МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Республики Хакасия «Абаканский строительный техникум»

Специальность 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ

на тему:

Реконструкция внутреннего электроснабжения здания гостиницы «Дружба»

Дипломник: _____ (Барашкин А.В.)

Руководитель: _____ (Салдина А.С.)

Консультанты: _____ (Кушмелева В.В.)

_____ (Салдина А.С.)

Нормоконтроль: _____ (Козлова И.В.)

Допущен к защите: _____

Зам. директора по УПР: _____ (Смертина С.А.)

Абакан, 2021

Государственное бюджетное образовательное учреждение Республики Хакасия
«Абаканский строительный техникум»

Задание на выполнение дипломного проекта

Студенту группы Э-4	***Барашкину Андрею Владиславовичу***
Специальность	***08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий***
Тема дипломного проекта	***Реконструкция внутреннего электроснабжения здания гостиницы «Дружба»***
Утверждена приказом	***«05» ноября 2020 г. № 305***
Срок сдачи дипломного проекта	***«__»_____2021 г.***
Исходные данные к проекту	***Техническая и справочная литература***
Содержание расчетно-пояснительной записки	***Раздел 1. Описание объекта, специфика производства, перечень оборудования и его технические характеристики*** ***Раздел 2. Схема электроснабжения предприятия, расчет электрических нагрузок*** ***Раздел 3. Расчет стоимостных показателей проекта, затраты на материалы и оборудование*** ***Раздел 4. Техника безопасности и охрана труда при монтаже, наладке и эксплуатации электрооборудования*** ***Графический материал***

Руководитель дипломного проекта _____/_____

Содержание

Введение 5
1. Расчет нагрузок 6
1.1 Расчёт нагрузок электроприёмников.....6
1.2 Расчёт осветительной нагрузки 11
1.3 Расчёт суммарной нагрузки 22
2. Выбор трансформаторов, проводников и электрооборудования 23
2.1 Выбор числа и мощности трансформаторов на ТП 23
2.2 Выбор проводников питающих линий 25
2.3 Выбор вводно-распределительных устройств 31
2.4 Выбор предохранителей 33
2.5. Выбор электрических щитов 36
2.6 Выбор автоматических выключателей 36
2.7 Выбор сечений кабелей от ВРУ до электрощитов 40
2.8 Расчёт токов короткого замыкания 41
2.9 Расчёт токов однофазного КЗ 48
2.10. Проверка питающего кабеля по термической стойкости 49
2.11 Выбор предохранителей и выключателей нагрузки 6 кВ 49
3. Экономическая часть 51
3.1 Устанавливаемое оборудование 51
3.2 Стоимость устанавливаемого оборудования 52
3.3 Полная стоимость реконструкции 54

4. Охрана труда и техника безопасности 60
4.1 Расчёт заземления 60
4.2 Техника безопасности при монтаже оборудования 68
4.3 Уравнивание потенциалов 69
4.4 Пожарная безопасность 70
Заключение 72
Список использованной литературы 73

Введение

Назначением систем электроснабжения городов (ЭСГ) является обеспечение электроэнергией всех технологических процессов коммунально-бытовых, промышленных, транспортных и других потребителей, располагающихся на территориях городов и частично ближайших пригородных зон.

Основными задачами конкретного проектирования ЭСГ и иных населенных пунктов являются выбор экономически целесообразных структур номинальных напряжений, типов (по назначению) электрических сетей, номинальных параметров основного электрооборудования линий, подстанций, распределительных пунктов, а также параметров режимов передачи мощности и качества напряжения. При этом должны учитываться электротехнические, экологические и градостроительные (включая архитектурно-технико-эстетические) требования и ограничения, а также развитие потребителей электроэнергии, источников питания, электрических сетей и возможная неопределенность перспективной технико-экономической информации.

На всех этапах проектирования ЭСГ следует руководствоваться действующими нормативами при сооружении электроустановок и рекомендациями

1. Расчёт нагрузок

1.1 Расчёт нагрузок электроприёмников

Важнейшей предпосылкой рационального проектирования системы электроснабжения является правильное определение расчетных нагрузок, в зависимости от которых выбираются параметры всех элементов системы.

Активные и реактивные нагрузки отдельных потребителей являются случайными функциями многих переменных величин. Они зависят от организации бытовых и трудовых режимов населения, технологических особенностей работы потребителей и т. д. Определение нагрузки производится на основании экспериментальных данных, обработанных с помощью методов математической статистики.

Нормированные значения применяются при разработке проектов электрических сетей новых и реконструируемых микрорайонов, районов и городов в целом. Определению подлежат расчетные нагрузки на вводе к каждому потребителю и в отдельных элементах электрических сетей.

Нагрузки определяют необходимые технические характеристики элементов электрических сетей − сечения жил и марки проводников, мощности и типы трансформаторов, электрических аппаратов и другого электротехнического оборудования. Правильное определение электрических нагрузок обеспечивает правильный выбор средств компенсации реактивной мощности, устройств регулирования напряжения, а также релейной защиты и автоматики электрических сетей. Существует несколько методов определения электрических нагрузок:

1) по ретроспективной информации по графикам электрических нагрузок и показаниям счётчиков − вероятностно-статистический метод;

2) по удельным нагрузкам жилых и общественных зданий − для городских и сельских нагрузок;

3) по удельным расходам электроэнергии и плотностям промышленной нагрузки, которые зависят от рода производства и выявляются по статистическим данным;

4) по коэффициенту спроса K_c, значения которого зависят от технологии производства (типа электроприемника) и приводятся в отраслевых инструкциях и справочниках;

5) по коэффициенту расчётной активной мощности $K_р$.

Величина расчетной нагрузки устанавливается на какой-то определенный срок. Как правило, наибольшая точность предъявляется к определению нагрузки на вводе потребителя. При этом наряду с точными методами в практике проектирования используются различные приемы расчета нагрузки, имеющие оценочный характер.

Выбор метода для расчёта нагрузок определяется характером и объёмом исходной информации, которые в свою очередь зависят от вида потребителя.

В гостинице «Дружба», рассматриваемой в данной работе, имеются только бытовые потребители. Расход электроэнергии в гостиничных номерах определяется электроосвещением и работой электроприёмников, которыми оснащены все номера: холодильником, кондиционером, чайником, телевизором и феном. Кроме того, в электропотреблении необходимо учитывать вероятную нагрузку электроприборов, включаемых в розеточную сеть.

Учитывая то, что для каждого гостиничного номера известен основной состав электроприемников, нагрузки в данной работе будем рассчитывать с использованием коэффициента спроса.

По установленной мощности электроприёмника определяются расчётные значения мощности:

$$P_м = K_с \cdot P_н; \quad (1.1)$$

$$Q_м = P_м \cdot tg\varphi, \quad (1.2)$$

где $P_н$ − установленная номинальная мощность электроприёмника;

$K_с$ − коэффициент спроса;

$tg\varphi$ − коэффициент мощности.

Полная расчётная мощность электроприемника:

$$S_м = P_м / cos\varphi. \quad (1.3)$$

Перечень электроприёмников, которыми оборудованы все гостиничные номера, с указанием номинальных мощностей дан в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

Перечень электроприёмников стандартного гостиничного номера

Наименование	$P_н$, кВт	$cos\varphi$	$tg\varphi$	$K_с$
Холодильник	0,1	0,86	0,6	1
Чайник	0,8	1	0	0,1
Телевизор	0,1	0,8	0,75	0,7
Фен	1	0,98	0,2	0,05
Кондиционер	0,1	0,8	0,75	0,6

Рассчитываем мощности отдельных электроприемников по формулам (1.1−1.2):

$P_{хол}$=0,1·1=0,1 кВт;

$P_{ч}$=0,8·0,1=0,08 кВт;

$P_{тв}$=0,1·0,7=0,07 кВт;

$P_{ф}$=1·0,05=0,05 кВт;

$P_{конд.}$=0,05=0,05 кВт;

$Q_{хол}$=0,1·0,6=0,06 кВАр;

$Q_{ч}$=0,08·0·=0;

$Q_{тв}$=0,07·0,75=0,053 кВАр;

$Q_{ф}$=0,05·0,2=0,01 кВАр;

$Q_{конд.}$=0,05·0,75=0,038 кВАр.

Расчётная мощность электроприёмников одного гостиничного номера:

$P_{1\ расч}=P_{хол}+P_{ч}+P_{тв}+P_{ф}+P_{конд}$; (1.4)

$Q_{1\ расч}=Q_{хол}+Q_{ч}+Q_{тв}+Q_{ф}+Q_{конд}$; (1.5)

$P_{1\ расч}$=0,1+0,08+0,07+0,05+0,05=0,35 кВт;

$Q_{1\ расч}$=0,06+0+0,053+0,01+0,038=0,161 кВАр;

$S=\sqrt{P^2+Q^2}$; (1.6)

$S_{1\ расч}=\sqrt{0,35^2+0,161^2}$=0,385 кВА.

Расчётная нагрузка розеточной сети определяется по формуле:

$$P_{р.р.}=P_{уд}\cdot n_р\cdot K_{о.р.}, \quad (1.7)$$

где $P_{уд}$=0,06 кВт – удельная мощность на 1 розетку при числе розеток свыше 100 [1, п.6.3];

$n_р$=2·96=192 – общее число розеток;

$K_{о.р}$=0,6 – коэффициент одновременности для сети розеток при $n_р$=192 [1, п. 6.3].

$P_{р.р.}$=0,06·192·0,6=6,91 кВт;

$Q_{р.р.}$=6,91·0,85=5,87 кВАр.

Определяем суммарную расчётную нагрузку электроприёмников гостиницы с учётом девяти печей, мощностью 4 кВт каждая:

$P_{р.}$=96·0,35+6,91+9·4=76,51 кВт;

$Q_{р.}$=96·0,161+5,87=21,33 кВАр;

$S_{р.}=\sqrt{76,51^2+21,33^2}$=79,4 кВА.

1.2 Расчёт осветительной нагрузки

Для обеспечения нормальных условий труда и отдыха, огромное значение имеет эффективная световая среда, а именно, искусственное освещение, которое создает возможность нормальной деятельности человека при отсутствии или недостаточности естественного освещения.

К искусственному освещению предъявляются следующие требования:

1) достаточная яркость рабочей поверхности;

2) постоянство освещения;

3) ограничение пульсации светового потока;

4) ограничение ослепленности;

5) благоприятное распределение яркости в поле зрения.

Достаточная яркость рабочей поверхности является необходимым условием для обеспечения нормальной работоспособности человеческого глаза. Величина освещенности рабочего места устанавливается в зависимости от точности выполняемых работ. Чем точнее работа, чем меньше объекты различения и чем дальше эти объекты расположены от рабочего, тем уровень освещенности должен быть выше. Для гостиничных номеров нормируемое минимальное значение освещенности $E_н$ составляет 150 лк для горизонтальной плоскости нормирования освещения на высоте 0,0 м от уровня пола, для санузлов – $E_н$=50 лк. [1, п.4.10; 2, с. 108]

Однако уровень освещенности определяется не только величиной объектов различения и расстоянием их до глаза, но и контрастом объектов различения с фоном, а также степенью светлоты фона.

Постоянство освещенности является необходимым условием в осветительной установке.

Колебания освещенности могут явиться следствием колебания напряжения в осветительной сети или раскачивания светильников местного освещения, свободно подвешенных на подводящих ток проводах.

Колебания освещенности вызывают зрительное утомление.

Исследования показали, что колебания освещенности имеют место при изменении амплитуды напряжения на 4% от номинального значения.

Для люминесцентных ламп, работающих в сетях переменного тока, как и для любых других газоразрядных источников света, характерно наличие колебаний светового потока во времени, определяемых безынерционностью излучения электрического разряда.

Колебания светового потока создает так называемый стробоскопический эффект. Стробоскопический эффект нарушает правильное восприятие глазом движущихся предметов.

Достаточной мерой борьбы с пульсацией светового потока, т.е. явлением стробоскопического эффекта, является применение схем включения ламп таким образом, чтобы соседние лампы получали напряжение со сдвигом фаз, т.е. включение ламп в многоламповых светильниках на разные фазы или применение двухламповой схемы, где одна лампа включается последовательно с индуктивным сопротивлением, а другая – последовательно с индуктивным и емкостным сопротивлением.

Уровень ослепленности, создаваемый светильниками, расположенными в поле зрения, определяется их яркостью и силой света по направлению к глазу наблюдателя, высотой их расположения над линией зрения и яркостью окружающего фона.

В соответствии с этим ограничение ослепленности в действующих СНиП сводится к регламентации минимально допускаемой высоты подвеса светильника над полом освещаемого помещения в зависимости от защитного угла светильника, характера рассеивателя и мощности источника света, определяющих его яркость и силу света по направлению к глазу наблюдателя.

Светильники с защитным углом менее 10° без рассеивателей и с лампами в прозрачной колбе для общего освещения помещений не допускаются.

В практических условиях освещения недопустима большая

неравномерность распределения яркости в поле зрения, которая может возникнуть, если яркость рабочей поверхности резко отличается от яркости стен и потолка помещения.

Для сохранения удовлетворительного распределения яркости в окружающем пространстве светильники общего освещения должны создавать на уровне рабочей поверхности не менее 10% освещенности, нормированной для данного рода работ при комбинированном освещении, но не более 30%.

Неравномерность распределения яркости в поле зрения может быть вызвана падающими тенями, возникающими от расположенных вблизи предметов, корпуса работающего или неравномерным освещением рабочей поверхности. Неравномерность распределения яркости по рабочей поверхности не регламентирована СНиП, однако при проектировании осветительной установки надо стремиться к устранению затенения и равномерному распределению освещенности в пределах рабочей поверхности.

Основными характеристиками источников света являются следующие номинальные величины: напряжение, мощность, световой поток, световая отдача и средняя продолжительность работы (горения).

По способу генерирования света все электрические источники делятся на: 1) температурные; 2) люминесцентные (холодного свечения); 3) светодиодные.

К первой группе относятся лампы накаливания, в том числе галогенные, ко второй – газоразрядные лампы, в том числе люминесцентные.

В третью группу входят светодиоды, в том числе органические. Светодиодные источники света появились очень недавно и являются наиболее перспективными.

Светодиод или LED (light emitting diode) — это полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение. Светодиод состоит из полупроводникового кристалла на

подложке, корпуса с контактными выводами и оптической системы. Свечение возникает при рекомбинации электронов и дырок в области p-n-перехода.

В светодиоде, в отличие от лампы накаливания или люминесцентной лампы, электрический ток преобразуется непосредственно в световое излучение.

Светодиод (при должном теплоотводе) мало нагревается, что делает его незаменимым для некоторых областей применения. Говоря о температуре светодиода, необходимо различать температуру на поверхности кристалла и в области p-n-перехода. От первой зависит срок службы, от второй — световой выход. В целом с повышением температуры p-n-перехода яркость светодиода падает, потому что уменьшается внутренний квантовый выход из-за влияния колебаний кристаллической решетки. Поэтому так важен хороший теплоотвод. Падение яркости с повышением температуры не одинаково у светодиодов разных цветов. Оно больше у красных и желтых, и меньше у зеленых, синих и белых.

Светодиод излучает в узкой части спектра, его цвет чист, ультрафиолетовое и инфракрасное излучения, как правило, отсутствуют. Светодиод – низковольтный прибор. Обычный светодиод, применяемый для индикации, потребляет от 2 до 4 В постоянного напряжения при токе до 50 мА. Светодиод, который используется для освещения, потребляет такое же напряжение, но ток выше — от нескольких сотен мА до 1 А. В светодиодном модуле отдельные светодиоды могут быть включены последовательно, и суммарное напряжение оказывается более высоким (обычно 12 или 24 В).

При подключении светодиода необходимо соблюдать полярность, иначе прибор может выйти из строя.

Яркость светодиода характеризуется световым потоком и осевой силой света, а также диаграммой направленности. Существующие светодиоды разных конструкций излучают в телесном угле от 4 до 140 градусов.

Цвет, как обычно, определяется координатами цветности и цветовой

температурой, а также длиной волны излучения. Яркость светодиодов очень хорошо поддается регулированию, но не за счет снижения напряжения питания – этого-то как раз делать нельзя, – а так называемым методом широтноимпульсной модуляции (ШИМ), для чего необходим специальный управляющий блок, обычно он совмещается с блоком питания и конвертором, а также с контроллером управления цветом RGB-матрицы. Метод ШИМ заключается в том, что на светодиод подается не постоянный, а импульсно-модулированный ток, причем частота сигнала должна составлять сотни или тысячи герц, а ширина импульсов и пауз между ними может изменяться. Средняя яркость светодиода становится управляемой, в то же время светодиод не гаснет.

Для выбора источника света проведем их небольшой сравнительный анализ.

Лампы накаливания неэффективны: слишком много энергии уходит на нагрев вольфрамовой нити и стеклянной колбы, слишком мало выделяется в виде света. Коэффициент полезного действия лампы накаливания составляет 5-10%.

Светодиоды с началом промышленного производства последовательно совершенствовались. Исследования коснулись и внутреннего квантового выхода излучения в активном слое, и методов вывода излучения из кристалла. Решались и продолжают решаться задачи увеличения тока через один диод и уменьшения нагрева диодов, чтобы получить от одной светодиодной лампочки возможно больший световой поток. Рекордные значения коэффициента полезного действия – преобразования электрической энергии в световую энергию – достигли в лабораториях 60%!

Лампы накаливания легко бьются, часто перегорают, чем доставляют немало неприятностей. Более экономичны и дольше служат люминесцентные лампы, но они столь же хрупки и содержат ядовитую ртуть. Светодиод механически прочен, его, конечно, не рекомендуется бить молотком, но ронять его в отличие от лампочки можно.

Средняя лампа накаливания горит 1000–1500 часов, лучшие люминесцентные – до 24 тысяч часов. Светодиоды исключительно надежны, срок службы может достигать 100 тысяч часов, что почти в 100 раз больше, чем у лампочки накаливания, и в 5–10 раз больше, чем у люминесцентной лампы. Таким образом, при 10 часах горения ежедневно срок службы светодиода составит более 25 лет.

Главным же доказательством преимуществ светодиодов по сравнению с другими источниками света является светоотдача: величина светового потока на один ватт электрической мощности. Лампы накаливания имеют световую отдачу около 18 лм/Вт. Светодиоды белого свечения в промышленности достигли сейчас значений порядка 80 лм/Вт, т.е. уровня экономичных люминисцентных ламп. В лабораториях получены значения световой отдачи до 150 лм/Вт, т.е. превысила светоотдачу лучших современных люминесцентных ламп; когда эти значения будут достигнуты в массовом производстве, белые светодиоды вытеснят обычные лампы.

Следовательно, светодиод является в настоящее время наилучшим источником освещения, который обладает самым высоким коэффициентом полезного действия. Учитывая то, что часть электрической энергии, расходуемой на освещение, составляет в мире около 21% от общего количества потребляемой электроэнергии, массовое применение светодиодов для освещения позволит сэкономить электроэнергию, оцениваемую миллиардами долларов, и решить часть экологических проблем, связанных с глобальным потеплением.

В настоящее время светодиоды находят применение практически во всех областях светотехники, за исключением освещения производственных площадей, да и там могут использоваться в аварийном освещении. Особенно выгодно применять светодиоды сейчас, в период мирового финансового кризиса, когда необходимо жестко экономить электроэнергию.

Для освещения гостиничных номеров предварительно выбираем светодиодные лампы KREONIX P130 E27/14 168LED, имеющие стандартные

цоколи Е14 и Е27 [3]. Данные лампы можно использовать для замены стандартных ламп накаливания в любых существующих светильниках, без какой-либо модернизации. [3] Рабочее напряжение лампы KREONIX P130 E27/14 168LED – 220 В, мощность одной лампы 8,4 Вт. Внешний вид лампы дан на рисунке 1.1



Рис. 1.1. Внешний вид лампы KREONIX P130 E27/14 168LED

Расчёт осветительной нагрузки проведём методом коэффициента использования в соответствии с методикой, приведенной в [2; 4]. Расчётную величину осветительной нагрузки можно определить по формуле:

$$P_{ро}=P_{уст}\cdot K_{с}, \quad (1.8)$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность ламп;

$K_{с}$ – коэффициент спроса.

Установленная мощность ламп определяется их количеством, которое зависит от светового потока Ф, необходимого для получения нормы освещенности, и светового потока одной лампы.

Для одного помещения световой поток всех ламп, необходимый для получения нормы освещённости, методом коэффициента использования рассчитывается следующим образом:

$$Ф=\frac{E_{н}\cdot K_{зап}\cdot S\cdot z}{\eta}, \quad (1.9)$$

где Ф − световой поток ламп, установленных в помещении, лм;

$E_н$ − нормированная минимальная освещённость, лк; [1, п. 4.10; 2, табл. 4.5]

$K_{зап}$=1,3 − коэффициент запаса;

S − площадь помещения, м^2;

z=1,15 − коэффициент минимальной освещенности для светодиодных ламп; [2, с. 125]

η − коэффициент использования светового потока, о.е..

Коэффициент использования светового потока зависит от коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности ρ и от индекса помещения i.

Коэффициенты отражения для светлого потолка, стен, оклеенных светлыми обоями и темного пола (расчётной поверхности) [2, табл. 5-1]:

$\rho_п$=50%, $\rho_с$=30%, $\rho_р$=10%.

Индекс помещения определяется геометрическими размерами помещения и расчётной высотой h (расстоянием от светильника до расчетной поверхности):

$$i=\frac{A\cdot B}{h\cdot(A+B)}, \qquad (1.10)$$

здесь А − длина помещения, м;

В − ширина помещения, м.

Индекс помещения для гостиничного номера согласно плану:

$$i_{н.}=\frac{4{,}2\cdot 5{,}4}{2\cdot(4{,}2+5{,}4)}=1{,}18.$$

По [2] определили коэффициент использования светового потока для гостиничного номера − $\eta_н$=59%.

Определяем требуемый световой поток для гостиничного номера:

$$Ф_{н.}=\frac{150\cdot 1,3\cdot 4,2\cdot 5,4\cdot 1,15}{0,59}=7184 \text{ лм.}$$

Таким образом, для получения требуемого уровня освещенности в гостиничном номере необходима установка 10 ламп KREONIX P130 E27/14 168LED, которые дадут световой поток:

$Ф_{расч.н.}=10\cdot 700=7000$ лм.

Расчётный световой поток ламп, принятых к установке в номере, меньше требуемого на 3,6%, что допустимо, так как отклонение расчётного светового потока от требуемого допускается на (–10%÷+20%) [2, с. 125].

В настоящее время в номерах установлены светильники для 6 ламп накаливания мощностью 60 Вт.

Следовательно, требуется установка пары двухламповых подвесных или настенных светильников либо установка четырёх одноламповых светильников, встраиваемых в подвесные потолки.

Габаритные размеры принятых к установке ламп, необходимые при выборе светильников показаны на рисунке 1.2.

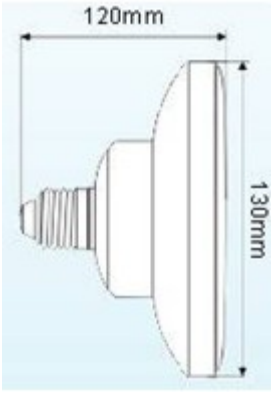

Рис. 1.2. Габаритные размеры лампы KREONIX P130 E27/14 168LED

Аналогичным образом рассчитываем требуемый световой поток для санузла гостиничного номера:

$$i_{с.у.}=\frac{2\cdot 2}{2\cdot(2+2)}=0{,}5;$$

$\eta_{с.у.}=24\%$;

$$\Phi_{с.у.}=\frac{50\cdot 1{,}3\cdot 2\cdot 2\cdot 1{,}15}{0{,}24}=1246 \text{ лм}.$$

Вместо двух ламп накаливания по 40 Вт, используемых в настоящее время для освещения санузлов гостиничных номеров, принимаем две лампы KREONIX P130 E27/14 168LED, создаваемый ими световой поток:

$\Phi_{расч.с.у.}=2\cdot 700=1400$ лм.

Световой поток принятых к установке в санузле ламп превышает требуемый на 12%, что допустимо [2, с. 125].

Определяем требуемый световой поток для коридора 30×2,2 м, при :

$$i_{к.}=\frac{30\cdot 2{,}2}{2\cdot(30+2{,}2)}=1{,}025;$$

$\eta_{к.}$=40%;

$$\Phi_{к.}=\frac{50\cdot 1{,}3\cdot 30\cdot 2{,}2\cdot 1{,}15}{0{,}4}=12334 \text{ лм.}$$

Число ламп KREONIX P130 E27/14 168LED для коридора определяем по формуле:

$$n=\frac{\Phi}{\Phi_{ном}}, \quad (1.11)$$

здесь $\Phi_{ном}$=700 лм –·номинальный световой поток одной лампы KREONIX P130 E27/14 168LED;

$$n_{к.}=\frac{12334}{700}=17{,}6.$$

Для коридора принимаем к установке 18 ламп KREONIX P130 E27/14 168LED, создаваемый ими световой поток:

$\Phi_{к}$=18·700=12600 лм.

Световой поток принятых к установке в коридоре ламп превышает требуемый на 2,2%, что допустимо [2, с. 125].

Так как длина коридора составляет 30 м, то восемнадцать потолочных светильников с лампами KREONIX P130 E27/14 168LED устанавливаем на расстоянии 1,6 м друг от друга по осевой линии коридора, крайние светильники – с отступом от концов коридора 1,4 м.

Общее число ламп KREONIX P130 E27/14 168LED Д в гостинице:

$N=(10+2)\cdot 96+18\cdot 9=1314.$

Установленная мощность ламп:

$$P_{уст}=N_{Л}\cdot P_{Лном}, \quad (1.12)$$

$P_{уст}=1314\cdot 8,4=11038$ Вт.

По [1, табл. 6.5] определили значение коэффициента спроса для гостиницы: $K_{с}=0,8$. Следовательно, осветительная нагрузка в целом:

$P_{р.о.}=11,04\cdot 0,8=8,83$ кВт;

$Q_{р.о.}=8,83\cdot 0,75=6,62$ кВАр.

1.3 Расчёт суммарной нагрузки

Суммарная нагрузка гостиничного комплекса с учетом осветительной нагрузки, общей нагрузки ресторанов, бара, кухни, прачечной и прочих вспомогательных помещений ($P_{пр}=284$ кВт, $Q_{пр}=193$ кВАр) и нагрузки уличного освещения ($P_{ул.о.}=6,94$ кВт, $Q_{ул.о}=6,35$ кВАр):

$$P_{\Sigma}=P_{р}+P_{р\,о}+P_{пр}+P_{ул.о.}; \quad (1.13)$$

$$Q_{\Sigma}=Q_{р}+Q_{р.о.}+Q_{пр}+Q_{ул.о}. \quad (1.14)$$

$P_{\Sigma}=76,51+8,83+284+6,94=372,3$ кВт,

$Q_{\Sigma}=21,33+6,62+193+6,35=227,3$ кВАр.

$S_{\Sigma}=\sqrt{372,3^2+227,3^2}=436,2$ кВА.

2. Выбор трансформаторов, проводников и электрооборудования

2.1 Выбор числа и мощности трансформаторов на ТП

Правильный выбор числа и мощности трансформаторов на городских подстанциях является одним из основных вопросов рационального построения системы электроснабжения.

Наиболее экономичны однотрансформаторные подстанции, которые при наличии централизованного (складского) резерва или связей по вторичному напряжению могут обеспечить надежное питание потребителей II и III категорий.

При проектировании систем электроснабжения установка однострансформаторных подстанций рекомендуется при полном резервировании электроприёмников I и II категория по сетям низкого напряжения и для питания электроприёмников III категории, когда возможна замена поврежденного трансформатора в течение не более одних суток и при наличии централизованного резерва.

Выбор номинальной мощности силовых трансформаторов осуществляется по условию:

$$S_T \geq \frac{S_\Sigma}{N_T \cdot K_З}, \qquad (2.1)$$

где $N_т$ – число трансформаторов;

$K_з$ – коэффициент загрузки, при двух трансформаторах принимается в пределах от 0,7 до 0,8, при одном – 0,85.

Определим расчётную мощность трансформаторов для ТП, питающей гостиницу, при установке двух трансформаторов и установке одного трансформатора:

$$S_{расч2}=\frac{436,2}{2\cdot 0,75}=290,7 \text{ кВА};$$

$$S_{расч1}=\frac{436,2}{1\cdot 0,85}=512,9 \text{ кВА}.$$

Таким образом, на ТП возможна установка двух трансформаторов ТМ–400/6/0,4 или одного ТМ–630/6/0,4.

Так как на рассматриваемой ТП в настоящее время стоят два трансформатора мощностью 400 кВА, износ которых достиг значительной степени, то принимаем решение о целесообразности их замены. С учетом перспективы развития на подстанции устанавливаем два трансформатора ТМ–630/6/0,4, при этом в ближайшие несколько лет постоянно в работе должен находиться только один трансформатор, второй выполняет функции резерва, через определенные промежутки времени трансформаторы меняются ролями.

2.2 Выбор проводников питающих линий

В настоящее время для реконструкции существующих и строительства новых линий электропередачи на напряжение до 1 кВ (а также для напряжения до 10 кВ) рекомендованы самонесущие изолированные провода, которые имеют значительные преимущества перед обычными проводами АС, а именно:

– не требуется расчистка трасс и замена изоляции, сокращаются восстановительные работы, отсутствует гололедообразование. При этом обеспечиваются:

– безопасность работ на ВЛИ и вблизи нее;

– снижение потерь напряжения и мощности вследствие малого реактивного сопротивления (у изолированных проводов – 0,1 Ом/км, у голых – 0,35 Ом/км), а также увеличение пропускной способности для одинаковых сечений на 6,5%;

– упрощение решения вопросов присоединения. Присоединение выполняется при помощи прокалывающего зажима, при этом не нарушаются механические свойства провода и его электрические параметры;

– экономия металлоконструкций и железобетона при техническом перевооружении (на одноцепной опоре со стойкой СВ 95-2 можно вешать две цепи за счет снижения изоляционных расстояний между цепями и уменьшения механических нагрузок). Экономия железобетона на одну опору составляет 0,17 м^3, металлоконструкций – 12,3 кг.

Кроме того, значительно повышают надежность самонесущих изолированных проводов следующие критерии:

– провода защищены от схлестывания;

– простота монтажных работ и соответственно уменьшение сроков их проведения;

– высокая механическая прочность проводов и соответственно невозможность их обрыва;

– пожаробезопасность, основанная на исключении короткого замыкания при схлестывании;

– возможность прокладки СИП по фасадам зданий, а также совместной подвески с проводами низкого, высокого напряжения, линиями связи, что дает существенную экономию на опорах.

– возможность применения опор действующих проектов и новых опор меньшей высоты;

– высокая надежность и бесперебойность энергообеспечения потребителей;

– отсутствие коротких замыканий между проводами фаз, случайных перекрытий;

– малая вероятность замыканий на землю;

– уменьшение расстояния между проводами на опорах и в пролете;

– сокращение общих эксплуатационных расходов за счет уменьшения объемов аварийно-восстановительных работ.

Поэтому в качестве проводников для питающей линии 6 кВ выбираем самонесущие изолированные провода СИП–3.

В соответствии с [5] сечения проводов ВЛ и жил кабелей должны выбираться по экономической плотности тока в нормальном режиме и проверяться по допустимому длительному току в аварийном и послеаварийном режимах, а также по допустимому отклонению напряжения.

Рациональное сечение определяется по формуле:

$$F_р = \frac{I_p}{j_э}, \qquad (2.2)$$

где $I_р$ – расчётный ток нормального режима;

$j_э$ – экономическая плотность тока, зависящая от вида проводника и его изоляции и продолжительности использования максимальной нагрузки T_{max}.

Для городских ТП 6/0,4 кВ T_{max}=4500−5000 ч [6, с. 842], тогда для самонесущих изолированных проводов с токоведущими алюминиевыми жилами $j_э$=1,2 А/мм^2 [5, табл. 1.3.36].

Расчётный ток для питающей линии 6 кВ определим по формуле

$$I_р = \frac{S_р}{\sqrt{3}\cdot U_{ном}}, \quad (2.3)$$

где $S_р$=0,5·$S_Σ$ – расчётная мощность, текущая по одной из двух питающих линий 6 кВ, кВА;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение;

$$I_р = \frac{0,5\cdot 436,2}{\sqrt{3}\cdot 6} = 21 \text{ А}.$$

Рациональное сечение для питающей линии 6 кВ:

$$F_р = \frac{21}{1,2} = 17,5 \text{ мм}^2.$$

Полученное сечение округляем до ближайшего большего стандартного сечения.

Для питающей линии 6 кВ выбираем СИП–3 – одножильный самонесущий изолированный провод с сечением токоведущей жилы 35 мм^2. Жила выполнена из алюминиевого сплава высокой прочности. Изоляция выполнена из сшитого полиэтилена.

Выбранное сечение необходимо проверить по допустимому длительному току, а также по потере напряжения, которая не должна превышать допустимую, и по термической стойкости при КЗ (по нагреву от кратковременного выделения теплоты при токах КЗ).

Максимальный ток в питающей линии:

$$I_{max}=\frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3}\cdot U_{ном}}, \quad (2.4)$$

$$I_{max}=\frac{436,2}{\sqrt{3}\cdot 6}=42 \text{ А}.$$

Максимальный ток питающей линии 6 кВ не превышает длительно допустимого тока $I_{доп}$=85 А для провода СИП–3–3х35, следовательно, недопустимого перегрева провода не произойдёт.

Наибольшую потерю напряжения в линии 6 кВ определим по формуле:

$$\Delta U_{нб}=\sqrt{3}\cdot I_{max}\cdot\left(r_{уд}\cos\varphi+x_{уд}\sin\varphi\right)\cdot L/1000, \quad (2.5)$$

где $I_р$ – расчётный ток в проводнике, А;

$r_{уд}$, $x_{уд}$ – удельное активное и индуктивное сопротивление проводника;

L – длина проводника, м.

Наибольшая потеря напряжения в питающем проводе СИП–3–3х35 (при отключении одной из двух питающих ВЛИ):

cosφ=372,3/436,2=0,853;

sinφ=227,3/436,2=0,521;

$\Delta U_{нб}=\sqrt{3}\cdot 42\cdot(0,986\cdot 0,853+0,1\cdot 0,521)\cdot 2,5=174$ В,

или $\Delta U_{нб\%}=0,174\cdot 100/6=2,9\%$.

В нормальном режиме потери напряжения в питающей ВЛИ составят не более 1,5%.

Т.о. сечение питающей линии 6 кВ успешно прошло проверку по

допустимой потере напряжения.

Выберем сечение питающего кабеля, который соединит шины 0,4 кВ ТП с вводной панелью серии ВРУ–3. Предварительно принимаем к установке вводную панель ВРУ–3А–12–УХЛ4, схема которой показана на рисунке 2.1.

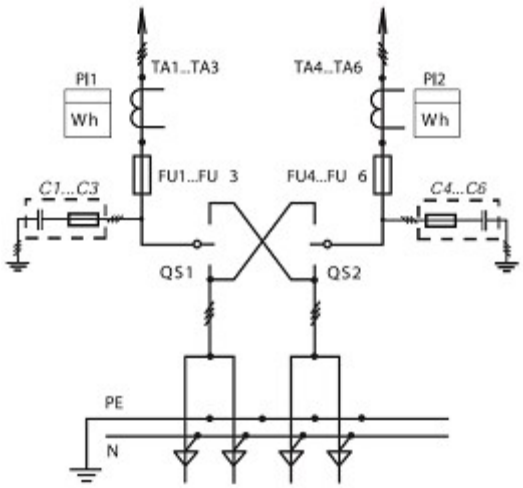

Рис. 2.1. – Принципиальная схема первичных соединений вводной панели ВРУ–3А–12–УХЛ4

Определяем расчётный ток питающего кабеля в соответствии с рисунком 3.1

$$I_p = \frac{436,2}{\sqrt{3}\cdot 0,4\cdot 4} = 157,4 \text{ А}.$$

К установке принимаются кабели с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами марки ААШв, следовательно, $j_э$=1,4 А/мм^2 [5, табл. 1.3.36].

Находим рациональное сечение для питающей кабельной линии от шин 0,4 кВ ТП до вводной панели:

$$F_p = \frac{157,4}{1,4} = 112,4 \text{ мм}^2.$$

Для соединения вводной панели гостиницы с шинами 0,4 кВ прокладываем четыре кабеля ААШв-(3х120+1х95). Прокладку кабелей выполняем в двух траншеях на глубине 0,6 м, расстояние в свету между кабелями – 300 мм. Следовательно, допустимый ток для кабеля ААШв-(3х120+1х95) в соответствии с [7, с. 401, 408]:

$I_{доп\ 120}=270\cdot0,93=251$ А.

Максимальный ток в питающем кабеле:

$$I_{max}=\frac{436,2}{\sqrt{3}\cdot0,4\cdot2}=314,8\ А,$$

что превышает длительно допустимый ток $I_{доп\ 120}=251$ А, следовательно, необходимо выбрать кабели большего сечения.

Выбираем кабели ААШв-(3х185+1х150) с длительно допустимым током:

$I_{доп\ 185}=345\cdot0,93=321\ А > I_{max}=314,8\ А,$

следовательно, недопустимого перегрева кабеля не произойдёт.

Потери напряжения в питающем кабеле ААШв-(3х185+1х150) :

$\Delta U=\sqrt{3}\cdot314,8\cdot(0,169\cdot0,853+0,06\cdot0,521)\cdot0,25=12$ В или $\Delta U_{\%}=3,2\%$.

Т.о. сечение кабеля успешно прошло проверку по допустимой потере напряжения.

Проверка выбранного сечения на термическое действие тока КЗ

проводится по условию:

$$F \geq F_{\min} = \frac{\sqrt{B_к}}{90} \cdot 10^3; \quad (2.6)$$

где F_{min} – минимальное сечение кабеля по условию термической стойкости;

$B_к$ – тепловой импульс.

Тепловой импульс определяется по формуле:

$$B_к = \left(I_{п0}^{(3)} \right)^2 \cdot \left(t_{откл} + T_a \right), \quad (2.7)$$

здесь $I_{п0}^{(3)}$ – периодическая составляющая тока трехфазного короткого замыкания (КЗ) в начальный момент времени;

$t_{откл}$ – время отключения КЗ.

Таким образом, для окончательной проверки сечения проводников питающих линий необходимо рассчитать токи КЗ.

2.3 Выбор вводно-распределительных устройств

Вводно-распределительные устройства (ВРУ) устанавливаются в жилых и общественных зданиях и предназначены для приема, распределения и учета электрической энергии, а также для защиты линий при перегрузках и коротких замыканиях в трехфазных сетях напряжением 380/220 В частотой 50 Гц с изолированной и глухозаземленной нейтралью, а также в четырехпроводном и пятипроводном исполнениях с рабочим нулевым заземляющим проводником.

Для присоединения сети 0,4 кВ внутреннего электроснабжения гостиницы к питающему кабелю выбрано стандартное вводно-распределительное устройство типа ВРУ–3А–12–УХЛ4 – вводную панель для двух взаимно резервируемых вводов на 400 А и учётом электроэнергии на двух вводах.

В вводной панели для защиты аппаратуры установлены два комплекта предохранителей типа ПН-2 в каждой фазе. За предохранителями установлены трансформаторы тока 400/5, они необходимы для понижения тока, идущего на учет. К вторичной цепи трансформаторов тока подключены два многотарифных счетчиков учета электроэнергии типа ЦЭ 6803.

Для распределения электроэнергии внутри гостиницы устанавливаем распределительную панель ВРУ–3А–25–УХЛ4, схема которой приведена на рисунке 2.2. Распределительная панель ВРУ–3А–25–УХЛ4 предназначена для питания десяти групп по 100 А от двух вводов и оснащена 30 предохранителями 100 А типа ПН-2.

Перечень электрооборудования выбранных вводной и распределительной панелей ВРУ–3А–12–УХЛ4 и ВРУ–3А–25–УХЛ4 приведен в таблице 2.1.

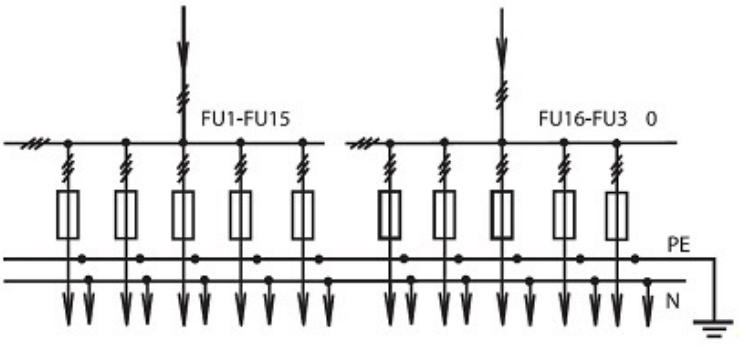

Рис. 2.2. – Принципиальная схема первичных соединений распределительной панели ВРУ–3А–25–УХЛ4

Таблица 2.1.

Электрооборудование

Электрооборудование	$I_{ном}$, А	Тип	Количество
вводная панель ВРУ–3А–12–УХЛ4			
Предохранитель	400	ПН−2	6
Трансформатор тока	400/5		6
Счетчик электроэнергии	−	ЦЭ6803	2
распределительная панель ВРУ–3А–25–УХЛ4			
Предохранитель	100	ПН−2	30

2.4 Выбор предохранителей

Плавкий предохранитель предназначен для защиты электрических установок от токов КЗ и перегрузок. Основными его характеристиками являются номинальный ток плавкой вставки $I_{ном.вст}$, номинальный ток предохранителя $I_{ном.пр}$, номинальное напряжение предохранителя $U_{ном,пр}$, номинальный ток отключения предохранителя $I_{ном.откл}$, защитная (времятоковая) характеристика предохранителя.

Номинальным током плавкой вставки называют ток, на который рассчитана плавкая вставка для длительной работы в нормальном режиме. Номинальный ток предохранителя – это ток, при длительном протекании которого не наблюдается перегрева предохранителя в целом. Необходимо иметь в виду, что в предохранителе может использоваться плавкая вставка с номинальным током, меньшим номинального тока предохранителя. Номинальное напряжение предохранителя определяет конструкцию предохранителя и длину плавкой вставки. Отключающая способность предохранителя характеризуется номинальным током отключения, являющимся наибольшим током КЗ, при котором предохранитель разрывает цепь без каких-либо повреждений, препятствующих его дальнейшей работе после смены плавкой вставки.

Наибольшее распространение в сетях напряжением до 1 кВ получили предохранители типа НПН (насыпной неразборный) и типа ПН2 (насыпной

разборный).

Различают плавкие предохранители инерционные (типа ИП), способные выдерживать значительные кратковременные перегрузки, и безинерционные (типов НПН, ПН2) с ограниченной способностью к перегрузкам.

Выбор предохранителей производят по условиям [4, с. 283]:

$$U_{ном.пр} \geq U_c; \quad (2.8)$$

$$I_{ном.пр} \geq I_{р.max}, \quad (2.9)$$

где U_c – номинальное напряжение сети;

$I_{р.max}$ – максимальный рабочий ток.

Плавкая вставка для безинерционных предохранителей в цепях без двигательной нагрузки выбирается следующим образом [2, с. 283]:

$$I_{ном.вст} \geq I_{р.max}; \quad (2.10)$$

$$I_{ном.вст} \geq i_п, \quad (2.11)$$

где $i_п$ – пиковый ток защищаемого присоединения.

Выбор предохранителя для вводной панели ВРУ–3А–12–УХЛ41:

U_c=0,4 кВ; $i_п=I_{max}$=314,8 А.

Выбираем предохранитель типа ПН2-400 с током плавкой вставки $I_{ном.вст}$=315 А [7, с. 371].

Аналогично выбираются предохранители для присоединений распределительной панели ВРУ–3А–25–УХЛ4, которые показаны на листе 1 графической части работы, результаты представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2.

Выбор предохранителей

Цепь	P_m, кВт	Q_m, кВАр	S_m, кВА	$I_р$, А	Марка предохранителя	$I_{вст}$, А
ЭЩ1 (левое крыло гостиницы)	25,5	7,11	26,5	38,2	ПН2-100	40
ЭЩ2 (центральная часть гостиницы)	25,5	7,11	26,5	38,2	ПН2-100	40
ЭЩ3 (правое крыло гостиницы+вспом. пом.)	45,5	25,11	52,0	75,1	ПН2-100	80
ЭЩ4 (рестораны, бар)	56	35	66	95,3	ПН2-100	100
ЭЩ5 (кухня)	67	12	68,1	98,2	ПН2-100	100
ЭЩ6 (вспомогательные кухонные помещения)	49	38	62,0	89,5	ПН2-100	100
ЭЩ7 (конференц-зал, офис, фойе)	50	45	67,3	97,1	ПН2-100	100
ЭЩ8 (прачечная)	42	45	61,6	88,8	ПН2-100	100
Распределительная панель для ЩО внутреннего освещения и уличного освещения	15,77	12,97	20,4	29,5	ПН2-100	40

2.5 Выбор электрических щитов

К установке приняты щитки распределительные ЩР–1А–100–18–УХЛ3. На вводе щитков и в цепях отходящих линий установлены автоматические выключатели.

В качестве щитков освещения выбраны щитки УОЩВ–12 УХЛ4, которые оснащены вводными автоматическими выключателями и устанавливаются в нишах.

2.6 Выбор автоматических выключателей

Для защиты электрооборудования наряду с плавкими предохранителями в установках напряжением до 1 кВ широко применяют автоматические воздушные выключатели, выпускаемые в одно-, двух- и трехполюсном исполнении, постоянного и переменного тока.

Автоматические выключатели снабжают специальным устройством релейной защиты, которое в зависимости от типа выключателя выполняют в виде токовой отсечки, максимальной токовой защиты или двухступенчатой токовой защиты. Для этого используют электромагнитные и тепловые реле. Эти реле называют расцепителями.

Конструктивно автоматические выключатели намного сложнее предохранителей и представляют собой сочетание выключателя и расцепителя.

Номинальным током автоматического выключателя $I_{ном.а}$ называют наибольший ток, при протекании которого выключатель может длительно работать без повреждений. Номинальным напряжением автоматического выключателя $U_{ном.а}$ называют указанное в паспорте напряжение, равное напряжению электрической сети, для работы в которой этот выключатель предназначен. Номинальным током расцепителя $I_{ном.рас}$ называют указанный в

паспорте ток, длительное протекание которого не вызывает срабатывание расцепителя. Током уставки расцепителя называют наименьший ток, при протекании которого расцепитель срабатывает. При выборе уставок тока срабатывания автоматических выключателей необходимо учитывать различия в характеристиках и погрешности в работе расцепителей выключателей. Существуют следующие требования к выбору автоматических выключателей:

номинальное напряжение выключателя не должно быть ниже напряжения сети:

$$U_{ном\ а} \geq U_с; \quad (2.12)$$

номинальный ток автоматического выключателя и номинальный ток его расцепителя должен быть не меньше наибольшего расчетного тока нагрузки, длительно протекающего по защищаемому элементу [2, с. 289]:

$$I_{ном,а} \geq I_{р,max}; \quad (2.13)$$

$$I_{ном.рас} \geq I_{р.max}; \quad (2.14)$$

автоматический выключатель не должен отключаться в нормальном режиме работы защищаемого элемента, поэтому ток уставки замедленного срабатывания регулируемых расцепителей следует выбирать по условию [2, с. 289]:

$$I_{ном.рас} \geq (1{,}1 \div 1{,}3) I_{р.max}; \quad (2.15)$$

при допустимых кратковременных перегрузках защищаемого элемента автоматический выключатель не должен срабатывать; это достигается выбором уставки мгновенного срабатывания электромагнитного расцепителя

по условию [2, с. 291]:

$$I_{ном.рас.э} \geq (1,25 \div 1,35) i_п; \quad (2.16)$$

где $i_п$ – пиковый ток.

отключающая способность должна быть рассчитана на максимальные токи КЗ, проходящие по защищаемому элементу:

$$I_{откл} > I^{(3)}_{п0}, \quad (2.17)$$

здесь $I_{откл}$ − номинальный ток отключения автоматического выключателя;

$I^{(3)}_{п0}$ − максимальный ток трехфазного КЗ в защищаемой цепи.

Выбираем автоматический выключатель для ввода электрического щита №1, устанавливаемого в левом крыле гостиницы:

$I_{р\ max}$=38,2 А;

$1,3 \cdot I_{р\ max}$=1,3·38,2=49,7 А,

$1,35 \cdot i_{пик}$=1,35·(1,5·38,2)=77,4 А.

Для защиты щита №1 выбираем автоматический выключатель ВА 51−31 [10, табл. 2.1.1]:

$I_{ном,а}$=100 А, $U_{ном,а}$=0,4 кВ, $I_{ном,рас}$=50 А, $I_{рас,ном\ э}$=150 А.

Аналогичным образом выбираются остальные автоматические выключатели, результаты сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3.

Выбор автоматических выключателей

Щит	Место установки	P_m, кВт	Q_m, кВАр	Sm, кВА	$I_{р.max}$, А	Выключатель	$I_{ном}$, А	$I_{рас,ном}$, А	$I_{рас,ном.э}$, А
1	Левое крыло	25,5	7,11	26,5	38,2	ВА 51-31	100	50	150
2	Центральная часть	25,5	7,11	26,5	38,2	ВА 51-31	100	50	150
3	Правое крыло гостиницы	45,5	25,11	52	75,1	ВА 51-37	160	100	200
4	Бар	56	35	66	95,3	ВА 51-37	160	125	250
5	Кухня	67	12	68,1	98,2	ВА 51-37	160	160	320
6	Склад	49	38	62	89,5	ВА 51-37	160	125	250
7	Офис	50	45	67,3	97,1	ВА 51-37	160	160	320
8	Прачечная	42	45	61,6	88,8	ВА 51-37	160	125	250
9	Ввод 0,4 кВ трансформатора ТП	372,3	227,3	436,2	629,6	ВА 53-41	1000	1000	2000

2.7 Выбор сечений кабелей от ВРУ до электрощитов

Сечения жил кабелей выбирают по экономической плотности тока и проверяют по нагреву длительным расчётным током, по условию термической стойкости к токам КЗ и по условию соответствия выбранному защитному устройству (автоматическому выключателю):

$$I_р \leq I_{доп}, \quad (2.18)$$

$$I_{доп} \geq k_{защ} \cdot I_з, \quad (2.19)$$

здесь $I_{доп}$ − длительно допустимый ток кабеля [7, табл. 7.10];

$I_з$ – параметр защитного устройства, т.е. ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя;

$k_{защ}=1$ – коэффициент защиты для сетей, где предусматривается защита от перегрузок [4, табл. 7.6].

Расчётный ток для щитка №1 − $I_{1\,р}=38{,}2$ А (табл. 2.3), в цепи щитка №1 стоит автоматический выключатель ВА 51−31 с $I_{рас.ном}=50$ А (табл. 2.3), следовательно, для кабеля от ВРУ №1 до ЭЩ1 должны выполняться условия:

$$F_р=\frac{38{,}2}{1{,}6}=23{,}4 \text{ мм}^2,$$

$I_{доп} \geq 38{,}2$ А,

$I_{доп} \geq 1 \cdot 0=50$ А.

Выбираем медный кабель ВВГ−4×10 с длительно-допустимым током $I_{дл,доп}=50$ А [10, с. 78].

Сечения остальных кабелей от распределительной панели до электрощитов выбраны аналогично, результаты показаны в таблице 2.4.

Таблица 2.4.

Выбор кабелей, питающих электрощиты

Щит	Место установки	$I_{р.max}$, А	Выключатель	$I_{рас,ном}$, А	$F_р$, мм^2	Кабель	$I_{доп}$, А
1	Левое крыло	38,2	ВА 51-31	50	3,9	ВВГ-4х10	50
2	Центральная часть	38,2	ВА 51-31	50	5,7	ВВГ-4х10	50
3	Правое крыло гостиницы	75,1	ВА 51-37	100	34,4	ВВГ-4х35	115
4	Бар	95,3	ВА 51-37	125	3,4	ВВГ-4х50	150
5	Кухня	98,2	ВА 51-37	160	0,8	ВВГ-4х70	185
6	Склад	89,5	ВА 51-37	125	4,3	ВВГ-4х50	150
7	Офис	97,1	ВА 51-37	160	40,1	ВВГ-4х70	185
8	Прачечная	88,8	ВА 51-37	125	38,4	ВВГ-4х50	150

Групповые линии освещения и групповые линии розеточной сети 220 кВ выполняются однофазными трёхпроводными. В гостиничных номерах прокладывается однофазная трёхпроводная групповая линия розеточной сети проводом ВВГ−3×2,5, допустимый ток для которого составляет 25 А. Каждая групповая линия защищается своим однополюсным автоматом.

2.8 Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания производится для выбора и проверки параметров электрооборудования, а также для выбора или проверки уставок релейной защиты и автоматики.

Основная цель расчёта состоит в определении периодической составляющей тока короткого замыкания для наиболее тяжёлого режима электрической сети. Учёт апериодической составляющей производится приближённо, допуская при этом, что она имеет максимальное значение в

рассматриваемой фазе.

Расчёт токов короткого замыкания с учётом действительных характеристик и действия режима работы всех элементов энергосистемы весьма сложен. Вместе с тем для решения большинства задач, встречающихся на практике, можно ввести допущения, упрощающие расчёты и не вносящие существенных погрешностей. К таким допущениям относят следующие:

Не учитывается насыщение магнитных систем, что позволяет считать постоянными и не зависящими от тока индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи;

Пренебрегают намагничивающими токами силовых трансформаторов;

Не учитывают ёмкостные проводимости элементов короткозамкнутой цепи на землю;

Сопротивление шин распределительных устройств, электрических аппаратов (выключателей, трансформаторов тока и др.), кабельных и воздушных перемычек сравнительно небольшой длины не учитывают из-за их малого значения;

Считают, что трёхфазная система является симметричной; влияние нагрузки на ток короткого замыкания учитывают приближённо; при вычислении тока короткого замыкания обычно пренебрегают активным сопротивлением цепи, если отношение X/R более трёх. Однако активное сопротивление необходимо учитывать при определении постоянной времени затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания T_a.

Указанные допущения наряду с упрощением расчётов приводят к некоторому преувеличению токов короткого замыкания (погрешность расчёта не превышает 10%, что принято считать допустимым).

Расчёт токов при трёхфазном коротком замыкании выполняется в следующем порядке:

1) составляется расчётная схема замещения;

2) путём постепенного преобразования приводят схему замещения к

наиболее простому виду так, чтобы каждый источник питания или группа источников, характеризующиеся определённым значением результирующей ЭДС, были связаны с точкой короткого замыкания одним результирующим сопротивлением;

3) зная результирующую ЭДС источников питания и результирующее сопротивление, по закону Ома определяют начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания $I_{п0}$, затем ударный ток и при необходимости периодическую и апериодическую составляющую тока короткого замыкания для заданного момента времени.

Под расчётной схемой установки понимают упрощённую однолинейную схему электроустановки с указанием всех элементов и их параметров, которые влияют на ток короткого замыкания и поэтому должны быть учтены при выполнении расчётов тока короткого замыкания.

На расчётной схеме указываются номинальные параметры (напряжения, мощности, сопротивления) отдельных элементов. Сопротивление шин распределительных устройств, электрических аппаратов (выключателей, трансформаторов тока и др.), кабельных и воздушных перемычек сравнительно небольшой длины при расчётах токов КЗ в сетях выше 1 кВ не учитывают из-за их малого значения. В целях упрощения расчётов для каждой электрической ступени в расчётной схеме вместо её действительного напряжения на шинах указывают среднее значение. Приняв для каждой электрической ступени среднее напряжение, считают, что номинальное напряжение всех элементов, включенных на данной ступени, равны её среднему значению. Для определения сопротивления элементов сети на расчётной схеме обычно указываются их параметры в именованных или относительных единицах. В сетях же до 1 кВ сопротивления электрических аппаратов, контактов, шин при расчёте токов КЗ обязательно учитываются. Расчет токов КЗ в сетях до 1 кВ удобнее всего проводить в именованных единицах.

Для расчёта токов трехфазного КЗ составляем схемы замещения для расчётных точек КЗ − шины 0,4 кВ питающей ТП и ввод в здание гостиницы. Составленные схемы даны на рисунке 2.3.

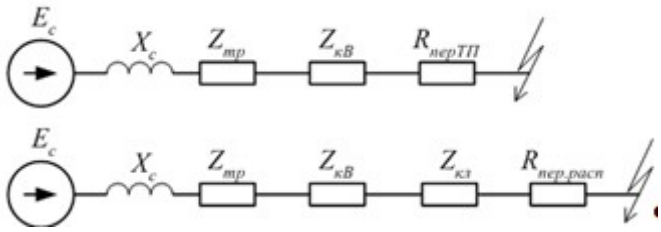

Рис. 2.3. Схемы замещения для расчёта токов КЗ в типовых точках

Сопротивление системы, приведённое к напряжению 0,4 кВ:

$$X_C = \frac{U_{\text{номВН}}}{\sqrt{3} I_{\text{откл}}} \cdot \left(\frac{U_{\text{номНН}}}{U_{\text{номВН}}} \right)^2, \quad (2.20)$$

здесь $I_{откл}$=12,5 кА – значение тока отключения выключателя нагрузки, стоящего на стороне ВН трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ.

$$X_C = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 12,5} \cdot \left(\frac{0,4}{6,3} \right)^2 \cdot 1000 = 1,17 \text{ мОм}.$$

Сопротивление трансформатора ТМ–630/6/0,4, приведённое к стороне

0,4 кВ [8, табл. 1.9.1]:

$Z_{тр}$=3,1+j13,6 мОм.

Сопротивления кабельной линии определяется по удельным сопротивлениям [6, табл. 1.9.5] и её длине:

$$Z=z_{уд}\cdot L, \quad (2.21)$$

$Z_{кл}$=(0,169+j0,06)·250/4=10,56+j3,75 мОм.

Сопротивление автоматического выключателя $Z_{кВ}$ принято по [8, табл. 1.9.3]:

$Z_{кВ}$=0,1+j0,17мОм.

Переходное сопротивление контактных соединений зависит от места КЗ, т,е, от удаленности КЗ от шин ТП [8, табл, 1.9.4]:

$R_{перТП}$=15 мОм,
$R_{пер,расп}$=20 мОм.

Результирующее сопротивление при КЗ на шинах ТП:

$$Z_{\Sigma ТП}=jX_C+Z_{тр}+Z_{кВ}+R_{перТП}, \quad (2.22)$$

$Z_{\Sigma ТП}$=j1,17+3,1+j13,6+0,1+j0,1+15=18,2+j14,87 мОм.

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ на шинах ТП:

$$I_{п0\ ТП}=\frac{U_{номНН}}{\sqrt{3}\cdot|Z_{\Sigma ТП}|}, \quad (2.23)$$

$$I_{п0\ ТП}=\frac{400}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{18,2^2+14,87^2}}=9,83 \text{ кА}.$$

Ударный ток находится по формуле:

$$i_{уд}=\sqrt{2}\cdot I_{п0}\cdot K_{уд}, \quad (2.24)$$

где $K_{уд}$ – ударный коэффициент, зависящий от постоянной времени $T_а$.

Ударный коэффициент и постоянная времени:

$$K_{уд}=1,02+0,98\cdot e^{-\frac{0,01}{Ta}}, \quad (2.25)$$

$$T_а=\frac{x_\Sigma}{314\cdot r_\Sigma}. \quad (2.26)$$

Для шин 0,4 кВ ТП:

$$T_a=\frac{14,87}{314\cdot 18,2}=0,004 \text{ с},$$

$$K_{уд}=1,02+0,98\cdot e^{-\frac{0,01}{0,004}}=1,1,$$

$$i_{уд\ ТП}=\sqrt{2}\cdot 9,83\cdot 1,1=15,3 \text{ кА}.$$

Аналогичным образом найдены токи трёхфазного КЗ для ввода в здание:

$$Z_{\Sigma ВРУ}=j1,17+3,1+j13,6+0,1+j0,1+10,56+j3,75+20=33,76+j18,62 \text{ мОм};$$

$$I_{п0\ ВРУ}=\frac{400}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{33,76^2+18,62^2}}=5,99 \text{ кА};$$

$$T_a=\frac{18,62}{314\cdot 33,76}=0,002 \text{ с};$$

$$K_{уд}=1,02+0,98\cdot e^{-\frac{0,01}{0,002}}=1,027;$$

$$i_{уд\ ВРУ}=\sqrt{2}\cdot 5,99\cdot 1,027=8,7 \text{ кА}.$$

2.9 Расчёт токов однофазного КЗ

Начальное значение периодической составляющей тока однофазного КЗ определяется по формуле [7, с. 141]:

$$I^{(1)}_{п0} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{номНН}}{|2 \cdot z_{\Sigma} + z_{0\Sigma}|}, \quad (2.27)$$

где z_0 – суммарное сопротивление схемы замещения нулевой последовательности относительно точки КЗ.

Сопротивления нулевой последовательности трансформатора с низшим напряжением до 1 кВ при схеме соединения обмоток Δ/Y_0-11 принимаются равными сопротивлениям прямой последовательности. [9, с. 141]

Сопротивления нулевой последовательности шин зависят от многих факторов: расположения и выполнения заземляющих проводников, близости проводящих металлоконструкций и др. В практических расчетах активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности трехжильных кабелей принимают соответственно $r_{0к}=10 \cdot r_{1к}$; $x_{0к}=4 \cdot x_{1к}$.

В таблице 2.5 показаны суммарные сопротивления схем замещения прямой и нулевой последовательностей относительно расчётных точек однофазного КЗ, там приведены значения периодической составляющей тока однофазного КЗ и ударного тока при однофазном КЗ.

Таблица 2.5.

Расчет токов однофазного КЗ

Точка КЗ	Z_{Σ}, мОм	$Z_{0\Sigma}$, мОм	$I^{(1)}_{п0}$, кА	$i_{уд}$, кА
шины ТП	18,2+j14,87	20,65+j18,44	9,83	15,3
ввод в здание	33,76+j18,62	128,8+j29,87	1,75	2,54

2.10 Проверка питающего кабеля по термической стойкости

Принимаем $t_{откл}$=0,5 с, тогда:

$B_к=9,83^2\cdot(0,5+0,004)=48,7$ кА^{2}с;

$$F_{min}=\frac{\sqrt{48,7}}{90}\cdot 10^3 =77 \text{ мм}^2.$$

Следовательно, выбранный питающий кабель ААШв-(3х185+1х150) выдержит термическое действие токов КЗ.

2.11 Выбор предохранителей и выключателей нагрузки 6 кВ

Плавкие предохранителя напряжением выше 1 кВ выбирают по конструктивному выполнению, номинальным напряжению и току, предельным отключаемым току и мощности, роду установки (наружная, внутренняя) и в некоторых случаях с учетом избирательной защиты линий.

На стороне 6 кВ в цепях силовых трансформаторов 6/0,4 кВ устанавливаем кварцевые предохранители ПКТ–6. Плавкие предохранители позволяют осуществить наиболее простую и дешевую защиту электроустановки. При выполнении защиты трансформатора с помощью плавких предохранителей оказываются ненужными трансформаторы тока, аппаратура релейной защиты. Плавкие предохранители не требуют проведения наладочных работ, необходимых для устройств релейной защиты, выключателей и другого, более сложного оборудования.

Максимальный ток в цепи трансформатора ТМ-630/6:

$$I_{max}=1,4\cdot\frac{630}{\sqrt{3}\cdot 6}=84,9\ А.$$

Выбираем плавкий предохранитель ПКТ103-6-100-12,5УЗ. [7, с. 255]

Проверка условий выбора предохранителя сведена в таблицу

2.6.Таблица 2.6

Выбор предохранителя 6 кВ

Расчётные данные	Справочные данные	Условия выбора
$U_{уст}$=6 кВ	$U_{ном}$=6 кВ	$U_{ном} \geq U_{уст}$
I_{max}=84,9 А	$I_{ном}$=100 А	$I_{ном} \geq I_{max}$
$I_{п0}$=2,1 кА	$I_{отк.ном}$=12,5 кА	$I_{отк.ном} \geq I_{по}$

Выбор выключателей нагрузки и разъединителей проводится по номинальным напряжению и току, проверяются выключатели нагрузки и разъединители по электродинамической и термической стойкости при КЗ.

Для ТП выбраны выключатели нагрузки серии «ISARC» («ИСАРК»), предназначенные для коммутации цепей трёхфазного тока частотой 50 Гц номинальным напряжением 6 кВ и номинальным током до 400 А.

Данные выключатели обладают целым рядом преимуществ:

простота и надёжность конструкции;

простота установки и обслуживания;

малый вес подвижных частей;

наличие дугогасительной камеры;

полное разделение на шинный и высоковольтный отсеки с помощью механической заслонки.

Проверка выключателей нагрузки ISARC-1 выполнена в таблице 2.7.

Таблица 2.7

Проверка выключателей нагрузки ISARC-1 и разъединителей РВ-6/400УЗ

Расчётные данные	Справочные данные	Условия выбора
$U_{уст}$=6 кВ	$U_{ном}$=6 кВ	$U_{ном} \geq U_{уст}$
I_{max}=84,9 А	$I_{ном}$=400 А	$I_{ном} \geq I_{max}$
$i_{уд}=\sqrt{2} \cdot 1,5 \cdot 2,1=5,5$ кА	$i_{пр.скв}$=31,5 кА	$i_{пр.скв} \geq i_{уд}$
$B_к=2,1^2 \cdot (1,5+0,05)=6,8$ кА^2·с	$I^2_{тер} \cdot t_{откл}=16^2 \cdot 1,5=234$ кА^2·с	$I^2_{тер} \cdot t_{откл} \geq B_к$

3. Экономическая часть

3.1 Устанавливаемое оборудование

Проектом реконструкции электросети гостиничного комплекса предусматривается установка значительного количества современного электрооборудования, перечень которого дан в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

Перечень устанавливаемого оборудования

Вид оборудования	Марка	Число, длина, м
Силовой трансформатор	ТМ–630/6/0,4	2
Выключатель нагрузки	ISARC-1	2
Разъединитель	РВ-6/400УЗ	2
Предохранитель	ПКТ103-6-100-12,5УЗ	2
Провод	СИП–3–3х35	2х2500
Кабель	ААШв-(3х185+1х150)	4х250
Вводная панель	ВРУ–3А–12–УХЛ4	1
Распределительная панель	ВРУ–3А–25–УХЛ4	1
Распределительные щитки	ЩР–1А–100–18–УХЛ3	8
Осветительные щитки	УОЩВ–12 УХЛ4	10

Автоматические выключатели	ВА 51−31	2
Автоматические выключатели	ВА 51−37	6
Автоматические выключатели	ВА 53–41	3
Автоматические выключатели	ВА 51−25	154
Автоматические выключатели	ВА 51−31–1	120
Кабель	ВВГ−4×70	150
Кабель	ВВГ−4×50	200
Кабель	ВВГ−4×35	50
Кабель	ВВГ−4×10	200
Светильник		192
Светодиодные лампы	KREONIX P130 168LED	1314

3.2 Стоимость устанавливаемого оборудования

Определение капитальных вложений в реконструкцию системы электроснабжения производится суммированием стоимости отдельных видов электрооборудования [12] с учётом его количества.

Расчёт суммарной стоимости необходимого электрооборудования в текущих расценках выполнен в таблице 5.2.

Таблица 5.2.

Стоимость устанавливаемого оборудования

Марка оборудование	Фирма–изготовитель	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. обор., руб./шт, руб/м	Стоимость, руб.
ТМ–630/6/0,4	ООО НПП "РЭК"	шт.	2	279000	558000
ISARC-1	ООО «РоспольЭлектро»	шт.	2	71000	142000
РВ-6/400У3	ЗАО АВК-Энерго	шт.	2	5900	11800
ПКТ103-6-100-12,5У3	ООО "Альфа Энергия"	шт.	2	1220	2440
СИП–3–3х35	группа компаний Элекмет	м	22500	88	440000
ААШв-(3х185+1х150)	группа компаний Элекмет	м	4 ·250	875	875000
ВРУ–3А–12–УХЛ4	ООО «ЭлектроАрсенал»	шт.	1	15458	15458
ВРУ–3А–25–УХЛ4	ООО «ЭлектроАрсенал»	шт.	1	13142	13142
ЩР–1А–100–18–УХЛ3	ПКФ «Автоматика»	шт.	8	560	4480
УОЩВ–12 УХЛ4	ПКФ «Автоматика»	шт.	10	341	3410
ВА 51−31	ООО «Энерго-Грант»	шт.	2	620	1240
ВА 51−37	ООО «Энерго-Грант»	шт.	6	930	5580
ВА 53–41	ООО «Энерго-Грант»	шт.	3	7200	21600
ВА 51−25	ООО «Энерго-Грант»	шт.	154	540	83160
ВА 51−31–1	ООО «Энерго-Грант»	шт.	120	370	44400
ВВГ−4×70	группа компаний Элекмет		150	665	99750
ВВГ−4×50	группа компаний Элекмет	м	200	479	95800
ВВГ−4×35	группа компаний Элекмет	м	50	343	17150
ВВГ−4×16	группа компаний Элекмет	м	200	93	18600
Светильник		шт.	192	400	76800
KREONIX P130 168LED		шт.	1314	140	183960
Итого					2713770

Таким образом, требуемые капитальные вложения на реконструкцию электросети гостиничного комплекса с учётом зонального повышающего коэффициента для Сахалина (1,3) составят:

1,3·2,714=3,528 млн. рублей.

Определим удельные капиталовложения на единицу потребляемой мощности:

$$K_{уд} = \frac{K}{S_p}, \quad (5.1)$$

здесь $S_р$ – расчётная мощность нагрузки гостиничного комплекса .

$$K_{уд} = \frac{3528}{436,2} = 8,1 \text{ тыс.руб./кВА.}$$

3.3 Полная стоимость реконструкции

Реконструкция системы электросети гостиничного комплекса кроме затрат на приобретение оборудования потребует также следующих расходов:

1) затрат на оплату труда рабочих с учётом единого социального налога;

2) дополнительных материальных затрат.

В элементе «Затраты на оплату труда» отражаются все затраты на оплату труда производственного персонала, занимающегося реконструкцией.

В состав этих затрат включаются выплата заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из расценок, тарифных ставок, должностных окладов. Затраты на оплату труда определяются как произведение средней заработной платы на предприятии региона расположения электрической сети на принятую численность промышленно-производственного персонала. Учитывая, что средняя заработная плата зависит от многих факторов и постоянно меняется, в расчетах целесообразно затраты на оплату труда увязывать с месячной тарифной ставкой первой ступени оплаты труда $Ст_{(1)}$ работников, занятых на эксплуатации, ремонте и строительстве объектов электроэнергетической промышленности. Принимаем, среднее значение $Ст_{(1)}$=5000 руб./мес.

Для определения численности персонала для проведения реконструкции выполняем расчёт трудоемкости реконструкции – таблица 5.3.

Таблица 5.3.

Расчёт трудоемкости реконструкции

Вид оборудования	Нормы трудоемкости, чел.·час	Единиц	Трудоемкость, чел.·час
Прокладка СИП 3	38	2,5	95
Прокладка кабеля	143	1	143
КТП	180	1	180
Распределительные пункты силовые с трехфазными автоматическими выключателями на номинальный ток до 200 А	60	2	120
Щитки осветительные, распределительные с числом автоматических выключателей 16–30	30	18	540
Электроосветительная арматура (10 светильников) с одной лампой	2,5	192	48
Прокладка проводки	117	0,6	70
Итого			1196

Таким образом, при восьмичасовом рабочем дне для проведения реконструкции потребуется работа бригады из 4 рабочих в течение 38 рабочих дней:

1385/(4·8)=38.

Принимаем, что проведение реконструкции будет осуществлено в течение полутора календарных месяцев.

Определим среднемесячную заработную плату одного работающего и фонд оплаты труда на одного человека на время проведения реконструкции:

$$ЗП_{ср.мес}=Ст_{(1)}\cdot K_t\cdot K_р\cdot K_{пр}; \quad (5.2)$$

$$ФОТ_{чел}=ЗП_{ср.мес}\cdot 1,5; \quad (5.3)$$

здесь K_t=1,4−1,6 – средний тарифный коэффициент по промышленно-производственному персоналу;

$K_р$=1,4 – районный коэффициент к заработной плате;

$K_{пр}$=1,15−1,5 − средний коэффициент, учитывающий стимулирующие виды доплат (премии).

$ЗП_{ср.мес}$=5000·1,6·1,4·1,5=16800 тыс.руб./мес.;

$ФОТ_{чел}$=16,8·1,5=25,2 тыс.руб..

Затраты на оплату труда определяются по формуле:

$$И_{от}=ФОТ_{чел}\cdot N; \quad (5.4)$$

$И_{от}$=25,2·4=101 тыс.руб..

Единый социальный налог:

$$И_{сн}=\frac{И_{сн\%}}{100}\cdot И_{от}, \quad (5.5)$$

здесь $И_{сн\%}$=35,8% − ставка единого социального налога.

$И_{сн}$=0,358·101=36 тыс.руб.

Кроме того в стоимости реконструкции отражаются дополнительные материальные затраты, в которые входят:

− стоимость покупки вспомогательных, смазочных, материалов, крепежа;

− стоимость работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними предприятиями – проведение испытаний, транспортные услуги и др.. Стоимость материальных ресурсов, отражаемая по элементу «Материальные затраты», формируется исходя из цен их приобретения, наценок, комиссионных вознаграждений, уплачиваемых снабженческим, внешнеэкономическим организациям, стоимости услуг товарных бирж, включая брокерские услуги, таможенные пошлины, плату за транспортировку, осуществляемую сторонними организациями, и ориентировочно в нашем случае рассчитывается по формуле:

$$И_{м.з.}=(0,02\div0,07)\cdot К; \quad (5.6)$$

$И_{мз}$ =0,05 3258=163 тыс.руб..

В полную стоимость реконструкции включаются все рассчитанные затраты:

$К_{сум}=К+И_{мз}+И_{от}+И_{сн}$; (5.7)

$К_{сум}=3258+163+101+36=3558$ тыс.руб..

Рассчитанные экономические показатели реконструкции электросети гостиничного комплекса сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4.

Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Значение
Капиталовложения на приобретение оборудования, тыс. руб.	3258
Удельные капиталовложения, тыс.руб./МВА	8,1
Численность рабочих, чел	4
Затраты на оплату труда	101
Единый социальный налог	36
Материальные затраты	163
Итого полная стоимость реконструкции	3558

3.4 Экономическая выгода от замены источников освещения

Проектом реконструкции предусматривается замена ламп накаливания в гостиничных номерах светодиодными лампами. В настоящее время в каждом номере установлено по 8 ламп накаливания: 6 ламп мощностью 60 Вт и 2 лампы мощностью 40 Вт. Следовательно, расчётная осветительная нагрузка 96 гостиничных номеров в настоящее время составляет:

$Р_{р.о.сущ.}=96\cdot(6\cdot0,06+2\cdot0,04)\cdot0,8=33,79$ кВт.

Расчётная осветительная нагрузка светодиодных ламп, найденная в пункте 1.2:

$Р_{р.о.}=8,83$ кВт.

Определяем годовое потребление электроэнергии осветительной нагрузкой до и после реконструкции:

$W_{сущ}$=33,79·2500=84475 кВт·ч;

W=8,83·2500=22075 кВт·ч.

После установки светодиодных ламп годовое энергопотребление снизится на ΔW=62400 кВт·ч, что при существующем тарифе t=2,25 руб/кВт·ч даст ежегодную экономию денежных средств в размере:

Э=ΔW·t (5.8)

Э=62400·2,25=140400 руб.

В соответствии с таблицей 5.2 замена источников света обойдется в 1,3·261=340 тысяч рублей, таким образом, установка светодиодных ламп окупится в течение 340/140=2,5 лет.

4. Охрана труда и техника безопасности

4.1 Расчёт заземления

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, должны надёжно соединяться с землёй. Такое заземление называется защитным, так как его целью является защита обслуживающего персонала от опасных напряжений прикосновения. Заземление обязательно во всех электроустановках 380 В и выше переменного тока, и 440 В и выше постоянного тока.

В электроустановках заземляются корпуса трансформаторов, аппаратов, вторичные обмотки измерительных трансформаторов, приводы электрических аппаратов, каркасы распределительных щитов, пультов, шкафов, металлические конструкции кабельных муфт, металлические оболочки и броня кабелей, проводов, металлические конструкции зданий и сооружений.

Заземление, предназначенное для создания нормальных условий работы аппарата или электроустановки, называется рабочим заземлением. К рабочему заземлению относится заземление нейтралей трансформаторов и дугогасящих катушек. Без рабочего заземления аппарат не может выполнить своих функций или нарушается режим работы электроустановки.

Для защиты оборудования от повреждения ударом молнии применяется грозозащита с помощью разрядников, ОПН, искровых промежутков, стержневых и тросовых молниеотводов, которые присоединяются к заземлителям. Такое заземление называется грозозащитным.

Обычно для выполнения всех трёх типов заземления используют одно заземляющее устройство.

Для выполнения заземления используют естественные и искусственные заземлители. В качестве естественных заземлителей применяют

водопроводные трубы; металлические и железобетонные конструкции зданий, находящиеся в соприкосновении с землёй; свинцовые оболочки кабелей. Естественные заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками в разных точках.

В качестве искусственных заземлителей используют прутковую круглую сталь диаметром не менее 10 мм (неоцинкованная) и 6 мм (оцинкованная), полосовую сталь толщиной не менее 4 мм и сечением не менее 48 мм^2. Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением выше 1 кВ выбирается по термической стойкости. Количество заземлителей (уголков, стержней) определяется расчётом в зависимости от необходимого сопротивления заземляющего устройства или допустимого напряжения прикосновения. Размещение искусственных заземлителей проводится таким образом, чтобы достичь наиболее равномерного распределения электрического потенциала по площади заземляющего устройства. Для этой цели прокладывают заземляющие полосы на глубине 0,5–0,7 метров по периметру здания, для которого сооружается заземление. Вертикальные электроды выполняются из стальных труб, уголков, стержней с расположением верхнего конца у поверхности земли или ниже уровня земли на 0,5–0,7 метров. При этом способе сопротивление заземлителя относительно стабильно из-за малости изменения влажности и температуры грунта.

При выборе размеров вертикальных электродов исходят из обеспечения требуемого сопротивления заземлителя при наименьшем расходе металла, механической устойчивости электрода при погружении в грунт, устойчивости к коррозии электродов, расположенных в грунте.

Устойчивость к коррозии электрода в зимнее время в основном определяется его толщиной и площадью поверхности на единицу его длины. Для этих условий наиболее оптимальными являются круглые стержни, имеющие при равных сечениях наибольшую толщину и наименьшую поверхность. Сопротивление растеканию электрода определяется в основном

его длиной и мало зависит от поперечных размеров электрода. Рекомендуют принимать длину вертикальных стержневых электродов 2–5 метров, а электродов из стального уголка 2,5–3 метров. Применение электродов большей длины целесообразно при высоком сопротивлении грунта и малой площади, отводимой под устройство заземлителя.

Погруженные в грунт вертикальные электроды соединяют стальными полосами или круглой сталью на глубине 0,5–0,7 метров, приваренными к верхним концам вертикальных электродов, расположенных на относительно небольших расстояниях друг от друга. Это вызывает экранирование, приводящее к относительному уменьшению объёма грунта при растекании тока с каждого электрода, и увеличивает сопротивление заземлителя. Увеличение числа вертикальных электродов при тех же размерах ряда или контура приводит к незначительному уменьшению сопротивления растекания. Заземлитель может быть простым или сложным. Простой заземлитель выполняется в виде замкнутого контура или полосы с вертикальными заземлителями. Расчёт простых заземлителей ведётся методом коэффициента использования. Сложный заземлитель выполняется в виде замкнутого контура с вертикальными электродами и сеткой продольных и поперечных заземляющих проводников.

Если на заземлитель подать потенциал, то в точках земли, расположенных в непосредственной близости от него, возникнут потенциалы, измеряемые относительно удалённой точки. С удалением от места расположения заземлителя потенциал уменьшается (зависимость обратно пропорциональна расстоянию) и в удалённых точках близок к нулю. Таким образом, в качестве точек нулевого потенциала могут служить точки, достаточно удалённые от заземлителя (обычно достаточно расстояния в несколько десятков метров).

Крутизна кривой распределения потенциалов зависит от проводимости грунта: чем меньше проводимость грунта, тем более плотную форму имеет кривая, тем дальше расположены точки нулевого потенциала.

Сопротивление, которое оказывает току заземлитель и грунт, называется сопротивлением растекания. В практике сопротивлению растекания соответствует термин «сопротивление заземлителя». Сопротивление заземлителя определяется отношением напряжения на заземлителе относительно точки нулевого потенциала к току, стекающему с заземлителя в землю.

Удельное сопротивление грунта зависит от его характера, температуры, содержания в нём влаги и электролитов. Геофизические изыскания верхних слоёв земли показали, что электрическая структура грунта в большинстве случаев имеет вид выраженных слоёв с различным сопротивлением и с практически горизонтальными границами. В горизонтальном направлении удельное сопротивление обычно изменяется незначительно, в верхнем слое до глубины примерно 3 метров наблюдаются заметные сезонные изменения удельного сопротивления, вызываемые изменением температуры, количества и интенсивности выпадающих осадков и другими факторами. Наибольшее сопротивление имеет место в зимнее время при промерзании грунта и в летнее время при его высыхании. Измерение удельного сопротивления грунта обязательно, чтобы не тратить лишние средства на сооружение заземлений и чтобы после его сооружения не пришлось осуществлять дополнительные мероприятия по расширению заземляющих устройств. Чаще они проводятся в тёплое время года, а увеличение сопротивления при высыхании или при промерзании грунта учитывается повышающими коэффициентами.

Удельное сопротивление грунта зависит от его характера, температуры, содержания в нём влаги и электролитов. Геофизические изыскания верхних слоёв земли показали, что электрическая структура грунта в большинстве случаев имеет вид выраженных слоёв с различным сопротивлением и с практически горизонтальными границами. В горизонтальном направлении удельное сопротивление обычно изменяется незначительно, в верхнем слое до глубины примерно 3 метров наблюдаются заметные сезонные изменения

удельного сопротивления, вызываемые изменением температуры, количества и интенсивности выпадающих осадков и другими факторами. Наибольшее сопротивление имеет место в зимнее время при промерзании грунта и в летнее время при его высыхании. Измерение удельного сопротивления грунта обязательно, чтобы не тратить лишние средства на сооружение заземлений и чтобы после его сооружения не пришлось осуществлять дополнительные мероприятия по расширению заземляющих устройств. Чаще они проводятся в тёплое время года, а увеличение сопротивления при высыхании или при промерзании грунта учитывается повышающими коэффициентами.

На рассматриваемой ТП два уровня номинального напряжения: 6 и 0,4 кВ.

В сети 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью согласно требованиям ПУЭ сопротивление заземляющего устройства в любое время года не должно быть более 4 Ом.

В сети 6 кВ с изолированной нейтралью ограничивается потенциал на заземлителе $U_з$, т.е. нормируется сопротивление заземляющего устройства $R_з$. Это объясняется тем, что замыкание фазы на землю вызывает протекание сравнительно небольшого ёмкостного тока, и этот режим может быть длительным. Вероятность попадания под напряжение в момент прикосновения к заземлённым частям увеличивается.

Согласно требованиям ПУЭ в установках 6–35 кВ с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства в любое время года должно быть:

$$R_з \leq \frac{250}{I_з}, \quad (4.1)$$

здесь $I_з$ – расчётный ток замыкания на землю, А.

При соблюдении условия (4.1) $R_з$ одновременно должно быть не более 10 Ом. Ёмкостной ток замыкания на землю для кабельных сетей определяется по следующей формуле:

$$I_з = \frac{U \cdot L_{КЛ}}{10}, \quad (4.2)$$

где U=6 кВ – междуфазное напряжение;

$L_{КЛ}$ – суммарная длина кабельных линий, км.

В данном районе суммарная длина электрически связанных кабельных линий составляет 48,4 км.

$$I_з = \frac{10 \cdot 48,4}{10} = 48,4 \text{ А}.$$

Сопротивление заземляющего устройства:

$$R_з = ¿\frac{250}{48,4} = 5,2 \text{ Ом}.$$

Исходя из требований ПУЭ, для дальнейших расчётов принимается следующее условие:

$$R_з \leq 4 \text{ Ом}.$$

Грунт в районе расположения рассматриваемой подстанции − глина с удельным сопротивлением ρ=40 Ом · м.

Определяем сопротивление заземления железобетонного фундамента здания ТП:

$$R_e = \frac{\rho}{\sqrt{S}}, \quad (4.3)$$

здесь S − площадь, ограниченная периметром здания ТП.

$$R_e = \frac{40}{\sqrt{6 \cdot 6}} = 6{,}7 \text{ Ом}.$$

Так как сопротивление естественного заземлителя превышает 4 Ом, то необходимо использовать искусственные заземлители − вертикальные стальные прутки с длиной l=3 м и диаметром 16 мм.

Сопротивление одного вертикального электрода:

$$r_в = 0{,}3 \cdot \rho \cdot K_{сез}, \quad (4.4)$$

здесь $K_{сез}$=1,6 − коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта.

$$r_в = 0{,}3 \cdot 40 \cdot 1{,}6 = 19{,}2 \text{ Ом}.$$

Определяем требуемое сопротивление искусственных заземлителей:

$$R_{иск} = \frac{R_e \cdot R_з}{R_e - R_з}; \quad (4.5)$$

$$R_{иск} = \frac{6{,}7 \cdot 4}{6{,}7 - 4} = 9{,}9 \text{ Ом}.$$

Определяем требуемое число вертикальных электродов:

$$N_в = \frac{r_в}{R_{иск} \cdot \eta_в}, \quad (4.6)$$

здесь η − коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Предварительно принимаем, что вертикальные заземлители устанавливаются в количестве 4 штук по углам заземляющего устройства, тогда η=0,78.

$$N_в = \frac{19,2}{9,9 \cdot 0,78} = 2,5$$

Окончательно принимаем $N_в$=4, тогда общее сопротивление заземляющего устройства:

$$R_в = \frac{R_е \cdot \frac{r_в}{N_в \cdot \eta_в}}{R_е + \frac{r_в}{N_в \cdot \eta_в}}; \quad (4.7)$$

$$R_в = \frac{6,7 \cdot \frac{19,2}{4 \cdot 0,78}}{6,7 + \frac{19,2}{4 \cdot 0,78}} = 3,2 \text{ Ом}.$$

Вертикальные заземлители устанавливаются в количестве 4 штук по углам ТП, расстояние между электродами будет 6 м.

Таким образом, спроектированное заземляющее устройство полностью

соответствует требованиям, предъявляемым ПУЭ к заземляющим устройствам до 1 кВ.

При устройстве наружного заземляющего контура размечаются и копаются траншеи глубиной 0,6–0,7 м. После устройства траншей, в грунт погружаются электроды – заземлители. Вертикальные электроды (стальные стержни диаметром 16 мм) вворачиваются в грунт на глубину примерно 3,5 м. При этом стержни вводятся в грунт таким образом, что бы их концы выступали над дном траншеи на 150–200 мм. Затем в траншеях укладываются горизонтальные заземлители (стальные полосы 45х4 мм), которые прикрепляются к забитым в землю электродам хомутами и привариваются к их выступающим концам. Качество приварки горизонтальных заземлителей к электродам проверяется ударами кувалды массой 2 кг. Вводы в здания заключаются в отрезки стальных труб.

4.2 Техника безопасности при монтаже оборудования

До начала работ на объекте монтажный персонал необходимо подробно проинструктировать по вопросам техники безопасности. Инструктаж проводят лица, ответственные за состоянием техники безопасности. Кроме того, каждый работающий должен в процессе производственной деятельности руководствоваться правилами безопасности, изложенными в официальных изданиях по этому вопросу и памятках по технике безопасности.

При проведении работ в опасных местах объекта необходимо вывесить соответствующие плакаты и предупреждающие знаки. Все не заделанные проемы должны быть ограждены, а отдельные участки монтажа иметь достаточное, естественное или искусственное освещение.

Прежде чем приступить к работе, следует проверить наличие и исправность заземляющих устройств у оборудования и механизмов,

имеющих электропривод. Ручные электрифицированные инструменты должны быть снабжены устройствами для заземления корпусов.

Временные электрические сети на объекте должны быть выполнены с соблюдением соответствующих требований правил устройства электроустановок. Наиболее желательно применять инвентарные временные электрические устройства.

На месте работы необходимо иметь аптечку. Все работающие на объекте обязаны знать правила освобождения пострадавшего о действия электрического тока и уметь оказывать первую неотложную помощь.

Кроме того, монтажный персонал должен знать правила тушения пожаров в электроустановках и приемы пользования противопожарным инвентарем и оборудованием.

Деревянные рукоятки инструментов должны быть выполнены из прочных пород дерева (бука, дуба, клена и др.), а инструменты (молотки, кувалды) – надежно и правильно насажены на рукоятки. Бойковые поверхности ударных инструментов не должны иметь заусенцев. Длина зубила должна быть не менее 150 мм, скарпелей и шлямбуров – не менее 200 мм. Гаечные ключи должны строго соответствовать размерам гаек.

Работать электроинструментами при напряжении 127/220 В разрешается, если их корпуса надежно заземлены. При этом руки должны быть защищены диэлектрическими перчатками. Предпочтительнее использовать электроинструменты с изолированными корпусами. Запрещается использовать электрифицированные инструменты при работе с лестниц и стремянок. Для работы на высоте необходимо применять леса и подмостки.

К работам с пневматическими инструментами и строительно-монтажным пистолетом СМП допускаются лица, прошедшие предварительное обучение.

4.3 Уравнивание потенциалов

В соответствии с требованиям ПУЭ [5, п. 1.7.51] в целях электробезопасности (для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции электропроводки) в гостинице предусматриваем следующие меры защиты:

защитное заземление;

автоматическое отключение питания;

уравнивание потенциалов.

С основной системой уравнивания потенциалов должны быть объединены следующие проводящие части:

– основной (магистральный) защитный проводник;

– основной (магистральный) заземляющий проводник или основной заземляющий зажим;

– стальные трубы коммуникаций;

– металлические части строительных конструкций, система центрального отопления и системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Такие проводящие части должны быть также соединены между собой на вводе в здание.

При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине РЕ щитов питания вентиляторов и кондиционеров.

Система уравнивания потенциалов для номера гостиницы показана графической части работы на 5 чертеже.

4.4 Пожарная безопасность

Возникновение пожара возможно, если на объекте имеются горючие вещества и источники зажигания. Для оценки пожарной опасности следует проанализировать вероятность взаимодействия этих факторов, а также их угрозу для жизни и здоровья людей и возможный размер материального ущерба от пожара.

Горючих компонентов в гостинице огромное количество: оконные рамы, двери, мебель, бытовая техника, пластиковая и деревянная отделка и т.д.

Основным источником пожара являются электрические цепи. При прохождении электрического тока по проводникам и деталям выделяется теплота. Если в каком – либо участке электрической цепи количество выделяемой теплоты превысит определенный предел, то происходит перегрев участка цепи. При соприкосновении перегретых участков с горючими веществами и материалами могут возникнуть возгорание, и если это вовремя не обнаружить и предотвратить приведет к пожару.

Для предотвращения перегрева и последующего возгорания необходимо, чтобы все электрические соединения имели минимальное сопротивление, были аккуратно заделаны и спаяны. Все электрические

проводки не касались вибрирующих поверхностей. Горючие материалы хранились в специальных емкостях, и местах где нет электрических проводок.

Нормы проектирования противопожарной защиты предусматривают оснащение гостиницы установками обнаружения, а также первичными средствами пожаротушения. В гостинице установлена пожарная сигнализация. Также в комплексе находятся огнетушители, в том числе углекислотные, в которых в качестве заряда используют сжиженный диоксид углерода. Эти огнетушители специально применяются для тушения возгораний в электроприборах и электропроводках.

Работники гостиницы обязаны знать меры противопожарной безопасности.

Мебель и оборудование должны устанавливаться так, чтобы они не препятствовали эвакуации людей. Пожарные выходы должны быть очищены и открыты.

Все работники гостиницы обязаны уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения.

Заключение

В данной дипломной работе создан проект реконструкции электросети гостиницы «Дружба»

В работе определены расчётные нагрузки гостиничного здания, проведен выбор силовых трансформаторов и проводников питающих линий 6 и 0,4 кВ. Выбрано современное коммутационное и защитное оборудование. Проведены расчёты токов КЗ и релейной защиты. Все выбранное электрооборудование было проверено на стойкость к токам КЗ, проводники проверены по допустимой потере напряжения,

Определена стоимость проведения реконструкции (3558 тыс. руб.), а также выполнена оценка экономической эффективности замены ламп накаливания в гостиничных номерах на энергосберегающие светодиодные лампы. Расчёты показали, что установка новых источников света окупится за 2,5 года и будет давать ежегодную экономию в размере 140 тыс. руб.

Список использованной литературы

1. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий // Госстрой России, дата введения 2017-01-01.
2. Справочная книга для проектирования электрического освещения [Текст]. Под ред. Г. М. Кнорринга, Л.: «Энергия», 2018. – 384 с.: ил.
3. Светодиодные лампы Kreonix. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.kreonix.net/
4. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий : Учеб, пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.: ил.
5. Правила устройства электроустановок [Текст]. Седьмое издание. 2016.
6. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. М.: издательство МЭИ, 2019. – 964 с.
7. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 2016. – 576 с.: ил.
8. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и

электроснабжению [Текст]. − М.: ФОРУМ: ИНФРА−М, 2018. − 136 с.

9. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций [Текст]: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2020. – 648 с.: ил.
10. Отраслевой портал: Рынок кабельной продукции, аккумуляторов, трансформаторов… [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.elec.ru/market/
11. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования [Текст] /Под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2019. – 151 с.: ил.