратьев, а это значит, что для выработки того же количества электроэнергии дизель-генератору требуется в 1,2-1,5 раза меньше топлива, чем бензиновой модели.

3.5 Описание подключения вентиляционной установки в случае пожара

Естественная вентиляция общественных зданий не в полной мере выполняет свои задачи, что сказывается на производительности труда работающих в здании сотрудников, а также сокращает срок службы оргтехники. В зависимости от этажности и площади помещений возможно применение как централизованной системы, так и отдельной организации вентиляционных каналов на разных уровнях.

Приточно-вытяжная система является единственным рациональным решением для таких зданий, так как позволяет устранить имеющиеся проблемы и создать циркуляцию воздуха. Он расположен следующим образом:

- Приточный воздух - в больших помещениях (конференц-залы, залы ожидания).
- Вытяжной воздух - в санузлах, кладовых и подсобных помещениях.

Если в помещении нет возможности открывать окна, требуется несколько проветривателей и вытяжных вентиляторов для возобновления и распределения естественных потоков. При проектировании будущей системы важна каждая деталь: площадь, назначение помещения, количество людей, которые будут находиться в нем постоянно. При этом вентиляция общественного здания должна быть не только надежной, но и экономичной.

Системы вентиляции не ограничиваются решением узкого круга задач – только нормализация воздухообмена и удаление отработанного воздуха из помещений. Современное многофункциональное оборудование обеспечивает:

- поддержание уровня влажности на допустимом уровне в зависимости от цели использования помещения;
- система фильтрации, используемая для очистки воздушных потоков;
- изменение температурного режима (при необходимости).

В рамках данной работы предусмотрена система отключения вентиляции по пожарной ситуации. Элементы этой системы приведены на рисунках 3.1 и 3.2.

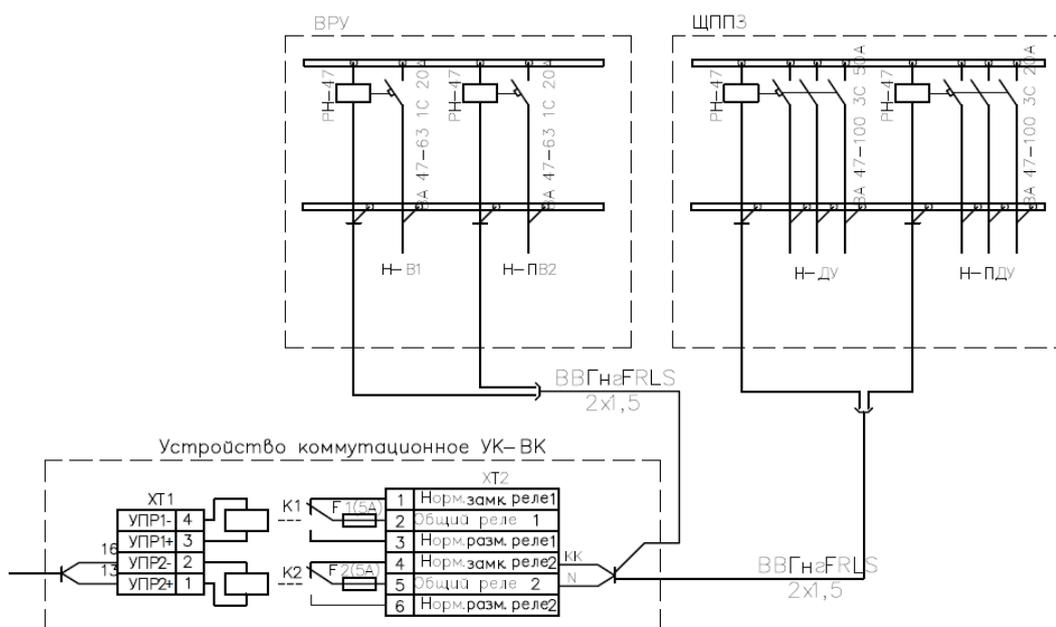


Рисунок 3.1 – Подключение ВРУ и ЩППЗ к коммутационному устройству

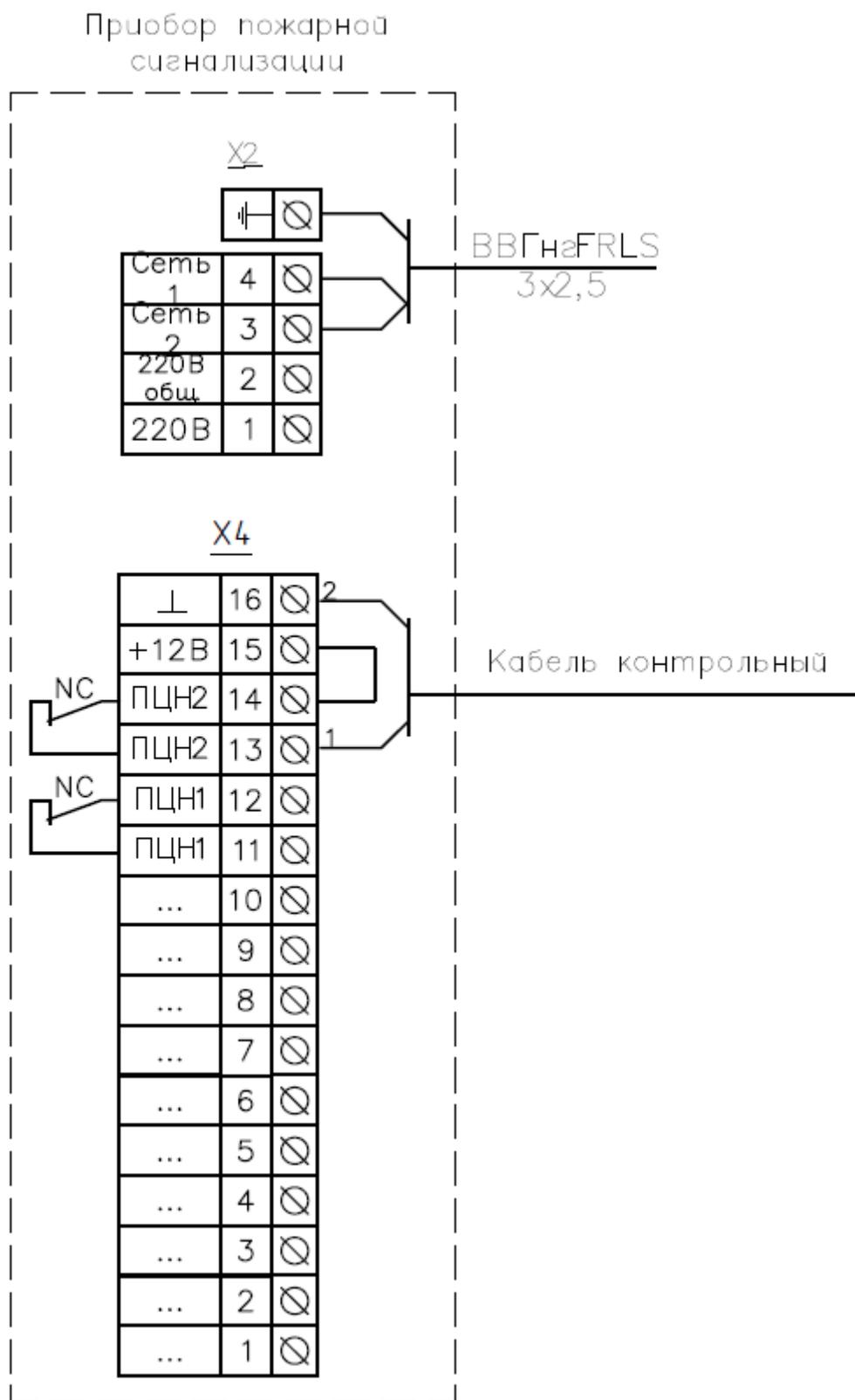


Рисунок 3.2 – Подключение прибора пожарной сигнализации

3.6 Проверка по допустимым потерям напряжения в силовой и осветительных сетях

Заметим, что параметры качества существенно зависят от потерь напряжения, в частности, в составляющих питающей сети. Отклонения напряжения согласно ГОСТ не должны выходить в нормальном режиме работы, за пределы: $(-10 \div +10) \%$ от $U_{ном}$.

Отклонение напряжения на каждом участке определяем по формуле:

$$V = \left[\frac{(U_{ИП} - \Delta U_{участка}) - U_{ном}}{U_{ном}} \right] \cdot 100\% \quad (3.6)$$

где $U_{ИП}$ - напряжения в начале участка;

$\Delta U_{участка}$ – потери напряжения на участке;

$U_{ИП}$ - номинальное напряжения сети.

Отклонения напряжения рассчитываются в максимальном и минимальном режиме для самого мощного и самого удаленного электроприемника от ЩС.

Самый мощный электроприемник (рисунок 3.3) – 11.0 кВт (группа 1Р), питаемая от ВРУ.



Рисунок 3.3 – Схема замещения для самого мощного электроприемника Максимальный режим.

Поскольку уровень напряжения на питающей подстанции неизвестен, то принимаем отклонение напряжения в начале кабеля, питающего ВРУ, равное 4% в максимальном режиме:

$$U_0 = 1,04 \cdot 380 = 395,2 \text{ В.}$$

Потери в питающей линии:

$$\Delta U_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб}} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi).$$

Потери напряжения на участке 0-1:

$$\Delta U_{0-1} = \sqrt{3} \cdot 74,25 \cdot 0,1 \cdot (0,28 \cdot 0,8 + 0,058 \cdot 0,527) = 3,28 \text{ В.}$$

Напряжение в точке 1:

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{0-1} = 395,2 - 3,28 = 391,92 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце участка 0-1:

$$V_{0-1} = \frac{391,92 - 380}{380} \cdot 100 = 3,14 \text{ \%}.$$

Потери напряжения на участке 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} \cdot 115,2 \cdot 0,012 \cdot (0,62 \cdot 0,9 + 0,0625 \cdot 0,436) = 1,4 \text{ В.}$$

Напряжение в точке 2:

$$U_2 = U_0 - \Delta U_{1-2} = 391,92 - 1,4 = 390,52 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце участка 1-2:

$$V_{1-2} = \frac{390,52 - 380}{380} \cdot 100 = 2,77 \text{ \%}.$$

Потери напряжения на участке 2-3:

$$\Delta U_{2-3} = \sqrt{3} \cdot 24,31 \cdot 0,006 \cdot (5,17 \cdot 1 + 0,09 \cdot 0) = 1,31 \text{ В.}$$

Напряжение в точке 3:

$$U_3 = U_0 - \Delta U_{2-3} = 390,52 - 1,31 = 389,21 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце участка 2-3:

$$V_{2-3} = \frac{389,21 - 380}{380} \cdot 100 = 2,42 \text{ \%}.$$

Минимальный режим.

Нагрузка в минимальном режиме принята равной 60% от нагрузки максимального режима.

Принимаем отклонение напряжения в начале кабеля, питающего ВРУ, равное 0% в минимальном режиме:

$$U_0 = 1,0 \cdot 380 = 380 \text{ В.}$$

Далее выполняем все расчеты по аналогии:

$$\Delta U_{0-1} = \sqrt{3} \cdot 44,55 \cdot 0,1 \cdot (0,28 \cdot 0,8 + 0,058 \cdot 0,527) = 1,97 \text{ В.}$$

$$U_1 = 380 - 1,97 = 378,03 \text{ В.}$$

$$V_{0-1} = \frac{378,03 - 380}{380} \cdot 100 = -0,52 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} \cdot 69,12 \cdot 0,012 \cdot (0,62 \cdot 0,9 + 0,0625 \cdot 0,436) = 0,84 \text{ В.}$$

$$U_2 = 378,03 - 0,84 = 377,19 \text{ В.}$$

$$V_{1-2} = \frac{377,19 - 380}{380} \cdot 100 = -0,74 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{2-3} = \sqrt{3} \cdot 24,31 \cdot 0,006 \cdot (5,17 \cdot 1 + 0,09 \cdot 0) = 1,31 \text{ В.}$$

$$U_3 = 377,19 - 1,31 = 375,88 \text{ В.}$$

$$V_{2-3} = \frac{375,88 - 380}{380} \cdot 100 = -1,08 \text{ \%}.$$

Послеаварийный режим подразумевает выход из строя одного из двух кабелей, питающих ВРУ.

Уровень напряжения в начале кабеля, питающего ВРУ:

$$U_0 = 1,04 \cdot 380 = 395,2 \text{ В.}$$

Далее выполняем все расчеты по аналогии:

$$\Delta U_{0-1} = \sqrt{3} \cdot 148,5 \cdot 0,1 \cdot (0,28 \cdot 0,8 + 0,058 \cdot 0,527) = 6,56 \text{ В.}$$

$$U_1 = 395,2 - 6,56 = 388,64 \text{ В.}$$

$$V_{0-1} = \frac{388,64 - 380}{380} \cdot 100 = 2,27 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} \cdot 115,2 \cdot 0,012 \cdot (0,62 \cdot 0,9 + 0,0625 \cdot 0,436) = 1,4 \text{ В.}$$

$$U_2 = 388,64 - 1,4 = 387,24 \text{ В.}$$

$$V_{1-2} = \frac{387,24 - 380}{380} \cdot 100 = 1,91 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{2-3} = \sqrt{3} \cdot 24,31 \cdot 0,006 \cdot (5,17 \cdot 1 + 0,09 \cdot 0) = 1,31 \text{ В.}$$

$$U_3 = 387,24 - 1,31 = 385,93 \text{ В.}$$

$$V_{2-3} = \frac{385,93 - 380}{380} \cdot 100 = 1,56 \text{ \%}.$$

Аналогичные расчеты производим для самого удаленного электроприемника.

Самый удаленный электроприемник (рисунок 3.2) – электроприемники №91-94 – конвекционные печи, мощностью 14,9 кВт (группа С4.4), от ЩС-4.

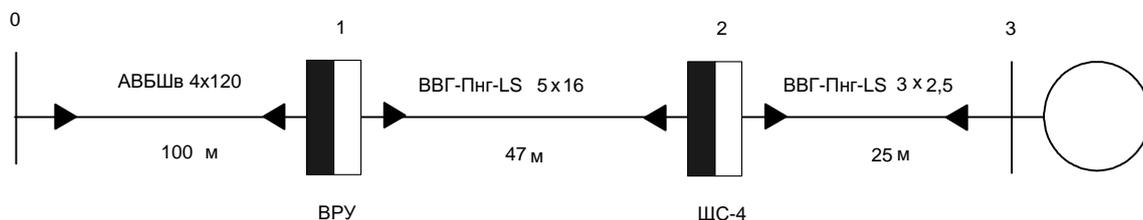


Рисунок 3.4 – Схема замещения для самого удаленного электроприемника

Максимальный режим.

$$U_0 = 1,04 \cdot 380 = 395,2 \text{ В.}$$

Потери напряжения на участке 0-1:

$$\Delta U_{0-1} = \sqrt{3} \cdot 74,25 \cdot 0,1 \cdot (0,28 \cdot 0,8 + 0,058 \cdot 0,527) = 3,28 \text{ В.}$$

Напряжение в точке 1:

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{0-1} = 395,2 - 3,28 = 391,92 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце участка 0-1:

$$V_{0-1} = \frac{391,92 - 380}{380} \cdot 100 = 3,14 \text{ \%}.$$

Потери напряжения на участке 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} \cdot 59,91 \cdot 0,015 \cdot (1,94 \cdot 0,9 + 0,0675 \cdot 0,436) = 2,76 \text{ В.}$$

Напряжение в точке 2:

$$U_2 = U_0 - \Delta U_{1-2} = 391,92 - 2,76 = 389,16 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце участка 1-2:

$$V_{1-2} = \frac{389,16 - 380}{380} \cdot 100 = 2,41 \text{ \%}.$$

Потери напряжения на участке 2-3:

$$\Delta U_{2-3} = \sqrt{3} \cdot 20,2 \cdot 0,045 \cdot (5,17 \cdot 0,9 + 0,09 \cdot 0,48) = 7,4 \text{ В.}$$

Напряжение в точке 3:

$$U_3 = U_0 - \Delta U_{2-3} = 389,16 - 7,4 = 381,76 \text{ В.}$$

Отклонение напряжения в конце участка 2-3:

$$V_{2-3} = \frac{381,76 - 380}{380} \cdot 100 = 0,46 \text{ \%}.$$

Минимальный режим.

$$U_0 = 1,0 \cdot 380 = 380 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{0-1} = \sqrt{3} \cdot 74,25 \cdot 0,1 \cdot (0,28 \cdot 0,8 + 0,058 \cdot 0,527) = 1,97 \text{ В.}$$

$$U_1 = 380 - 1,97 = 378,03 \text{ В.}$$

$$V_{0-1} = \frac{378,03 - 380}{380} \cdot 100 = -0,52 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} \cdot 35,946 \cdot 0,015 \cdot (1,94 \cdot 0,9 + 0,0675 \cdot 0,436) = 1,66 \text{ В.}$$

$$U_2 = 378,03 - 1,66 = 376,37 \text{ В.}$$

$$V_{1-2} = \frac{376,37 - 380}{380} \cdot 100 = -0,96 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{2-3} = \sqrt{3} \cdot 20,2 \cdot 0,045 \cdot (5,17 \cdot 0,9 + 0,09 \cdot 0,48) = 7,4 \text{ В.}$$

$$U_3 = 376,37 - 7,4 = 368,97 \text{ В.}$$

$$V_{2-3} = \frac{368,97 - 380}{380} \cdot 100 = -2,9 \text{ \%}.$$

Послеаварийный режим.

$$U_0 = 1,04 \cdot 380 = 395,2 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{0-1} = \sqrt{3} \cdot 148,5 \cdot 0,1 \cdot (0,28 \cdot 0,8 + 0,058 \cdot 0,527) = 6,56 \text{ В.}$$

$$U_1 = 395,2 - 6,56 = 388,64 \text{ В.}$$

$$V_{0-1} = \frac{388,64 - 380}{380} \cdot 100 = 2,27 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} \cdot 59,91 \cdot 0,015 \cdot (1,94 \cdot 0,9 + 0,0675 \cdot 0,436) = 2,76 \text{ В.}$$

$$U_2 = 388,64 - 2,76 = 385,88 \text{ В.}$$

$$V_{1-2} = \frac{385,88 - 380}{380} \cdot 100 = 1,55 \text{ \%}.$$

$$\Delta U_{2-3} = \sqrt{3} \cdot 20,2 \cdot 0,045 \cdot (5,17 \cdot 0,9 + 0,09 \cdot 0,48) = 7,4 \text{ В.}$$

$$U_3 = 385,88 - 7,4 = 378,48 \text{ В.}$$

$$V_{2-3} = \frac{378,48 - 380}{380} \cdot 100 = -0,4 \text{ \%}.$$

Все отклонения на шинах характерных электроприемников не превышают установленных стандартом пределов.

3.7. Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

3.7.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания

В данном разделе произведём вычисления токов короткого замыкания. В данных вычислениях потребуется учесть такие факторы, как сопротивление дуги, сопротивления трансформатора тока. Одновременно с этим, стоит учесть зависимость расчёта от точки возникновения короткого замыкания (рисунок 3.7).

Расчет тока трехфазного КЗ для точки К1:

Для кабеля КЛ1 марки АВБШв 4х120 длиной $L_{\text{кл}} = 100$ м:

$$R_{\text{л1}} = R_{\text{уд.кл}} \cdot L_{\text{кл}}, \text{ мОм} \quad (3.15)$$

$$R_{\text{л1}} = 0,249 \cdot 100 = 24,9 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{л1}} = X_{\text{уд.кл}} \cdot L_{\text{кл}}, \text{ мОм} \quad (3.16)$$

$$X_{\text{л1}} = 0,0617 \cdot 100 = 6,17 \text{ мОм.}$$

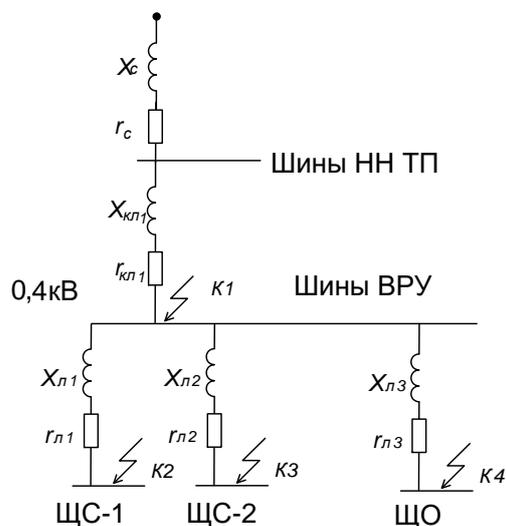


Рисунок 3.5 – Схема замещения тока трехфазного КЗ

Как фактор определяющий сопротивления определим трансформатор типа ТМЗ-250/10 (системный источник электроснабжения, городская подстанция) [12].

Таким образом, определяем сопротивления трансформатора по формулам [12]:

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (3.17)$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_{к.}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6. \quad (3.18)$$

$$r_{mp} = \frac{3,7}{250} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 9,47 \text{ мОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{3,7}{250}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 27,2 \text{ мОм}.$$

$$R_c = r_{тр} = 9,47 \text{ мОм};$$

$$X_c = x_{тр} = 26,1 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_c + X_{Л1}, \quad (3.19)$$

$$X_{\Sigma} = 26,1 + 7,07 = 33,17 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma} = R_c + R_{Л1}, \quad (3.20)$$

$$R_{\Sigma} = 9,39 + 26,74 = 36,13 \text{ мОм}.$$

Ток трехфазного КЗ в точке К1:

$$I_{К-1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}}, \quad (3.21)$$

$$I_{К-1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{33,17^2 + 36,13^2}} = 4,651 \text{ кА}.$$

В расчете учитываем также добавочное сопротивление [12].

Результаты таких же расчётов поместим в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Трехфазный ток КЗ в характерных точках

точка КЗ	R _{сум} , МОм	X _{сум} , МОм	R _{уд.кл} , МОм/м	X _{уд.кл} , МОм/м	L _{кл} , м	R _{л1} , МОм	X _{л1} , МОм	R _{доб} , МОм	R _{сумм} , МОм	X _{сум} , МОм	I _{к.з} ,кА
К2	35,27	33,22	1,94	0,0675	12	23,280	0,810	20,000	78,550	34,030	2,698
К3	35,27	33,22	0,62	0,0625	15	9,300	0,938	20,000	64,570	34,158	3,162
К4	35,27	33,22	7,4	0,116	11	81,400	1,276	20,000	136,670	34,496	1,638

Начальное действующее значение периодической составляющей тока однофазного короткого замыкания рассчитывается по формуле:

$$I_{н0}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{ср.н}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}, \text{ кА}, \quad (3.16)$$

где $R_{1\Sigma}$, $X_{1\Sigma}$ – результирующие активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности, $R_{0\Sigma}$, $X_{0\Sigma}$ – результирующие активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности.

Сопротивление дуги в точке КЗ r_d принимается равным 30 мОм.

При отсутствии точных справочных данных об удельных величинах активных и индуктивных сопротивлений нулевой последовательности, возможно использование следующих формул для нахождения сопротивлений нулевой последовательности питающих линий как сумму сопротивлений фазного проводника и утроенного значения сопротивления нулевого провода:

$$R_{0Л} = R_{фазн} + 3R_{нул} \quad (3.22)$$

$$X_{0Л} = X_{фазн} + 3X_{нул} \quad (3.23)$$

Сопротивления нулевой последовательности трансформатора мощностью 250 кВА [22]:

$$R_{0Т} = 96,5 \text{ мОм};$$

$$X_{0Т} = 234,9 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma 0С} = X_{0Т} + 3X_{Л1},$$

$$X_{\Sigma 0С} = 234,9 + 3 \cdot 6,02 = 252,96 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma 0С} = R_{0Т} + 3R_{Л1},$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 35,27 + 173,9)^2 + (2 \cdot 33,22 + 252,96)^2}} = 1,723 \text{ кА.}$$

По аналогии с таблицей 3.10 составим таблице 3.11 для расчета токов однофазного КЗ.

Таблица 3.11 – Однофазный ток КЗ в характерных точках

точка КЗ	R _{сум} , МОм	X _{сум} , МОм	R _{уд.кл} , МОм/м	X _{уд.кл} , МОм/м	L _{кл} , м	R _{л1} , МОм	X _{л1} , МОм	R _{дуг} , МОм	R _{сумм} , МОм	X _{сум} , МОм	I _{к.з,к} А
К2	173,9	252,9 6	5,82	0,2025	12	69,840	2,43 0	30,00 0	273,74 0	255,39 0	0,617
К3	173,9	252,9 6	1,86	0,1875	15	27,900	2,81 3	30,00 0	231,80 0	255,77 3	0,669
К4	173,9	252,9 6	22,2	0,348	11	244,20 0	3,82 8	30,00 0	448,10 0	256,78 8	0,447

3.7.2 Проверка оборудования

Далее осуществим расчёт для выключателей кабельной линии по напряжению 0,4 кВ. Результаты проверки сведём в таблицу 3.12:

$$I_{к.з.} \leq I_{пр.откл}, \quad (3.24)$$

где $I_{пр.откл}$ – предельная отключающая способность.

Произведем проверку чувствительности автоматических выключателей на линиях к однофазным КЗ по условию чувствительности, что показано в таблице 3.13 [22]:

$$\frac{I_{кз}^{(1)}}{I_{рц.ном}} \geq 3. \quad (3.25)$$

Таблица 3.12 – Проверка автоматических выключателей

Щит	Точка к.з.	I _{к.з.} , кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА	I _{к.з.} ≤ I _{пр.откл}
ВРУ	К1	4,651	ВА32-25 250	6	соответствует
ЩС-1	К2	2,571	ВА47-100-3Р-100А-С	6	соответствует
ЩС-2	К2	4,651	ВА47-100-3Р-63А-С	6	соответствует
ЩС-3	К3	2,571	ВА47-100-3Р-80А-С	6	соответствует
ЩС-4	К3	3,241	ВА47-100-3Р-63А-С	6	соответствует

Таблица 3.13 – Проверка чувствительности автоматов к однофазным КЗ

Место установки автомата	Номер точки КЗ	Тип выключателя	$I_{ном.А}, А$	$I_{кз}^{(1)}, кА$	$I_{кз}^{(1)} / I_{рц.ном}$
ВРУ	К1	ВА32-25 250	250	1,723	6,9
ЩС-1	К2	ВА47-100-3Р-100А-С	100	0,617	6,17
ЩС-2	К2	ВА47-100-3Р-63А-С	63	0,669	10,6
ЩС-3	К3	ВА47-100-3Р-80А-С	80	0,447	5,6
ЩС-4	К3	ВА47-100-3Р-63А-С	63	0,669	10,6

Все комбинированные автоматические воздушные выключатели проходят проверку на чувствительность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом бакалаврской работы рассчитана система электроснабжения корпуса № 1. 2 Базы отдыха на озере Беле (квартал 1, секция 3), что соответствует требованиям нормативной документации для электроэнергетики.

В данной работе решаются следующие задачи

- описан метод расчета нагрузки;
- даны характеристики проектируемого объекта;
- обоснованные проектные решения по
- электроснабжение объекта;
- расчет схемы электроснабжения объекта;
- конструкторские решения представлены в виде чертежей.

В ходе выпускной квалификационной работы было дано описание объекта проектирования, в том числе действующие нормативные требования к организации электроосвещения и подключения нагрузки. Выполнены расчеты первого уровня электропотребителей, а также количества и мощности светильников.

Следующим шагом был расчет вводного распределения, автоматических выключателей и проверка допустимых токов, напряжений и токов короткого замыкания.

Предлагаемая система электроснабжения реализуема и экономически эффективна, что подтверждается предложенными методами и результатами расчетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений ; дата введ. 01.07.2014. – М. : ООО "ВНИСИ", 2014. – 57 с.
2. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение»: учеб. пособие / Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.
3. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
4. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавцев, Н.А. Черемисинова. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
5. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 253 с.
6. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 320 с.
7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 352 с.
8. Мукаев, А. И. Управление энергосбережением и повышение энергетической эффективности в организациях и учреждениях бюджетной сферы : Практическое пособие / А.И. Мукаев – Фаменское: ИПК ТЭК, 2011. – 212 с.
9. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. М.: АООТ

ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – 78 с.

10. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – 86 с.

11. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.

12. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.

13. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.

14. СП 256.1325800.2016 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2011. – 65 с.

15. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; дата введ. 08.05.2017. – М.: НИИСФ РААСН, 2016. – 116 с.

16. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85.

17. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. т 2. Электрооборудование / Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 602 с.

18. Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. – М.: Колос, 2007. – 464 с.

19. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.

20. Филатов, И.В. Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие / И. В. Филатов, Е. В. Гурнина. Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 321 с.

21. Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г.

Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. - М.: Энергия, 2010. – 397 с.

22. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 12-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2012. – 966 с.

23. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 11-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2014. – 704 с.

24. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под. общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 2011. – 658 с.: ил.

25. Тонкая светодиодная панель SPARTA-PANEL-CSVT-34 [Электронный ресурс]. URL: https://www.rusest.com/katalog/armstrong/tonkaya_svetodiodnaya_panel_sparta_panel_csvt_34/ (дата обращения 25.05.2022).

26. Щит освещения ОЩВ-15 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elektrokontaktor.ru/catalog/shchity-osveshcheniya/shchit-osveshcheniya-oshchv-15> (дата обращения 25.05.2022).

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Торопов А.С.
подпись инициалы, фамилия
« АА » 06 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
код – наименование направления

Электроснабжение корпуса №2 базы отдыха на оз. Белё (квартал 1, участок 3)
тема

Руководитель Коловский 05.07.22 доцент, к.т.н. Коловский А.В.
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник Куюков 05.07.23 Куюков П.В.
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер Кычакова 05.07.2023 Кычакова И.А.
подпись, дата инициалы, фамилия