

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

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

**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА**  
КАФЕДРА

УТВЕРЖДАЮ  
И.о.заведующего

кафедрой

\_\_\_\_\_

Г.Н.Чистяков

подпись инициалы, фамилия

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_

2018г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
(код и наименование специальности)

Электроснабжение санатория-профилактория «Звездный»  
(наименование темы)

Руководитель \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018г. доцент кафедры ЭЭ, к.т.н. А.В.Коловский  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018г. М. А. Шевяхов  
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018г. \_\_\_\_\_ И.А.Кычакова  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение профилактория «Звёздный» города Железногорска» содержит 70 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ОСВЕЩЕНИЕ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ.

Объект проектирования схемы электроснабжения - профилакторий «Звёздный» города Железногорска.

Основной целью разработки схемы электроснабжения является обеспечение электроэнергией надлежащего качества с учетом возможности роста электропотребления. Основная задача – разработать схему электроснабжения таким образом, чтобы она соответствовала современным требованиям безопасности, надежности и экономичности.

В процессе проектирования были рассчитаны электрические нагрузки для каждого уровня электроснабжения, после чего была спроектирована схема электроснабжения профилактория. Для схемы электроснабжения, выбранной в результате сравнения вариантов, были выбраны удовлетворяющие всем техническим требованиям сечения кабелей и аппараты защиты. Проверка оборудования по токам короткого замыкания показала правильность выбора аппаратов защиты. Рассчитаны заземление и молниезащита для данного объекта. В результате проектирования разработана система электроснабжения, соответствующая всем современным требованиям.

## **THE ABSTRACT**

The final qualifying work on the topic "Power supply for the Zhezdniy Prophylactic Center in the city of Zheleznogorsk" contains 70 page of a text document, 25 sources used, 3 sheets of graphic material.

**POWER SUPPLY, ELECTRICAL LOADS, LIGHTING, SELECTING EQUIPMENT, INSPECTION OF EQUIPMENT, SHORT CIRCUIT.**

The object of designing the scheme of power supply - preventorium "Zvezdny" in the city of Zheleznogorsk.

The main purpose of the development of the electricity supply scheme is to provide the electricity of the proper quality, taking into account the possibility of increasing power consumption. The main task is to develop a power supply scheme in such a way that it meets the modern requirements of safety, reliability and economy.

During the design, electrical loads were calculated for each power supply level, after which a power supply scheme for the dispensary was designed. For the power supply scheme chosen as a result of comparing the variants, cable sections and protection devices that meet all technical requirements have been selected. Checking the equipment for short-circuit currents showed the correct choice of protection devices. The grounding and lightning protection for this object are calculated. As a result of the design, a power supply system has been developed that meets all modern requirements.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Теоретическая часть.....	7
1.1 Анализ существующего состояния в области проектирования систем электроснабжения жилых и общественных зданий .....	7
1.2 Обоснование выбора технологии проектирования электроснабжения.....	10
1.3 Обзор методов расчета электрических нагрузок .....	14
1.4 Характеристика объекта.....	16
2 Аналитическая часть.....	20
2.1 Светотехнический расчет электрического освещения.....	20
2.2 Электротехнический расчет электрического освещения.....	31
2.3 Расчет электрических нагрузок .....	33
3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения.....	38
3.1 Выбор коммутационно-защитных аппаратов .....	38
3.2 Выбор распределительных пунктов.....	42
3.3 Выбор сечений кабельных линий.....	43
3.4 Расчет потерь напряжения .....	47
3.5 Техничко-экономическое сравнение вариантов .....	51
3.6 Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети .....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	68

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире стоят задачи развития промышленности путем всемирной интенсификации и повышения эффективности производства на базе ускорения научно-технического прогресса.

В области электроснабжения потребителей эти задачи предусматривают повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональную эксплуатацию высоконадежного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при ее передаче, распределении и потреблении.

В настоящее время программа развития электроэнергетики в России рассчитана на долгосрочную перспективу. При снабжении потребителей энергией важно осуществлять комплексный подход на всех этапах работ. Так же огромную роль в условиях рыночной экономики имеет, помимо всего прочего, экономическая эффективность принятых решений и дальнейшая перспектива развития затронутой отрасли.

Задача данной бакалаврской работы – спроектировать систему электроснабжения, соответствующую основным положениям энергетической стратегии России на период до 2030 года, одобренным правительством Российской Федерации в 2009 году (распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. N 1715-р).

Объект проектирования – профилакторий «Звёздный» города Железногорска.

Предмет проектирования – методы расчета силовых и осветительных электрических нагрузок в системах электроснабжения общественных зданий.

Цель бакалаврской работы – спроектировать систему электроснабжения профилактория «Звёздный» города Железногорска.

Основными задачами бакалаврской работы являются:

- 1) расчет электрических нагрузок групп электрических приемников;
- 2) расчет электрического освещения;
- 3) разработка схем питания силовых электрических приемников здания и выбор наиболее оптимальной, исходя из технико-экономического сравнения вариантов;
- 4) выбор сетевых электрических устройств, аппаратов защиты и проводников;
- 5) расчет токов короткого замыкания и проверка элементов электрической сети.

## 1 Теоретическая часть

### 1.1 Анализ существующего состояния в области проектирования систем электроснабжения жилых и общественных зданий

Общественными являются следующие здания: различные учреждения и организации управления, финансирования, кредитования, госстраха, просвещения, дошкольные, библиотеки, архивы, предприятия торговли, общепита, бытового обслуживания населения, гостиницы, лечебные учреждения, музеи, зрелищные предприятия и спортивные сооружения.

Все электроприемники общественных зданий условно можно разделить на две группы: осветительные и силовые. В основных помещениях общественных зданий применяют светильники с люминесцентными и светодиодными лампами в исполнении, соответствующем условиям среды и выполняемой работы. Используют также металлогалогенные, натриевые, ксеноновые лампы для внутреннего и наружного освещения. Во вспомогательных помещениях (склады, кладовые) применяют лампы светодиодные.

К силовым электроприемникам относятся электроприемники механического и электротеплового оборудования, холодильных машин, подъемно-транспортного оборудования, санитарно-технических установок, связи, сигнализации, противопожарных устройств и др.

Общественные здания имеют также приточно-вытяжные вентиляционные установки, широко применяются системы кондиционирования воздуха, насосы систем горячего и холодного водоснабжения. Большинство механизмов оборудовано асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором.

Схемы электроснабжения и электрооборудование общественных зданий имеют ряд особенностей по сравнению с таковыми жилых зданий:

- значительная доля силовых электроприемников;
- специфические режимы работы этих электроприемников;
- другие требования к освещению ряда помещений;
- возможность встраивания ТП в некоторые из общественных зданий.

Расчеты и опыт эксплуатации показали, что при потребляемой мощности более 400 кВА целесообразно применять встроенные подстанции, в том числе комплектные. Это имеет следующие преимущества:

- экономия цветных металлов;
- исключение прокладки внешних кабельных линий до 1 кВ;
- отсутствие необходимости в устройстве отдельных ВРУ в здании, так как ВРУ можно совместить с РУ 0,4 кВ подстанции.

Однако, как указывалось выше, нормы и правила исключают встраивание подстанций в здания учебных заведений, дошкольных учреждений, лечебных корпусов больниц, жилые зоны гостиниц и т.п. [6, 7].

Подстанции обычно располагают на первых или технических этажах.

Допускается располагать ТП с сухими трансформаторами и с трансформаторами с негорючим наполнением в подвалах, а также на средних и верхних этажах зданий, если предусмотрены грузовые лифты для их транспортировки.

На встроенных ТП допускается установка как сухих, так и масляных трансформаторов. При этом масляных трансформаторов должно быть не более двух при мощности каждого до 1000 кВА. Количество и мощность сухих трансформаторов и трансформаторов с негорючим наполнением не ограничиваются. В места размещения ТП не должна попадать вода.

Для потребителей 1 категории надежности применяют, как правило, двухтрансформаторные ТП, но возможно использование и однострансформаторных ТП при условии резервирования (перемычки и АВР по низкому напряжению).

Для потребителей II и III категорий надежности электроснабжения устанавливают однострансформаторные ТП.

Распределение электроэнергии в общественных зданиях производится по радиальным или магистральным схемам.

Для питания электроприемников большой мощности (крупные холодильные машины, электродвигатели насосных, крупные вентиляционные камеры и др.) применяют радиальные схемы. При равномерном размещении электроприемников небольшой мощности по зданию используют магистральные схемы.

В общественных зданиях рекомендуется питающие линии силовых и осветительных сетей выполнять раздельными. Как и в жилых зданиях, на вводах питающих сетей в общественные здания устанавливают ВРУ с аппаратами защиты, управления, учета электроэнергии, а в крупных зданиях — и с измерительными приборами. На вводах обособленных потребителей (торговых предприятий, отделений связи и др.) устанавливают дополнительно отдельные аппараты управления. На вводах в распределительные пункты или щитки также устанавливают аппараты управления. Там, где это целесообразно по условиям эксплуатации, применяют, например, автоматические выключатели, которые совмещают в себе функции защиты и управления [8].

На каждой отходящей от ВРУ питающей линии устанавливают аппарат защиты. Аппарат управления может быть общим для нескольких линий, сходных по назначению и режиму работы.

Светильники эвакуационного и аварийного освещения присоединяют к сети, независимой от сети рабочего освещения, начиная от щита ТП или от ВРУ. Так, например, при двухтрансформаторной ТП рабочее, эвакуационное и аварийное освещение присоединяют к разным трансформаторам. Силовые распределительные пункты, щиты и щитки располагают, как правило, на тех же этажах, где находятся электроприемники. Силовые электроприемники, присоединяемые к распределительным пунктам, щитам и щиткам,

группируют с учетом их технологического назначения.

Электроприемники небольшой, но равной или близкой по значению установленной мощности соединяют в "цепочку", что обеспечивает экономию проводов и кабелей, а также уменьшение количества аппаратов защиты на распределительных пунктах [9].

Групповые распределительные щитки осветительной сети по архитектурным условиям располагают на лестничных клетках, в коридорах и т.п.

Отходящие от щитков групповые линии могут быть:

- однофазными (фаза + нуль);
- двухфазными (две фазы + нуль);
- трехфазными (три фазы + нуль).

Предпочтение следует отдавать трехфазным четырехпроводным групповым линиям, обеспечивающим втрое большую нагрузку и в 6 раз меньшую потерю напряжения по сравнению с однофазными групповыми линиями.

Существуют нормы по устройству групповых осветительных сетей. Распределение нагрузок между фазами сети освещения должно быть по возможности равномерным. Это относится к групповым линиям освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий, подвалов и чердаков. В целях экономии электроэнергии в помещениях с боковым естественным освещением предусматривают автоматическое отключение светильников рядами, параллельными окнам, в зависимости от требуемой освещенности.

Для питания ответственных потребителей в крупных городах широко применяют двухтрансформаторные ТП с устройством АВР на стороне низкого напряжения. Схема такой ТП приведены на рисунке 1.1 (с АВР на автоматических выключателях).

В общественных зданиях от одной линии рекомендуется питать несколько вертикальных участков (стояков) питающей сети освещения. При этом в начале каждого стояка, питающего три и более групповых щитков, следует устанавливать коммутационный аппарат. Если стояк питается отдельной линией, установка коммутационного аппарата в начале стояка не требуется.

По одной линии следует питать не более четырех лифтов, расположенных в разных, не связанных между собой лестничных клетках и холлах. При наличии в лестничных клетках или лифтовых холлах двух или более лифтов одного назначения они должны питаться от двух линий, присоединяемых каждая непосредственно к ВРУ или ГРШ; при этом количество лифтов, присоединяемых к одной линии, не ограничивается. На вводе каждого лифта должны быть предусмотрены коммутационный и защитный аппараты (предусматриваются схемой и комплектацией лифта). Рекомендуется установка одного аппарата, совмещающего эти функции.



Распределение электроэнергии к силовым распределительным щитам, пунктам и групповым щиткам сети электрического освещения осуществляют по магистральной схеме.

Радиальные схемы выполняют для присоединения мощных электродвигателей, групп электроприемников общего технологического назначения (например, встроенных пищеблоков, помещений вычислительных центров и т.п.), потребителей категории надежности электроснабжения.

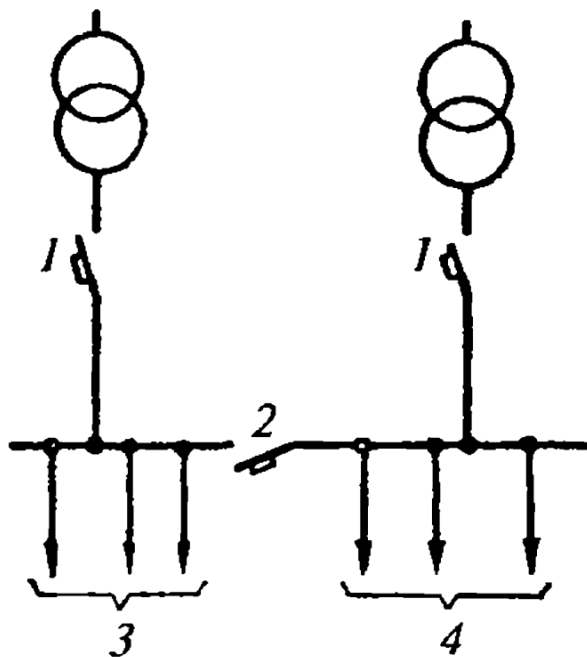


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема электроснабжения общественного здания с встроенной ТП и абонентским щитом с АВР на автоматических выключателях:

1 – автоматические выключатели; 2 – секционный автоматический выключатель; 3 – линия к РП силовой сети, щитку эвакуационного и аварийного освещения; 4 — линия к групповым щиткам рабочего освещения

Более подробные сведения об электроснабжении жилых и общественных зданий приведены в нормативных документах, указанных в списке использованных источников.

## 1.2 Обоснование выбора технологии проектирования электроснабжения

Требования научно-технического прогресса диктуют необходимость совершенствования электроэнергетики: создания экономичных надежных систем электрификации промышленных предприятий, бытовых и общественных помещений, развития электрических сетей и электрооборудования.

Определение электрических нагрузок является первым этапом

проектирования любой системы электрификации. Значения электрических нагрузок определяют выбор всех элементов и технико-экономические показатели проектируемой системы электрификации. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на электрификацию, расход цветного металла, потери электроэнергии и эксплуатационные затраты. Ошибки при определении электрических нагрузок приводят к аварийным режимам сетей и ухудшению технико-экономических показателей объекта проектирования.

Электрические нагрузки любого общественного здания складывается из нагрузок электрического освещения и силового электрооборудования. При расчетах электрической сети необходимо учитывать коэффициент спроса  $K_c$ , представляющий собой отношение расчетной потребляемой мощности (нагрузки) к установленной мощности работающих электроприемников.

Силовая нагрузка приемника определяется его установленной мощностью умноженной на коэффициент спроса. Коэффициенты берутся из [14], в основном используется методика, указанная в СП 31-110-2003 [14].

Для новых и реконструируемых электроустановок жилых и общественных зданий выполняются проекты электроснабжения, которые проходят требуемые согласования, в соответствии с проектами осуществляется монтаж электроустановок зданий, производятся измерения и испытания электроустановок, комплектация электротехническими средствами, организуется эксплуатация электрохозяйства и осуществляется допуск электроустановок в эксплуатацию органами госэнергонадзора (Ростехнадзора). Далее электроустановка здания эксплуатируется в соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей или в соответствии с Правилами технической эксплуатации станций и сетей РФ.

Электроснабжение жилых и общественных зданий осуществляется на основании следующих документов:

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей содержат следующие требования:

- п. 1.3.2. До начала монтажа или реконструкции электроустановок необходимо:

- получить технические условия в энергоснабжающей организации;
- выполнить проектную документацию.

- п. 1.8.1. У каждого Потребителя должна быть следующая техническая документация:

- генеральный план с нанесенными зданиями, сооружениями и подземными инженерными коммуникациями;
- утвержденная проектная документация (чертежи, пояснительные записки и др.) со всеми последующими изменениями.

Проектирование электроустановок осуществляется в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок издания 7-е (ПУЭ).

Требования к организации учета электрической энергии указаны в главе 1.5. ПУЭ и в разделе 16, 17 «Учет электроэнергии, измерительные приборы» СП 31-110-2003 «Свод правил по проектированию и строительству». Также проектирование осуществляется на основании ряда Государственных стандартов РФ, руководящих документов, ведомственных норм и правил, технических циркуляров и других документов.

Исходные данные для выполнения проекта жилого или общественного здания:

- Предпроектные изыскания.

- Договор на технологическое присоединение электроустановок юридических и физических лиц к электрическим сетям.

Неотъемлемая часть договора - условия технологического присоединения. Эти документы потребитель получает в установленном порядке в сетевой организации на основании п.6. Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям.

- Справка сетевой организации о выполнении условий технологического присоединения (при наличии) (Правила технологического присоединения, п. 18, пп. «д»)

- Акт о технологическом присоединении (при наличии) (Правила технологического присоединения, п. 19) — для реконструируемых электроустановок.

- Акт разграничения сетей по имущественной (балансовой) принадлежности и эксплуатационной ответственности между энергоснабжающей (сетевой) организацией и Потребителем (для реконструируемых электроустановок) при наличии (ПТЭЭП, п. 1.8.1, Правила технологического присоединения, п. 19).

- Техническое задание на проектирование электроустановок (в соответствии со ст. 759 Гражданского Кодекса РФ). В Техническом задании должны быть предусмотрены и указаны основные параметры для проектирования электроустановки.

Основные требования к составу проектной документации содержатся в Постановлении Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и в ГОСТе Р 21.1101-2013 СПДС «Основные требования к проектной и рабочей документации».

Основные требования к электрооборудованию жилых и общественных зданий изложены в:

- Правилах устройства электроустановок (ПУЭ 7-е издание);

- СП 31-110 2003 «Свод правил по проектированию и строительству»;

- РД 34-20-185 «Инструкции по проектированию городских электрических сетей»;

- РД 34.20.185-94 (утв. Минтопэнерго РФ 7 июля 1994 г.);

- иных документах, обязательного применения, утвержденных Перечнем национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (утв. распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 1047-р).

Краткие требования к Техническому заданию по содержанию проекта электроснабжения жилого или общественного здания:

- изучение представленных планов с инженерными сетями участка и поэтажных планов объекта для принятия технических решений;

- проектирование наружно и внутреннего электроснабжения объекта;

- выбор и обоснование категории надежности электроснабжения объекта;

- выбор мест установки вновь проектируемого электрооборудования в соответствии с переданной Заказчиком технической документации по иным инженерным системам (вентиляция и кондиционирование, водоснабжение и водоотведение, телефонизация, пожаро-охранная сигнализация, связь, ТВ, Интернет, и т.д.);

- выполнение необходимых расчетов и чертежей на основании и в соответствии с переданными Заказчиком исходными данными (поэтажными планами, ситуационными планами, архитектурными и дизайнерскими решениями;

- расчеты токов короткого замыкания;

- расчет и выбор питающих линий, аппаратов защиты;

- расчет электрических нагрузок;

- согласование проекта с заинтересованными организациями – при необходимости в соответствии с действующим законодательством;

- требования к применяемым материалам и оборудованию;

- проектируемые материалы и оборудование должны соответствовать условиям эксплуатации и электробезопасности, кабельно-проводниковая продукция и электроустановочные изделия выбираются в соответствии с техническим заданием Заказчика;

- выбор системы молниезащиты объекта;

- сроки ввода объекта в эксплуатацию;

- ответственные за выполнение указанных пунктов исполнители;

- стыковки по срокам с исполнителями других разделов проекта и стыковки размещения оборудования по другим разделам проекта;

- привязка типовых проектов;

- сводный план наружных инженерных сетей в определенном масштабе для нанесения вновь проектируемых инженерных сетей и зданий, в соответствии с требованиями государственных стандартов РФ.

### 1.3 Обзор методов расчета электрических нагрузок

Целью расчета электрических нагрузок является определение токов, протекающих по токоведущим элементам с точки зрения их допустимости по условиям нагрева элементов. Расчет электрических нагрузок является определяющим на величину затрат в СЭС жилых и общественных зданий [3, 14].

Выполняемое для любого объекта, проектирование электроснабжения обязательно содержит в себе расчет мощности, который призван определить основные электротехнические параметры установки. Для небольших жилых зданий и помещений он выполняется достаточно просто, а вот с крупными строениями необходимо учитывать различные факторы. Расчет электрических нагрузок общественных зданий редко осуществляется с учетом каждого потребителя – такая примитивная методика отнимает очень много времени у ответственного специалиста и не может применяться при возможности дальнейшего изменения свойств формируемой установки.

В отдельных случаях проектирование может осуществляться исключительно с применением нормативных документов государственного значения. Единственный недостаток подобного способа – необходимость уточнения соответствия полученных показателей фактическим потребностям. Проблема заключается в том, что большинство сборников нормативных показателей составлялось более 20 лет назад – за это время развитие техники и общественной жизни людей сделало подобные показатели неактуальными.

Расчет электрических нагрузок жилых и общественных зданий производится групповым способом – для этого потребители объединяются в однородные группы, которым присваивается определенное среднее значение энергопотребления. В сборниках можно найти основные данные, которые применяются для магазинов, кафе, ресторанов, квартир, частных домов, а также общественных зданий [14].

Правильное и обоснованное определение электрических нагрузок обеспечивает рациональный выбор числа и мощности трансформаторных подстанций, сечений проводов и кабелей, электрооборудования.

Коэффициенты спроса для расчета нагрузок рабочего освещения питающей сети и вводов общественных зданий принимают по табл. П1.3 [14].

Коэффициент спроса для расчета групповой сети рабочего освещения, питающих и групповых сетей эвакуационного и аварийного освещения зданий, освещения витрин и световой рекламы принимают равным 1.

Коэффициенты спроса для расчета электрических нагрузок линий, питающих постановочное освещение в залах, клубах и домах культуры, принимают равными 0,35 для регулируемого освещения эстрады и 0,2 — для нерегулируемого.

Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки,  $P_{pp}$  определяют по формуле, кВт:

$$P_{pp} = k_{cp} P_{yp} n_p, \quad (1.6)$$

где  $k_{cp}$  — расчетный коэффициент спроса;

$P_{yp}$  - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт (в том числе для подключения оргтехники);

$n_p$  — число розеток.

При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку  $P_{po}$  определяют по формуле, кВт:

$$P_{po} = P'_{po} + P_{pp}, \quad (1.7)$$

где  $P'_{po}$  - расчетная нагрузка линий общего освещения, кВт;

$P_{pp}$  - расчетная нагрузка розеточной сети, кВт.

Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов  $P_p$  с определяют по формуле, кВт:

$$P_{pc} = k_{cc} P_{yc}, \quad (1.8)$$

где  $k_{cc}$  — расчетный коэффициент спроса;

$P_{yc}$  — установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных), кВт.

Коэффициенты спроса для расчета нагрузки вводов, питающих и распределительных линий силовых электрических сетей общественных зданий определяют по таблицам [14].

Расчетную нагрузку питающих линий технологического оборудования и посудомоечных машин предприятий общественного питания и пищеблоков  $P_p$  с определяют по формуле, кВт:

$$P_{pc} = P_{p.п.м} + 0,65 P_{p.т} \geq P_{p.т}, \quad (1.9)$$

где  $P_{p.п.м}$  - расчетная нагрузка посудомоечных машин, определяемая с коэффициентом спроса, который принимают по таблицам [14], кВт;

$P_{p.т}$  - расчетная нагрузка технологического оборудования, определяемая с коэффициентом спроса, который принимают по таблицам [14], кВт.

Нагрузку распределительных линий электроприемников уборочных механизмов для расчета сечений проводников и уставок защитных аппаратов, как правило, принимают равной 9 кВт при напряжении 380/220 В и 4 кВт при напряжении 220 В. При этом установленную мощность одного уборочного механизма, присоединяемого к трехфазной розетке с защитным контактом, принимают равной 4,5 кВт, а к однофазной - 2 кВт.

Расчетную нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения

$P_p$  определяют по формуле, кВт:

$$P_p = k (P_{p.o} + P_{pc} + k_i P_{pхс}), \quad (1.10)$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок силовых электроприемников, включая холодильное оборудование и освещение, принимаемый по таблицам [14];

$k_i$  — коэффициент, зависящий от отношения расчетной нагрузки освещения к нагрузке холодильного оборудования холодильной станции;  $P_{po}$  — расчетная нагрузка освещения, кВт;

$P_{pc}$  — расчетная нагрузка силовых электроприемников без холодильных машин систем кондиционирования воздуха, кВт;

$P_{pхс}$  — расчетная нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха, кВт.

Расчетную нагрузку питающей линии (трансформаторной подстанции) при смешанном питании потребителей различного назначения (жилых домов и общественных зданий или помещений)  $P_p$  определяют по формуле, кВт:

$$P_p = P_{здmax} + k_1 P_{зд1} + k_2 P_{зд2} + \dots + k_n P_{здn}, \quad (1.11)$$

где  $P_{здmax}$  — наибольшая из нагрузок зданий, питаемых линией (трансформаторной подстанцией), кВт;

$P_{зд1} \dots P_{здn}$  - расчетные нагрузки всех зданий, кроме здания, имеющего наибольшую нагрузку  $P_{здmax}$  - питаемых линией (трансформаторной подстанцией), кВт;

$k_1, k_2 \dots k_n$  - коэффициенты, учитывающие долю электрических нагрузок общественных зданий (помещений) и жилых домов (квартир и силовых электроприемников) в наибольшей расчетной нагрузке  $P_{здmax}$  принимаемые по таблицам [14].

#### 1.4 Характеристика объекта

Профилакторий «Звёздный» города Железногорска относится к потребителям II категории надежности электроснабжения. Профилакторий работает в 2 смены. Здание профилактория входит в число оздоровительных учреждений Красноярского края.

Основные помещения, где сосредоточена наибольшая нагрузка, расположены преимущественно на 1-2 этаже здания. Основными электроприемниками профилактория являются:

- светильники рабочего и аварийного освещения;
- термическое и холодильное оборудование пищеблока;
- вентиляторы и насосы.

Генеральный план здания профилактория представлен на листах

графической части. Экспликация помещений объекта приведена там же. Ведомость нагрузок приведена в таблице 1.1. Сведения о количестве розеток в помещениях, питающих переносное электрооборудование, представлены в таблице 1.2. Общая мощность профилактория составляет около 0,5 МВт.

Мощность электропотребления ( $P_{уст}$ ) указана для одного электроприемника. Параметр  $\cos\varphi$  будет определен в соответствии с [2, 3, 21].

Таблица 1.1 – Силовые электрические нагрузки профилактория (кроме розеток)

№ на плане	Наименование ЭП	Помещение, где установлено данное оборудование	$P_{пас.уст}$ , кВт	U, В
1	2	3	4	5
1	Овощерезательная машина	1.05	0,55	220
2	Привод универсальный	1.05	1,5	380
3	Рукоосушитель	1.24	2,0	220
4	Рукоосушитель	1.24	2,0	220
5	Автомат для мойки и дезинфекции	1.28	9,7	380
6	Система водоподготовки	1.28	1,2	380
7	Стерилизатор воздушный	1.28	2,2	220
8	Электроплита	1.28	6,0	380
9	Машина для нарезки хлеба	1.19	0,37	220
10	Мукопросеиватель	1.11	0,18	220
11	Вытяжка местная	1.11	0,37	380
12	Машина для замеса дрожжевого теста	1.11	0,4	220
13	Шкаф пекарный	1.11	12,0	380
14	Привод универсальный	1.11	1,5	380
15	Машина для резки продуктов	1.12	1,5	220
16	Привод универсальный	1.12	1,5	380
17	Привод универсальный	1.08	1,5	380
18	Мясорубка	1.07	1,5	220
19	Рыбочистка	1.07	0,1	220
20	Паро-конвектомат	1.13	8,05	380
21	Привод универсальный	1.13	1,5	380
22	Электрокипятильник	1.13	10,5	220
23	Шкаф жарочный	1.13	13,0	380
24	Камера холодильная	1.04	0,67	220
25	Камера холодильная	1.31	0,67	220
26	Шкаф холодильный	1.27	0,62	220
27	Электрокипятильник	1.15	10,5	380
28	Электрочайник	1.12	15,0	380
29	Электрочайник	1.12	15,0	380
30	Электрочайник	1.12	13,5	380
31	Электрочайник	1.12	13,5	380
32	Электроплита	1.13	14,0	380
33	Электроплита	1.13	14,0	380
34	Электросковорода	1.13	14,0	380
35	Электросковорода	1.13	12,0	380
36	Шкаф холодильный	1.14	0,62	220



## Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4	5
37	Шкаф холодильный	1,11	0,27	220
38	Шкаф холодильный	1,12	0,62	220
39	Шкаф холодильный	1,08	0,62	220
40	Шкаф холодильный	1,07	0,62	220
41	Шкаф холодильный	1,16	0,3	220
42	Электросушитель	2,19	2,0	220
43	Электросушитель	2,19	2,0	220
44	Электросушитель	2,17	2,0	220
45	Электросушитель	2,13	2,0	220
46	Электросушитель	2,14	2,0	220
47	Привод универсальный	2,08	1,5	380
48	Привод универсальный	2,07	1,5	380
49	Мясорубка	2,07	1,9	220
50	Рыбочистка	2,07	0,1	220
51	Машина для резки продуктов	2,06	0,12	220
52	Весы	2,06	0,15	220
53	Мясорубка	2,06	0,55	220
54	Электрокипятильник	2,03	10,5	380
55	Привод универсальный	2,03	1,5	380
56	Электрокипятильник	2,02	10,5	220
57	Мукопросеиватель	2,01	0,18	220
58	Шкаф пекарный	2,01	12,0	380
59	Машина для замеса дрожжевого теста	2,01	0,4	220
60	Привод универсальный	2,01	1,5	380
61	Машина для нарезки хлеба	2,02	0,37	220
62	Шкаф холодильный	2,07	0,27	220
63	Шкаф холодильный	2,06	0,27	220
64	Шкаф холодильный	2,07	0,62	220
65	Шкаф холодильный	2,01	0,27	220
66	Шкаф холодильный	2,22	0,27	220
67	Электроплита	2,24	14,0	380
68	Электроплита	2,24	14,0	380
69	Электроплита	2,24	14,0	380
70	Электросковорода	2,24	6,0	380
71	Электросковорода	2,24	13,0	380
72	Шкаф жарочный	2,24	13,0	380
73	Электрокотел	2,24	13,5	380
74	Электрокотел	2,24	13,5	380
75	Электрокотел	2,24	15,0	380
76	Электрокипятильник	2,23	10,5	220
77	Электрокипятильник	2,22	6,0	220
78	Прилавок	2,23	0,35	220
79	Прилавок	2,23	3,0	220
80	Прилавок	2,23	0,7	220
81	Мармит	2,23	4,0	220
82	Мармит	2,23	3,0	220

Питание профилактория осуществляется от ТП, питающей группу общественных зданий, на которой установлены трансформаторы ТМ-1000/10, питание происходит по кабельным линиям АСБ 3х95 длиной 2 км от

РП 10 кВ.

Таблица 1.2 – Силовые электрические нагрузки профилактория (розетки)

№ п/п	Наименование ЭП	Помещение, где установлено данное оборудование	Количество розеток	$P_{\text{пас.уст.}}$ кВт (одной розетки)	U, В
1	2	3	4	5	6
1	Переносное электрооборудование	1.01	3	0,06	220
2	Переносное электрооборудование	1.02	2	0,06	220
3	Переносное электрооборудование	1.05	1	0,06	220
4	Переносное электрооборудование	1.05	2	0,06	220
5	Переносное электрооборудование	1.06	2	0,06	220
6	Переносное электрооборудование	1.27	2	0,06	220
7	Переносное электрооборудование	1.16	3	0,06	220
8	Переносное электрооборудование	1.23	5	0,06	220
9	Переносное электрооборудование	1.19	3	0,06	220
10	Переносное электрооборудование	1.16	2	0,06	220
11	Переносное электрооборудование	1.11	2	0,06	220
12	Переносное электрооборудование	1.12	2	0,06	220
13	Переносное электрооборудование	1.08	2	0,06	220
14	Переносное электрооборудование	1.07	2	0,06	220
15	Переносное электрооборудование	1.13	2	0,06	220
16	Переносное электрооборудование	1.01	3	0,06	220
17	Переносное электрооборудование	1.02	3	0,06	220
18	Переносное электрооборудование	1.27	3	0,06	220
19	Переносное электрооборудование	1.31	5	0,06	220
20	Переносное электрооборудование	2.09	2	0,06	220
21	Переносное электрооборудование	2.08	2	0,06	220
22	Переносное электрооборудование	2.02	2	0,06	220
23	Переносное электрооборудование	2.01	2	0,06	220
24	Переносное электрооборудование	2.03	2	0,06	220
25	Переносное электрооборудование	2.04	2	0,06	220

## 2 Аналитическая часть

### 2.1 Светотехнический расчет электрического освещения

Правильное выполнение осветительных установок способствует рациональному использованию электроэнергии, улучшению качества выпускаемой продукции, повышению производительности труда, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижению утомляемости рабочих.

При проектировании осветительных установок большое значение имеет правильное определение требуемой освещенности объекта. Для этой цели разработаны нормы промышленного освещения. Освещение по своему назначению и использованию делится на рабочее, аварийное и эвакуационное.

Размещение светильников определяется следующими размерами:

$h_C$  – расстояние светильника от перекрытия,

$h_{II} = H - h_C$  – высота светильника над полом,

$h_P$  – высота расчетной поверхности над полом,

$h = h_{II} - h_P$  – расчетная высота,

$L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами ламп,

$l$  – расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены.

Основное требование при выборе расположения светильников заключается в доступности при их обслуживании. Кроме того, размещение светильников определяется условием экономичности. Важное значение имеет отношение расстояния между светильниками или рядами светильников к расчетной высоте

$$\lambda = L / h, \quad (2.1)$$

уменьшение его приводит к удорожанию осветительной установки и усложнению ее обслуживания, а чрезмерное увеличение приводит к резкой неравномерности освещения и к возрастанию расходов энергии.

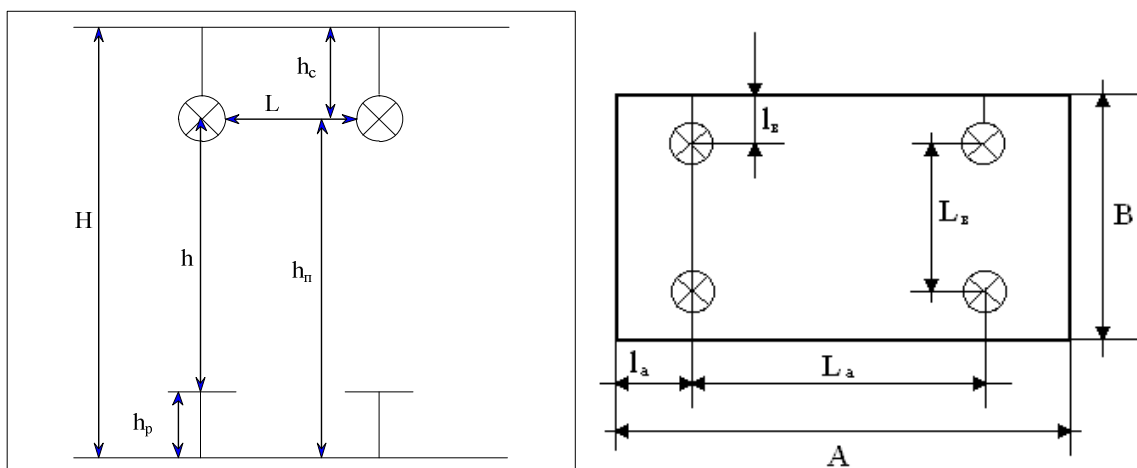


Рисунок 2.1 – Параметры для расчета освещения

В соответствии с СП 52.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*) для рабочего освещения применим светодиодные лампы (п. 7.2-7.3 указанного СП), для аварийного (эвакуационного) – светодиодные лампы (п. 7.112 указанного СП).

Проектом предусмотрено рабочее и аварийное (эвакуационное) электроосвещение.

Общее освещение запроектировано потолочными светильниками с молочными рассеивателями светильниками со светодиодными лампами (светильники для светодиодных ламп приняты в техподполье и для освещение входов).

Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и помечаются специальным знаком.

По путям эвакуации установлены светильники эвакуационного освещения, указатель медпункта, узла связи и пожарного поста.

Для местного освещения в аварийных режимах и для освещения чердака применяются переносные аккумуляторные светильники типа "Кузбасс".

Световые указатели и указатели "Выход" устанавливаются разделом пожарная сигнализация.

Управление освещением производится выключателями, установленными у входов со стороны дверной ручки.

В помещениях предусматривается отдельное включение линий светильников.

Стадия расчета электроосвещения очень важна при проектировании. Правильно спроектированная система освещения способствует более безопасной работе персонала, снижению утомляемости, более рациональному использованию электрической энергии.

В данном проекте предусматривается:

- рабочее освещение;
- аварийное (эвакуационное) освещение.

Ввиду отсутствия помещений к которым применяются особые требования по освещению, ремонтное освещение выполняется с использованием фонарей на аккумуляторных батареях. Рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 31-110-2003 [14] и СП 52.13330.2011 [15].

Произведем светотехнический расчет системы рабочего освещения.

На данном этапе проектирования определяются тип источников света, наиболее рациональные места установки светильника, а так же высота их установки, способ крепления и способы управления освещением. Для освещения основных помещений объекта использованы светильники следующих марок:

- светильник НПБ1101 со светодиодной лампой LL-A60-11-230-40E27, мощностью 10 Вт световой поток одной лампы 1000 лм;

- светильник Polaris 414 A01 со светодиодными лампами, мощность одной лампы 14 Вт, световой поток одной лампы 1000 лм, количество ламп в светильнике – 4 (квадратный);

- светильник Indus 218 M29 со светодиодными лампами, мощность одной лампы 18 Вт, световой поток одной лампы 1060 лм, количество ламп в светильнике – 2 (круглый);

- светильник Pollux В 218 H40 со светодиодными лампами, мощность одной лампы 18 Вт, световой поток одной лампы 1100 лм, количество ламп в светильнике – 2 (круглый);

- светильник Barat 235I69 PC/PC со светодиодными лампами, мощность одной лампы 35 Вт, световой поток одной лампы 2880 лм, количество ламп в светильнике – 2 (прямоугольный);

- светильник Nord 236 I83 HF со светодиодными лампами, мощность одной лампы 36 Вт, световой поток одной лампы 2800 лм, количество ламп в светильнике – 2 (прямоугольный).

Данные светильники имеют степень защиты IP 54. Способ крепления светильников был выбран исходя из ведомости отделки помещений. Исходя из этого было решено осуществить подвес светильников к потолку. Управление освещением выполнено с помощью проходных, одноклавишных и двухклавишных выключателей. Выключатели установлены у мест входа в помещения здания, либо в наиболее рациональных местах их установки. Высота установки выключателей над уровнем пола – 1,8 м. Это обеспечит удобное управление освещением и защитит систему от случайных прикосновений сотрудников и посетителей.

Светотехнический расчет будем производить по методу использования светового потока. Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.2)$$

где  $E_{\min}$  - минимальная нормированная освещенность, лк;

$k$  – коэффициент запаса;

$S$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

$N$  – число светильников;

$n$  – число ламп в светильнике;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Нормированную освещенность для помещений будем выбирать по СП 52.13330 [15]. Коэффициент запаса  $k$  учитывает запыленность помещения, снижение светового потока ламп в процессе эксплуатации. Так как данный объект относится к объектам с низкой запыленностью, а так же с отсутствием паров кислот и щелочей, значение коэффициента запаса примем равным 1,5. Коэффициент минимальной освещенности  $Z$  характеризует неравномерность освещения. Он является функцией многих переменных, точное его определение затруднительно, но в наибольшей степени он зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте. При расположении светильников в линию (ряд), рекомендуется принимать  $Z = 1,1$  для со светодиодными ламп. Для определения коэффициента использования светового потока  $\eta$  находят индекс помещения  $i$  и предполагаемые коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка  $r_{\text{п}}$ , стен  $r_{\text{с}}$ , пола  $r_{\text{р}}$ . Обычно для светлых административно конторских помещений  $r_{\text{п}}=70\%$ ,  $r_{\text{с}}=50\%$ ,  $r_{\text{р}}=30\%$ .

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (2.3)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $h$  - длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м. Примем высоту подвеса светильника – 3 м.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в [15]. Параметры для расчета количества светильников приведены в таблице 2.1. Мощность освещения определяется по формуле:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}, \quad (2.4)$$

где активная мощность освещения:

$$P_{\text{осв}} = N P_{\text{ном}} K_c K_{\text{пра}}, \quad (2.5)$$

$N$  – количество ламп;  $P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность светильника, кВт;  
 $K_c$  – коэффициент спроса,  $K_c = 1$ . Коэффициент спроса для расчета групповой сети рабочего освещения, распределительных и групповых сетей эвакуационного и аварийного освещения зданий, следует принимать равным 1 [17, 21];  $K_{\text{пра}}$  – коэффициент пускорегулирующей аппаратуры, для светодиодных ламп  $K_{\text{пра(СЛ)}} = 1,3$ ;  
реактивная нагрузка осветительной сети:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.6)$$

где коэффициент мощности: для ламп ЛЛ  $\cos \varphi_{\text{ЛЛ}} = 0,9$ .

Расчет мощности освещения представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Расчетные параметры и определение количества светильников в помещениях 1-го и 2-го этажей здания профилактория

№	Наименование	E <sub>min</sub> , лк	k	S, м2	z	Световой поток одной лампы Ф <sub>л</sub> , лм	Число ламп в светильнике	Световой поток светильника Ф <sub>св</sub> , лм	Тип лампы	i	η	N, шт.	Мощность одной лампы, Вт	Мощность светильника, Вт	Тип светильника
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Помещения 1-го этажа															
1	Кабинет заведующего	300	1,5	10,8	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	3	14	56	Polaris 414 A01
2	Комната врача диетпитания	300	1,5	12,6	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	4	14	56	Polaris 414 A01
3	Тамбур	100	1,5	7,9	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,58	0,28	2	14	56	Polaris 414 A01
4	Помещение камеры хранения отходов	100	1,5	16,2	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,66	0,28	4	35	70	Barat 235169 PC/PC
5	Овощной цех	200	1,5	20,3	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	4	35	70	Barat 235169 PC/PC
6	Цех обработки яиц	200	1,5	10,7	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	2	35	70	Barat 235169 PC/PC
7	Рыбный цех	200	1,5	13,7	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	3	35	70	Barat 235169 PC/PC
8	Цех заготовки мяса	150	1,5	20,8	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	4	35	70	Barat 235169 PC/PC
9	Коридор	150	1,5	69,4	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	13	35	70	Barat 235169 PC/PC
10	Холл	150	1,5	3,8	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,54	0,28	1	35	70	Barat 235169 PC/PC
11	Цех мучных изделий	300	1,5	35,5	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	10	35	70	Barat 235169 PC/PC
12	Холодный цех	200	1,5	15	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	3	35	70	Barat 235169 PC/PC
13	Варочный цех	200	1,5	52,8	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	16	35	70	Barat 235169 PC/PC
14	Кладовая суточного запаса	100	1,5	7,7	1,1	2800	2	5600	Nord-36	0,58	0,28	1	36	72	Nord 236 183 HF
15	Млочная кухонной посуды	200	1,5	11,6	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	3	35	70	Barat 235169 PC/PC
16	Комната персонала	200	1,5	6,7	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	2	14	56	Polaris 414 A01
17	Экспедиция	150	1,5	20,3	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	4	14	56	Polaris 414 A01



Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
18	Кладовая предметов уборки	75	1,5	2,9	1,1	1000	1	1000	LL-A60-11-230-40E27	0,53	0,28	2	10	10	НПБ1101
19	Кладовая хлеба	100	1,5	11,2	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,61	0,28	3	35	70	Barat 235169 PC/PC
20	Загрузочная хлеба	100	1,5	3,1	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,53	0,28	1	35	70	Barat 235169 PC/PC
21	Холл	150	1,5	4,6	1,1	1060	2	2120	Indus-18	0,55	0,28	2	18	36	Indus 218 M29
22	Коридор	100	1,5	14,2	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,64	0,28	3	35	70	Barat 235169 PC/PC
23	Кладовая предметов уборки	100	1,5	3,7	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	0,54	0,28	1	18	36	Pollux B 218 H40
24	Санузел персонала	100	1,5	3,6	1,1	1060	2	2120	Indus-18	0,54	0,28	2	18	36	Indus 218 M29
25	Ожидальная	100	1,5	5,5	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,56	0,28	2	14	56	Polaris 414 A01
26	Загрузочная и тамбур	100	1,5	10,9	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,61	0,28	2	35	70	Barat 235169 PC/PC
27	Помещение хранения и выдачи питья	200	1,5	15,2	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	3	35	70	Barat 235169 PC/PC
28	Помещение стерилизации посуды	200	1,5	20,8	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	4	35	70	Barat 235169 PC/PC
29	Помещение приема	100	1,5	6,8	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,57	0,28	1	35	70	Barat 235169 PC/PC
30	Помещение для мойки	150	1,5	12,6	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,63	0,28	2	35	70	Barat 235169 PC/PC
31	Помещение камеры временного хранения отходов	100	1,5	19,5	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,7	0,28	5	14	56	Polaris 414 A01
32	Электрощитовая	100	1,5	8,8	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	0,59	0,28	2	18	36	Pollux B 218 H40
33	Коридор	100	1,5	8,8	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,59	0,28	2	14	56	Polaris 414 A01
34	Тамбур	100	1,5	6,3	1,1	1060	2	2120	Indus-18	0,56	0,28	2	18	36	Indus 218 M29

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
35	Загрузочная хлеба	100	1,5	8,5	1,1	1060	2	2120	Indus-18	0,59	0,28	2	18	36	Indus 218 M29
36	Лестничная клетка	100	1,5	17,4	1,1	1060	2	2120	Indus-18	0,67	0,28	4	18	36	Indus 218 M29
37	Лестничная клетка	100	1,5	17,4	1,1	1060	2	2120	Indus-18	0,67	0,28	4	18	36	Indus 218 M29
38	Лестничная клетка	100	1,5	17,4	1,1	1060	2	2120	Indus-18	0,67	0,28	4	18	36	Indus 218 M29
39	Тамбур	100	1,5	6	1,1	1060	2	2120	Indus-18	0,56	0,28	2	18	36	Indus 218 M29
Помещения 2-го этажа															
1	Кондитерский цех	200	1,5	28,6	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	6	35	70	Barat 235169 PC/PC
2	Моечная кухонной посуды	200	1,5	14,8	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	3	35	70	Barat 235169 PC/PC
3	Помещение обработки яиц	200	1,5	7,8	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	2	35	70	Barat 235169 PC/PC
4	Помещение хранения и резки хлеба	200	1,5	19,7	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	4	35	70	Barat 235169 PC/PC
5	Кладовая суточного запаса	100	1,5	9,9	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,6	0,28	2	35	70	Barat 235169 PC/PC
6	Холодный цех	200	1,5	11,7	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	2	35	70	Barat 235169 PC/PC
7	Мясо-рыбный цех	200	1,5	15,7	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	4	35	70	Barat 235169 PC/PC
8	Овощной цех	200	1,5	15,3	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	4	35	70	Barat 235169 PC/PC
9	Кабинет директора	300	1,5	12,9	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	4	14	56	Polaris 414 A01
10	Комната персонала	200	1,5	8,5	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	2	14	56	Polaris 414 A01
11	Кладовая белья	100	1,5	9	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,59	0,28	2	14	56	Polaris 414 A01
12	Коридор	150	1,5	122	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	20	14	56	Polaris 414 A01
13	Санузел	100	1,5	1,8	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	0,52	0,28	2	18	36	Pollux B 218 H40
14	Санузел персонала	100	1,5	7,6	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	0,58	0,28	2	18	36	Pollux B 218 H40
15	Кладовая предметов уборки	100	1,5	3	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	0,53	0,28	1	18	36	Pollux B 218 H40

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	Кладовая предметов уборки	100	1,5	3,3	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	0,53	0,28	1	18	36	Pollux B 218 H40
17	Санузел	100	1,5	10,8	1,1	1100	2	2200	Pollux-B	0,61	0,28	5	18	36	Pollux B 218 H40
18	Вестибюль	150	1,5	40,3	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	6	14	56	Polaris 414 A01
19	Умывальная	150	1,5	8,5	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	3	14	56	Polaris 414 A01
20	Гардероб верхней одежды посетителей	100	1,5	15,4	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,65	0,28	4	14	56	Polaris 414 A01
21	Холл	100	1,5	5,8	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,56	0,28	2	14	56	Polaris 414 A01
22	Обеденный зал на 50 мест	300	1,5	92	1,1	770	4	3080	Polaris-14	1	0,49	22	14	56	Polaris 414 A01
23	Раздаточная	200	1,5	21,5	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	3	35	70	Barat 235169 PC/PC
24	Моечная столовой посуды	200	1,5	25,5	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	6	35	70	Barat 235169 PC/PC
25	Горячий цех	200	1,5	45,2	1,1	2880	2	5760	Barat-35	1	0,49	10	35	70	Barat 235169 PC/PC
26	Материальная	100	1,5	4,8	1,1	2880	2	5760	Barat-35	0,55	0,28	1	35	70	Barat 235169 PC/PC
27	Тамбур	100	1,5	3,3	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,53	0,28	1	14	56	Polaris 414 A01
28	Лестница	100	1,5	1,9	1,1	770	4	3080	Polaris-14	0,52	0,28	4	14	56	Polaris 414 A01

Таблица 2.2 – Расчет мощности освещения

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном},$ кВт	$K_c$	$K_{ПРА}$	$P_{осв},$ кВт	$\cos\phi$	$tg\phi$	$Q_{осв},$ кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Помещения 1-го этажа									
1	Кабинет заведующего	3	0,056	1	1,3	0,22	0,9	0,48	0,11
2	Комната врача диетпитания	4	0,056	1	1,3	0,29	0,9	0,48	0,14
3	Тамбур	2	0,056	1	1,3	0,15	0,9	0,48	0,07
4	Помещение камеры временного хранения отходов	4	0,07	1	1,3	0,36	0,9	0,48	0,17
5	Овощной цех	4	0,07	1	1,3	0,36	0,9	0,48	0,17
6	Цех обработки яиц	2	0,07	1	1,3	0,18	0,9	0,48	0,09
7	Рыбный цех	3	0,07	1	1,3	0,27	0,9	0,48	0,13
8	Цех заготовки мяса	4	0,07	1	1,3	0,36	0,9	0,48	0,17
9	Коридор	13	0,07	1	1,3	1,18	0,9	0,48	0,57
10	Холл	1	0,07	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
11	Цех мучных изделий	10	0,07	1	1,3	0,91	0,9	0,48	0,44
12	Холодный цех	3	0,07	1	1,3	0,27	0,9	0,48	0,13
13	Варочный цех	16	0,07	1	1,3	1,46	0,9	0,48	0,7
14	Кладовая суточного запаса	1	0,072	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
15	Млочная кухонной посуды	3	0,07	1	1,3	0,27	0,9	0,48	0,13
16	Комната персонала	2	0,056	1	1,3	0,15	0,9	0,48	0,07
17	Экспедиция	4	0,056	1	1,3	0,29	0,9	0,48	0,14
18	Кладовая предметов уборки	2	0,01	1	1,3	0,03	0,9	0,48	0,01
19	Кладовая хлеба	3	0,07	1	1,3	0,27	0,9	0,48	0,13
20	Загрузочная хлеба	1	0,07	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
21	Холл	2	0,036	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
22	Коридор	3	0,07	1	1,3	0,27	0,9	0,48	0,13
23	Кладовая предметов уборки	1	0,04	1	1,3	0,05	0,9	0,48	0,02
24	Санузел персонала	2	0,036	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
25	Ожидальная	2	0,056	1	1,3	0,15	0,9	0,48	0,07
26	Загрузочная и тамбур	2	0,07	1	1,3	0,18	0,9	0,48	0,09
27	Помещение хранения и выдачи питья	3	0,07	1	1,3	0,27	0,9	0,48	0,13
28	Помещение стерилизации посуды и приготовления питья	4	0,07	1	1,3	0,36	0,9	0,48	0,17
29	Помещение приема	1	0,07	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
30	Помещение для мойки	2	0,07	1	1,3	0,18	0,9	0,48	0,09
31	Помещение камеры временного хранения отходов	5	0,056	1	1,3	0,36	0,9	0,48	0,17

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	Электрощитовая	2	0,04	1	1,3	0,1	0,9	0,48	0,05
33	Коридор	2	0,056	1	1,3	0,15	0,9	0,48	0,07
34	Тамбур	2	0,036	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
35	Загрузочная хлеба	2	0,036	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
36	Лестничная клетка	4	0,036	1	1,3	0,19	0,9	0,48	0,09
37	Лестничная клетка	4	0,036	1	1,3	0,19	0,9	0,48	0,09
38	Лестничная клетка	4	0,036	1	1,3	0,19	0,9	0,48	0,09
39	Тамбур	2	0,036	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
Помещения 2-го этажа									
1	Кондитерский цех	6	0,07	1	1,3	0,55	0,9	0,48	0,26
2	Моечная кухонной посуды	3	0,07	1	1,3	0,27	0,9	0,48	0,13
3	Помещение обработки яиц	2	0,07	1	1,3	0,18	0,9	0,48	0,09
4	Помещение хранения и резки хлеба	4	0,07	1	1,3	0,36	0,9	0,48	0,17
5	Кладовая суточного запаса	2	0,07	1	1,3	0,18	0,9	0,48	0,09
6	Холодный цех	2	0,07	1	1,3	0,18	0,9	0,48	0,09
7	Мясо-рыбный цех	4	0,07	1	1,3	0,36	0,9	0,48	0,17
8	Овощной цех	4	0,07	1	1,3	0,36	0,9	0,48	0,17
9	Кабинет директора	4	0,056	1	1,3	0,29	0,9	0,48	0,14
10	Комната персонала	2	0,056	1	1,3	0,15	0,9	0,48	0,07
11	Кладовая белья	2	0,056	1	1,3	0,15	0,9	0,48	0,07
12	Коридор	20	0,056	1	1,3	1,46	0,9	0,48	0,7
13	Санузел	2	0,04	1	1,3	0,1	0,9	0,48	0,05
14	Санузел персонала	2	0,04	1	1,3	0,1	0,9	0,48	0,05
15	Кладовая предметов уборки	1	0,04	1	1,3	0,05	0,9	0,48	0,02
16	Кладовая предметов уборки	1	0,04	1	1,3	0,05	0,9	0,48	0,02
17	Санузел	5	0,04	1	1,3	0,26	0,9	0,48	0,12
18	Вестибюль	6	0,056	1	1,3	0,44	0,9	0,48	0,21
19	Умывальная	3	0,056	1	1,3	0,22	0,9	0,48	0,11
20	Гардероб верхней одежды посетителей	4	0,056	1	1,3	0,29	0,9	0,48	0,14
21	Холл	2	0,056	1	1,3	0,15	0,9	0,48	0,07
22	Обеденный зал на 50 мест	22	0,056	1	1,3	1,6	0,9	0,48	0,77
23	Раздаточная	3	0,07	1	1,3	0,27	0,9	0,48	0,13
24	Моечная столовой посуды	6	0,07	1	1,3	0,55	0,9	0,48	0,26
25	Горячий цех	10	0,07	1	1,3	0,91	0,9	0,48	0,44
26	Материальная	1	0,07	1	1,3	0,09	0,9	0,48	0,04
27	Тамбур	1	0,056	1	1,3	0,07	0,9	0,48	0,03
28	Лестница	4	0,056	1	1,3	0,29	0,9	0,48	0,14
ИТОГО						20,4			9,74

## 2.2 Электротехнический расчет электрического освещения

Для светильников общего освещения применяется напряжение 220 В. Электроснабжение рабочего и аварийного освещения выполняется самостоятельными линиями от главного щита освещения и главного щита аварийного освещения, подключенных к шинам низкого напряжения подстанции. При этом электроэнергия от подстанции передается питающими линиями на групповые осветительные щитки. Питание источников света осуществляется от групповых щитков групповыми линиями.

Распределение светильников по фазам по длине групповой линии выполняется для снижения потерь мощности и напряжения в проводе, уменьшения стробоскопического эффекта и снижения ущерба при исчезновении напряжения в одной из фаз.

Задачей данного раздела является оптимальное распределение светильников по фазам, выбор осветительного щита и питающего кабеля. Лампы распределяются относительно фаз таким образом, чтобы суммарная нагрузка фаз была равномерной. Нагрузку можно считать равномерной, если моменты нагрузок отличаются незначительно.

На данном этапе определяется расчетная мощность и расчетный ток системы освещения. Это необходимо для выбора сечений проводников системы освещения, а так же для выбора электроустановочных изделий и защитных аппаратов. В электротехническом расчете следует уделить внимание равномерности распределения нагрузки по фазам, так как электроприемники системы освещения являются однофазными электроприемниками.

При электротехническом расчете системы освещения в данном проекте за основу взят принцип равномерности распределения нагрузки по фазам. Для этого все нагрузки системы рабочего освещения распределены на три группы с примерно равными нагрузками. Так же следует отметить, что при выборе вариантов подключения электроприемников системы освещения следует руководствоваться наиболее экономически эффективным использованием кабельно-проводниковой продукции.

При проектировании данного объекта наиболее эффективным был признан вариант с разделением системы рабочего освещения на 16 групп с установленной мощностью соответственно: 3,4; 3,6; 2,88; 2,29; 2,9; 2,95; 3,5; 3,4; 3,26; 3,26; 3,15; 3,44; 3; 3; 2,9; 3,62 кВт. Ввиду высокого коэффициента использования электроосвещения расчетную мощность следует признать равной установленной. В связи с малой мощностью нагрузки системы аварийного освещения щит аварийного освещения выполнен однофазного исполнения.

Таким образом, расчетная мощность щита рабочего освещения ЩО – 26,2 кВт, щита аварийного освещения ЩОА – 0,7 кВт.

Максимальный расчетный ток в трехфазной сети, А:

$$I_{p\ o} = \frac{P_{p\ o}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos\phi}, \quad (2.7)$$

где  $P_{p\ o}$  – расчетная нагрузка;  
 $U_l$  – напряжение на лампах, В;  
 $\cos\phi$  – коэффициент мощности ламп.  
 Для групповой сети 220 В:

$$I_{p\ o} = \frac{P_{p\ o}}{U_l \cdot \cos\phi}, \quad (2.8)$$

Определим максимальный расчетный ток щита ЩО и группы:

$$I_{a\ \text{ЩО}} = \frac{26,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 44,23 \text{ А.}$$

$$I_{a\ \text{ГР}} = \frac{3,62 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,9} = 18,28 \text{ А.}$$

Выбираем провод марки ВВГнг LSLT 5x2,5 с сечением основной жилы  $s = 2,5 \text{ мм}^2$  и допустимым током 25 А для групповой сети и на вводе в ЩО провод марки ВВГнг LSLT 5x10 с сечением основной жилы  $s = 10 \text{ мм}^2$  и допустимым током 55 А.

Выбираем осветительный щиток ОЩВ-3-50-6 с номинальным током  $I_{\text{ном}} = 50 \text{ А}$ , с присоединениями по 20 А.

Вводной автомат: ВА 47-29,  $I_{\text{ном}} = 50 \text{ А}$ ;

Групповой автомат отходящей линии: ВА 47-29,  $I_{\text{ном}} = 20 \text{ А}$ .

Аналогичные расчеты производим для ЩОА:

Определим максимальный расчетный ток щита ЩО и группы:

$$I_{a\ \text{ЩОА}} = \frac{0,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 1,2 \text{ А.}$$

$$I_{a\ \text{ГР}} = \frac{0,16 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,9} = 0,81 \text{ А.}$$

Выбираем провод марки ВВГнг LSLT 5x2,5 с сечением основной жилы  $s = 2,5 \text{ мм}^2$  и допустимым током 25 А для групповой сети и на вводе в ЩОА провод марки ВВГнг LSLT 5x2,5 с сечением основной жилы  $s = 2,5 \text{ мм}^2$  и допустимым током 25 А.

Выбираем осветительный щиток ОЩВ-3-5-6 с номинальным током

$I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$ , с присоединениями по 1 А.

Вводной автомат: ВА 47-29,  $I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$ ;

Групповой автомат отходящей линии: ВА 47-29,  $I_{\text{НОМ}} = 1 \text{ А}$ .

Вариант распределения по группам электроприемников системы освещения указан на листах графической части.

### 2.3 Расчет электрических нагрузок

С целью выбора индивидуальных аппаратов защиты и проводников для отдельных электроприемников необходимо рассчитать токи, потребляемые силовыми электроприемниками. Расчет электрической нагрузки на первом уровне производится для каждого электроприемника в отдельности. По исходным данным определяется номинальная активная мощность приемника электроэнергии и ток.

Для установок, работающих в длительном режиме [5, 6]:

$$P_{\text{НОМ}} = P_{\text{уст}}, \text{ кВт}, \quad (2.9)$$

$$Q_p = P_{\text{НОМ}} \cdot \text{tg}(\arccos(\varphi)), \text{ кВар}; \quad (2.10)$$

Полная мощность находится из выражения:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.11)$$

Пример. Расчет номинальной мощности, активной и реактивной мощностей первого уровня и полной мощности ЭП №2.

В соответствии с [9] расчетная нагрузка 1УР принимается равной номинальной нагрузке. По формулам (2.9) – (2.11) определяем:

$$P_{p1} = P_{\text{НОМ}} = 1,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 1,5 \cdot \text{tg}(\arccos(0,85)) = 0,93 \text{ кВар};$$

$$S_{p1} = \sqrt{1,5^2 + 0,93^2} = 1,76 \text{ кВА}.$$

$$I_{p1} = \frac{P_{p1} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85} = 2,68 \text{ А};$$

$$I_{\text{л}} = K_{\text{л}} \cdot I_{p1} = 5 \cdot 2,68 = 13,4 \text{ А}.$$

Для однофазных электроприемников ток определяется выражением:

$$I_{p1} = \frac{P_{p1} \cdot 10^3}{U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi}, \text{ А};$$



Коэффициент пуска для электроприемников, использующих нагрев  $K_{п} = 1$ . Для остальных электроприемников расчеты аналогичны (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Расчет силовых электрических нагрузок на первом уровне

№	Наименование ЭП	cosφ	tgφ	P <sub>ном</sub> , кВт	P <sub>р1</sub> , кВт	Q <sub>р1</sub> , кВар	S <sub>р</sub> , кВА	I <sub>р</sub> , А	Пуск, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Овощерезательная машина	0,8	0,75	0,55	0,55	0,41	0,69	3,13	15,65
2	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
3	Рукосушитель	0,9	0,48	2	2	0,96	2,22	10,1	50,5
4	Рукосушитель	0,9	0,48	2	2	0,96	2,22	10,1	50,5
5	Автомат для мойки и дезинфекции	0,8	0,75	9,7	9,7	7,28	12,13	18,42	92,1
6	Система водоподготовки	0,85	0,62	1,2	1,2	0,74	1,41	2,14	10,7
7	Стерилизатор воздушный	0,85	0,62	2,2	2,2	1,36	2,59	11,76	58,8
8	Электроплита	0,95	0,33	6	6	1,98	6,32	9,6	9,6
9	Машина для нарезки хлеба	0,8	0,75	0,37	0,37	0,28	0,46	2,1	10,5
10	Мукопросеиватель	0,8	0,75	0,18	0,18	0,14	0,23	1,02	5,1
11	Вытяжка местная	0,85	0,62	0,37	0,37	0,23	0,44	0,66	3,3
12	Машина для замеса дрожжевого теста	0,8	0,75	0,4	0,4	0,3	0,5	2,27	11,35
13	Шкаф пекарный	0,95	0,33	12	12	3,96	12,64	19,19	19,19
14	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
15	Машина для резки продуктов	0,8	0,75	1,5	1,5	1,13	1,88	8,52	42,6
16	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
17	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
18	Мясорубка	0,8	0,75	1,5	1,5	1,13	1,88	8,52	42,6
19	Рыбочистка	0,8	0,75	0,1	0,1	0,08	0,13	0,57	2,85
20	Паро-конвектомат	0,95	0,33	8,05	8,05	2,66	8,48	12,87	12,87
21	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
22	Электрокипятильник	0,95	0,33	10,5	10,5	3,47	11,06	50,24	50,24
23	Шкаф жарочный	0,95	0,33	13	13	4,29	13,69	20,79	20,79
24	Камера холодильная	0,9	0,48	0,67	0,67	0,32	0,74	3,38	16,9
25	Камера холодильная	0,9	0,48	0,67	0,67	0,32	0,74	3,38	16,9
26	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,62	0,62	0,3	0,69	3,13	15,65
27	Электрокипятильник	0,95	0,33	10,5	10,5	3,47	11,06	16,79	16,79
28	Электрокотел	0,95	0,33	15	15	4,95	15,8	23,99	23,99
29	Электрокотел	0,95	0,33	15	15	4,95	15,8	23,99	23,99
30	Электрокотел	0,95	0,33	13,5	13,5	4,46	14,22	21,59	21,59
31	Электрокотел	0,95	0,33	13,5	13,5	4,46	14,22	21,59	21,59
32	Электроплита	0,95	0,33	14	14	4,62	14,74	22,39	22,39
33	Электроплита	0,95	0,33	14	14	4,62	14,74	22,39	22,39
34	Электросковорода	0,95	0,33	14	14	4,62	14,74	22,39	22,39
35	Электросковорода	0,95	0,33	12	12	3,96	12,64	19,19	19,19
36	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,62	0,62	0,3	0,69	3,13	15,65
37	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,27	0,27	0,13	0,3	1,36	6,8
38	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,62	0,62	0,3	0,69	3,13	15,65
39	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,62	0,62	0,3	0,69	3,13	15,65
40	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,62	0,62	0,3	0,69	3,13	15,65

### Окончание таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,3	0,3	0,14	0,33	1,52	7,6
42	Электросушитель	0,95	0,33	2	2	0,66	2,11	9,57	9,57
43	Электросушитель	0,95	0,33	2	2	0,66	2,11	9,57	9,57
44	Электросушитель	0,95	0,33	2	2	0,66	2,11	9,57	9,57
45	Электросушитель	0,95	0,33	2	2	0,66	2,11	9,57	9,57
46	Электросушитель	0,95	0,33	2	2	0,66	2,11	9,57	9,57
47	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
48	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
49	Мясорубка	0,8	0,75	1,9	1,9	1,43	2,38	10,8	54
50	Рыбочистка	0,8	0,75	0,1	0,1	0,08	0,13	0,57	2,85
51	Машина для резки продуктов	0,8	0,75	0,12	0,12	0,09	0,15	0,68	3,4
52	Весы	0,8	0,75	0,15	0,15	0,11	0,19	0,85	4,25
53	Мясорубка	0,8	0,75	0,55	0,55	0,41	0,69	3,13	15,65
54	Электрокипятильник	0,95	0,33	10,5	10,5	3,47	11,06	16,79	16,79
55	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
56	Электрокипятильник	0,95	0,33	10,5	10,5	3,47	11,06	50,24	50,24
57	Мукопросеиватель	0,8	0,75	0,18	0,18	0,14	0,23	1,02	5,1
58	Шкаф пекарный	0,95	0,33	12	12	3,96	12,64	19,19	19,19
59	Машина для замеса дрожжевого теста	0,8	0,75	0,4	0,4	0,3	0,5	2,27	11,35
60	Привод универсальный	0,85	0,62	1,5	1,5	0,93	1,76	2,68	13,4
61	Машина для нарезки хлеба	0,8	0,75	0,37	0,37	0,28	0,46	2,1	10,5
62	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,27	0,27	0,13	0,3	1,36	6,8
63	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,27	0,27	0,13	0,3	1,36	6,8
64	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,62	0,62	0,3	0,69	3,13	15,65
65	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,27	0,27	0,13	0,3	1,36	6,8
66	Шкаф холодильный	0,9	0,48	0,27	0,27	0,13	0,3	1,36	6,8
67	Электроплита	0,95	0,33	14	14	4,62	14,74	22,39	22,39
68	Электроплита	0,95	0,33	14	14	4,62	14,74	22,39	22,39
69	Электроплита	0,95	0,33	14	14	4,62	14,74	22,39	22,39
70	Электросковорода	0,95	0,33	6	6	1,98	6,32	9,6	9,6
71	Электросковорода	0,95	0,33	13	13	4,29	13,69	20,79	20,79
72	Шкаф жарочный	0,95	0,33	13	13	4,29	13,69	20,79	20,79
73	Электрокотел	0,95	0,33	13,5	13,5	4,46	14,22	21,59	21,59
74	Электрокотел	0,95	0,33	13,5	13,5	4,46	14,22	21,59	21,59
75	Электрокотел	0,95	0,33	15	15	4,95	15,8	23,99	23,99
76	Электрокипятильник	0,95	0,33	10,5	10,5	3,47	11,06	50,24	50,24
77	Электрокипятильник	0,95	0,33	6	6	1,98	6,32	28,71	28,71
78	Прилавок	0,8	0,75	0,35	0,35	0,26	0,44	1,99	9,95
79	Прилавок	0,8	0,75	3	3	2,25	3,75	17,05	85,25
80	Прилавок	0,8	0,75	0,7	0,7	0,53	0,88	3,98	19,9
81	Мармит	0,8	0,75	4	4	3	5	22,73	113,65
82	Мармит	0,8	0,75	3	3	2,25	3,75	17,05	85,25

Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки  $P_{P,P}$ , кВт, следует определять по формуле:

$$P_{P,P} = K_{C,P} P_{V,P} n, \text{ кВт}, \quad (2.12)$$

где  $K_{C.P}$  - расчетный коэффициент спроса, принимаемый по таблице 6.6 [14];  
 $P_{У.Р}$  - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт (в том числе для подключения оргтехники);  
 $n$  - число розеток.

Для розеточных групп используются отдельные щиты СП-11 для первого этажа, и СП-12 – для второго.

Рассмотрим пример расчета для 1-го этажа:

$$P_{P.P.и} = 1 \cdot 0,06 \cdot 19 = 1,14 \text{ кВт.}$$

Расчет для остальных этажей сведем в таблицу 3.2.

Таблица 2.4 – Расчетная электрическая нагрузка линий, питающих розетки

Этаж	$n$ , шт	$K_{C.P}$	$P_{P.P.}$ , кВт
Первый этаж	19	1	1,14
Второй этаж	18	1	1,08
Итого	37		2,22

Расчетная нагрузка вводов и на шинах 0,4 кВ ТП при смешанном питании от них общего освещения, розеток, кухонных электрических плит и помещений общественного назначения в общежитиях коридорного типа определяется как сумма расчетных нагрузок питающих линий, умноженная на 0,75 (п.6.6 СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [14]).

Произведем расчет силовых электрических нагрузок для здания профилактория в целом (второй уровень). Расчеты производим в соответствии с методом коэффициента спроса согласно СП 31-110 2003, пп.6.13-6.24 [14], т.е. по методу коэффициента спроса, описанному в п.1.2, результат расчета представлен в таблице 2.5.

Для получения наиболее экономически выгодной проектируемой схемы электроснабжения, дальнейший расчет произведем по двум вариантам:

Вариант №1 – Распределение электроэнергии по профилакторию с помощью распределительных силовых пунктов одной конфигурации

Вариант №2 – Распределение электроэнергии по профилакторию с помощью распределительных силовых пунктов другой конфигурации

Таблица 2.5 – Расчет нагрузки на втором уровне (СП) методом коэффициента спроса

№ щита	Электроприемники, входящие в группу	Количество присоединений	Коэффициент спроса, Кс	Установленная мощность, Р <sub>у</sub>	Групповой коэффициент мощности, cosφ	Расчетная мощность силовой сборки Р <sub>р</sub> , кВт	Расчетный ток I <sub>р</sub> , А
<b>ВАРИАНТ 1</b>							
СП-1	1,2,19,40,18,39,17,25	8	0,65	7,06	0,85	4,59	8,22
СП-2	3,4,24,36,5,6,7,8,26	9	0,625	25,01	0,87	15,63	27,3
СП-3	20,21,22,23,32,33,34,35	8	0,65	87,05	0,95	56,58	90,66
СП-4	28,29,30,31,38,15,16,27	8	0,65	71,12	0,94	46,23	74,34
СП-5	37,13,14,10,11,12,41,9	8	0,65	15,39	0,93	10,0	16,35
СП-6	58,59,60,65,73,74,61,56	8	0,65	52,04	0,94	33,83	54,38
СП-7	79,80,78,81,82,69,71,72	8	0,65	51,05	0,92	33,18	54,7
СП-8	76,67,68,70,54,55	6	0,77	56,5	0,95	43,51	69,78
СП-9	52,63,51,53,62,64,48,49,50,47	10	0,72	6,98	0,84	5,03	9,12
СП-10	77,66,42,43,44,45,46	7	0,68	16,27	0,95	11,06	17,72
СП-11	розетки, 1 эт.	19	1,0	1,14	0,85	1,14	6,1
СП-12	розетки, 2 эт.	18	1,0	1,08	0,85	1,08	5,78
<b>ВАРИАНТ 2</b>							
СП-1	1,9,40,1,2,18,39,17,25	8	0,65	7,06	0,85	4,59	8,22
СП-2	3,4,5,6,7,8,26,36,24	9	0,625	25,01	0,87	15,63	27,3
СП-3	35,23,20,21,22,31	6	0,77	58,55	0,95	45,08	72,29
СП-4	28,29,32,33,34,30	6	0,77	85,5	0,95	65,84	105,34
СП-5	27,41,9,10,11,12,13,14,37	9	0,625	25,89	0,94	16,18	26,21
СП-6	61,56,76,81,82,78,79,80,54,55	10	0,72	44,42	0,91	31,98	53,25
СП-7	65,57,58,59,60,67,68,70,71	8	0,65	61,35	0,95	39,88	64,04
СП-8	69,72,73,74,75	5	0,75	69,0	0,95	51,75	82,8
СП-9	77,66,51,52,53,62,63,64	8	0,65	8,25	0,93	5,36	8,77
СП-10	42,43,44,45,46,47,48,49,50	9	0,625	15,0	0,92	9,38	15,59
СП-11	розетки, 1 эт.	19	1,0	1,14	0,85	1,14	6,1
СП-12	розетки, 2 эт.	18	1,0	1,08	0,85	1,08	5,78

### 3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения.

#### 3.1 Выбор коммутационно-защитных аппаратов

Уставки автоматических выключателей выбираются по условию защиты линии от перегрузки и условию отключения тока коротких замыканий в конце защищаемой линии.

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электроприемников производим по следующим условиям [21, с. 42-43]:

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):

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

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

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (3.3)$$

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

$$I_{\text{ном.то}} = K_y \cdot I_{\text{ном.а}},$$

где кратность уставки  $K_y$  принимается из ряда 3, 5, 7, 10 для автоматов серии ВА. Для выполнения условия достаточно взять кратность не менее 5-7, соразмерную с кратностью пуска электродвигателя отдельного ЭП, принятую ранее.

Результаты выбора автоматов для отдельных электроприемников представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Выбор автоматов для отдельных электроприемников

№ ЭП	$I_p, A$	Расчетный ток $1,25 \cdot I_p, A$	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пуск}, A$	$K_0$	$I_{ном.то}, A$	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл.}, kA$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,13	3,3	5	5,2	6,24	7	11,2	BA 47-29-1B	1,5
2	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
3	10,1	14,23	15	16,9	20,28	7	35	BA 47-29-1B	1,5
4	10,1	14,23	15	16,9	20,28	7	35	BA 47-29-1B	1,5
5	18,42	23,03	25	92,1	110,52	7	175	BA 47-100-3B	3
6	2,14	2,68	3,15	10,7	12,84	7	22,05	BA 47-29-1B	1,5
7	3,76	4,91	5	19,65	23,58	7	35	BA 47-29-1B	1,5
8	9,6	12	12,5	9,6	11,52	7	87,5	BA 47-29-1B	1,5
9	2,1	0,88	1	3,5	4,2	7	7	BA 47-29-1B	1,5
10	1,02	0,43	0,6	1,7	2,04	7	4,2	BA 47-29-1B	1,5
11	0,66	0,83	1	3,3	3,96	7	7	BA 47-29-1B	1,5
12	2,27	2,95	3,15	3,8	4,56	7	7	BA 47-29-1B	1,5
13	19,19	23,99	25	19,19	23,03	7	175	BA 47-100-3B	3
14	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
15	8,52	3,56	4	14,25	17,1	7	28	BA 47-29-1B	1,5
16	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
17	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
18	8,52	3,56	4	14,25	17,1	7	28	BA 47-29-1B	1,5
19	0,57	0,24	0,4	0,95	1,14	7	2,8	BA 47-29-1B	1,5
20	12,87	16,09	20	12,87	15,44	7	140	BA 47-29-1B	1,5
21	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
22	50,24	20,99	25	16,79	20,15	7	175	BA 47-100-3B	3
23	20,79	25,99	31,5	20,79	24,95	7	220,5	BA 47-100-3B	3
24	3,38	1,41	1,6	5,65	6,78	7	11,2	BA 47-29-1B	3
25	3,38	1,41	1,6	5,65	6,78	7	11,2	BA 47-29-1B	3
26	3,13	1,31	1,6	5,25	6,3	7	11,2	BA 47-29-1B	3
27	16,79	20,99	25	16,79	20,15	7	175	BA 47-100-3B	3
28	23,99	29,99	31,5	23,99	28,79	7	220,5	BA 47-100-3B	3
29	23,99	29,99	31,5	23,99	28,79	7	220,5	BA 47-100-3B	3
30	21,59	26,99	31,5	21,59	25,91	7	220,5	BA 47-100-3B	3
31	21,59	26,99	31,5	21,59	25,91	7	220,5	BA 47-100-3B	3
32	22,39	27,99	31,5	22,39	26,87	7	220,5	BA 47-100-3B	3
33	22,39	27,99	31,5	22,39	26,87	7	220,5	BA 47-100-3B	3
34	22,39	27,99	31,5	22,39	26,87	7	220,5	BA 47-100-3B	3
35	19,19	23,99	25	19,19	23,03	7	175	BA 47-100-3B	3
36	3,13	1,31	1,6	5,25	6,3	7	11,2	BA 47-29-1B	1,5
37	1,36	0,58	0,6	2,3	2,76	7	4,2	BA 47-29-1B	1,5
38	3,13	1,31	1,6	5,25	6,3	7	11,2	BA 47-29-1B	1,5
39	3,13	1,31	1,6	5,25	6,3	7	11,2	BA 47-29-1B	1,5
40	3,13	1,31	1,6	5,25	6,3	7	11,2	BA 47-29-1B	1,5

### Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41	1,52	0,64	0,8	2,55	3,06	7	5,6	BA 47-29-1B	1,5
42	9,57	4	4	3,2	3,84	7	28	BA 47-29-1B	1,5
43	9,57	4	4	3,2	3,84	7	28	BA 47-29-1B	1,5
44	9,57	10	10	3,2	3,84	7	28	BA 47-29-1B	1,5
45	9,57	10	10	3,2	3,84	7	28	BA 47-29-1B	1,5
46	9,57	10	10	3,2	3,84	7	28	BA 47-29-1B	1,5
47	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
48	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
49	10,8	14,51	15	18,05	21,66	7	35	BA 47-29-1B	1,5
50	0,57	0,24	0,4	0,95	1,14	7	2,8	BA 47-29-1B	1,5
51	0,68	0,29	0,4	1,15	1,38	7	2,8	BA 47-29-1B	1,5
52	0,85	0,35	0,4	1,4	1,68	7	2,8	BA 47-29-1B	1,5
53	3,13	1,3	1,6	5,2	6,24	7	11,2	BA 47-29-1B	1,5
54	16,79	20,99	25	16,79	20,15	7	175	BA 47-100-3B	3
55	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
56	50,24	20,99	25	16,79	20,15	7	175	BA 47-100-3B	3
57	1,02	0,43	0,5	1,7	2,04	7	3,5	BA 47-29-1B	1,5
58	19,19	23,99	25	19,19	23,03	7	175	BA 47-100-3B	3
59	2,27	0,95	1	3,8	4,56	7	7	BA 47-29-1B	1,5
60	2,68	3,35	4	13,4	16,08	7	28	BA 47-29-1B	1,5
61	2,1	0,88	1	3,5	4,2	7	7	BA 47-29-1B	1,5
62	1,36	0,58	0,6	2,3	2,76	7	4,2	BA 47-29-1B	1,5
63	1,36	0,58	0,6	2,3	2,76	7	4,2	BA 47-29-1B	1,5
64	3,13	1,31	1,6	5,25	6,3	7	11,2	BA 47-29-1B	1,5
65	1,36	0,58	0,6	2,3	2,76	7	4,2	BA 47-29-1B	1,5
66	1,36	0,58	0,6	2,3	2,76	7	4,2	BA 47-29-1B	1,5
67	22,39	27,99	31,5	22,39	26,87	7	220,5	BA 47-100-3B	3
68	22,39	27,99	31,5	22,39	26,87	7	220,5	BA 47-100-3B	3
69	22,39	27,99	31,5	22,39	26,87	7	220,5	BA 47-100-3B	3
70	9,6	12	12,5	9,6	11,52	7	87,5	BA 47-29-1B	1,5
71	20,79	25,99	31,5	20,79	24,95	7	220,5	BA 47-100-3B	3
72	20,79	25,99	31,5	20,79	24,95	7	220,5	BA 47-100-3B	3
73	21,59	26,99	31,5	21,59	25,91	7	220,5	BA 47-100-3B	3
74	21,59	26,99	31,5	21,59	25,91	7	220,5	BA 47-100-3B	3
75	23,99	29,99	31,5	23,99	28,79	7	220,5	BA 47-100-3B	3
76	20,24	20,99	25	16,79	20,15	7	175	BA 47-100-3B	3
77	8,71	12	12,5	9,6	11,52	7	87,5	BA 47-29-1B	1,5
78	0,59	0,83	1	3,3	3,96	7	7	BA 47-29-1B	1,5
79	7,05	7,13	10	28,5	34,2	7	70	BA 47-29-1B	1,5
80	0,98	1,66	2	6,65	7,98	7	14	BA 47-29-1B	1,5
81	7,73	9,5	10	38	45,6	7	70	BA 47-29-1B	1,5
82	7,05	7,13	10	28,5	34,2	7	70	BA 47-29-1B	1,5

Выбор автоматических выключателей для защиты линий (к СП), питающих группу электроприемников, производим по следующим условиям [21, п.1.8, с. 42]:

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (3.4)$$

где  $U_a$  - номинальное напряжение автомата, В.

Все выбираемые автоматы рассчитаны на напряжение до 0,66 кВ.

б) по номинальному току:

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,1 \cdot I_M, \quad (3.5)$$

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

$I_M$  - максимальный расчетный ток защищаемой линии.

Для защиты распределительных пунктов СП выбираем автоматы серии ВА47 [21, таблица А.6] (таблицы 2.7-2.8). Для защиты каждой из розеточных групп применяем дифференциальные автоматы типа АДТ-32.

Таблица 3.2 – Выбор автоматов для защиты СП (вариант 1)

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{\text{ном.а}}$ , А	Пиковый ток $I_{\text{пик}}$ , А	Расчетный ток отсечки, $1,1 \cdot I_{\text{пик}}$ , А	Ко	$I_{\text{ном.то}}$ , А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{\text{откл}}$ , кА
СП-1	8,22	9,04	20	41,1	49,32	5	100	ВА 47-29-1В	3
СП-2	27,3	30,03	31,5	136,5	163,8	5	157,5	ВА 47-100-3В	6
СП-3	90,66	99,73	100	453,3	543,96	5	500	ВА 47-100-3В	7
СП-4	74,34	81,77	100	371,7	446,04	5	500	ВА 47-100-3В	7
СП-5	16,35	17,99	20	81,75	98,1	5	100	ВА 47-29-1В	3
СП-6	54,38	59,82	63	271,9	326,28	5	315	ВА 47-100-3В	6
СП-7	54,7	60,17	63	273,5	328,2	5	315	ВА 47-100-3В	6
СП-8	69,78	76,76	80	348,9	418,68	7	560	ВА 47-100-3В	6
СП-9	9,12	10,03	20	45,6	54,72	7	140	ВА 47-29-1В	3
СП-10	17,72	19,49	20	88,6	106,32	7	140	ВА 47-29-1В	3
СП-11	6,1	7,32	20	29,28	32,21	7	100	ВА 47-29-1В	3
СП-12	5,78	6,94	20	27,76	30,54	7	100	ВА 47-29-1В	3



Таблица 3.2 – Выбор автоматов для защиты СП (вариант 2)

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$ , А	Пиковый ток $I_{пик}$ , А	Расчетный ток отсечки, $1,1 \cdot I_{пик}$ , А	$K_o$	$I_{ном.то}$ , А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$ , кА
СП-1	8,22	9,04	20	41,1	49,32	5	100	ВА 47-29-1В	3
СП-2	27,3	30,03	31,5	136,5	163,8	5	157,5	ВА 47-100-3В	6
СП-3	72,29	79,52	100	361,45	433,74	5	500	ВА 47-100-3В	7
СП-4	105,34	115,87	160	526,7	632,04	5	800	ВА 88-35	15
СП-5	26,21	28,83	31,5	131,05	157,26	5	157,5	ВА 47-100-3В	6
СП-6	53,25	58,58	63	266,25	319,5	5	315	ВА 47-100-3В	6
СП-7	64,04	70,44	80	320,2	384,24	5	400	ВА 47-100-3В	6
СП-8	82,8	91,08	100	414	496,8	5	500	ВА 47-100-3В	7
СП-9	8,77	9,65	20	43,85	52,62	5	100	ВА 47-29-1В	3
СП-10	15,59	17,15	20	77,95	93,54	5	100	ВА 47-29-1В	3
СП-11	6,1	7,32	20	29,28	32,21	7	100	ВА 47-29-1В	3
СП-12	5,78	6,94	20	27,76	30,54	7	100	ВА 47-29-1В	3

### 3.2 Выбор распределительных пунктов

Распределение электроэнергии производится со шкафов навесного исполнения серии ЦРн установленных в электрощитовой и в коридорах в запираемых нишах, на вводе которых автоматические выключатели серии ВА-47.

Электроснабжение профилактория осуществляется от вводно-распределительного устройства ВРУ, расположенного в электрощитовой на первом этаже. Схема ВРУ1-11-10 УХЛ4 представлена на рисунке 3.1.

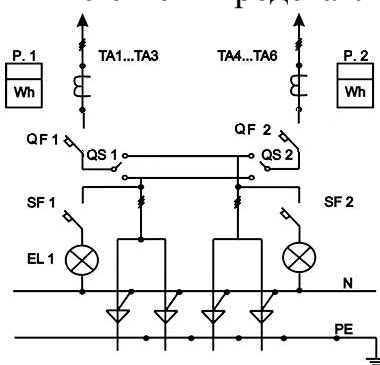


Рисунок 3.1 – Схема ВРУ:

ТА1-ТА6 - Трансформаторы тока 50/5...200/5А, Р1,2 - счетчики Меркурий 230 (учет общих нагрузок), QF1-QF2 – автоматические выключатели 250А, SF1-SF2 – автоматический выключатель ВА47-29 1р 6А, EL1,2 – лампы светодиодные E27

К ВРУ идут два кабеля марки ВВГ 3х95.

Силовые пункты выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта и номинального напряжения [21, с. 184-185].

Выбор для вариантов 1 и 2 представлен соответственно в таблицах 3.3-3.4.

Таблица 3.3 – Выбор силовых пунктов (вариант 1)

Наименование	Расчетный ток, А	Тип СП	Допустимый ток, А	Количество присоединений СП
СП-1	8,22	ЩРН-123-1	25	12
СП-2	27,3	ЩРН-123-1	50	12
СП-3	90,66	ЩРН-123-1	100	12
СП-4	74,34	ЩРН-123-1	80	12
СП-5	16,35	ЩРН-123-1	40	12
СП-6	54,38	ЩРН-123-1	63	12
СП-7	54,7	ЩРН-123-1	63	12
СП-8	69,78	ЩРН-123-1	80	12
СП-9	9,12	ЩРН-123-1	25	12
СП-10	17,72	ЩРН-123-1	25	12
СП-11	6,1	ЩРН-123-1	25	12
СП-12	5,78	ЩРН-123-1	25	12

Таблица 3.4 – Выбор силовых пунктов (вариант 2)

Наименование	Расчетный ток, А	Тип СП	Допустимый ток, А	Количество присоединений СП
СП-1	8,22	ЩРН-123-1	25	12
СП-2	27,3	ЩРН-123-1	50	12
СП-3	72,29	ЩРН-123-1	80	12
СП-4	105,34	ЩРН-123-1	125	12
СП-5	26,21	ЩРН-123-1	50	12
СП-6	53,25	ЩРН-123-1	63	12
СП-7	64,04	ЩРН-123-1	80	12
СП-8	82,8	ЩРН-123-1	100	12
СП-9	8,77	ЩРН-123-1	25	12
СП-10	15,59	ЩРН-123-1	25	12
СП-11	6,1	ЩРН-123-1	25	12
СП-12	5,78	ЩРН-123-1	25	12

### 3.3 Выбор сечений кабельных линий

Питание электроприемников здания принято по системе TN-S с разделением PEN проводников на вводном устройстве по пяти - и трехпроводным линиям. Электропроводки запроектированы с учетом ГОСТ Р505.71.15-97 ч.5 гл.52 и п.7.1.34 ПУЭ: распределительные линии выполнены

кабелем ВВГнг(а) LSLTx ВВГнг(а) FRLSLTx расчетного сечения: в пластиковых кабель-каналах; в ПВХ гофрированных трубах; в ПВХ гофрированных трубах в перфорированном лотке по подвалу и частично в профилактории.

Групповые линии выполнены кабелем ВВГнг (а) LSLTx ВВГнг(а) FRLSLTx расчетного сечения: в пустотах плит перекрытий; скрыто в металлических трубах в штабах пола; открыто в перфорированном лотке в ПВХ трубах под перекрытием (потребители профилактория), в пластиковом кабельном канале и частично в ПВХ гофрированной трубе.

Электропроводки должны обеспечивать возможность распознавания проводников по цветам.

Для питания отдельных электроприемников применяем кабели марки ВВГнг LSLT [23], LSLT означает, что при горении выделяется малое количество газов и токсичных соединений, «нг» - негорючая оболочка. Проводники для линий к отдельным электроприемникам выбираются с учетом соответствия аппарату защиты согласно условиям [21, с. 43]:

$$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{р}}, \quad (3.14)$$

$$I_{\text{пр}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{ном.а}}, \quad (3.15)$$

где  $K_{\text{зщ}} = 1$  – поправочный коэффициент защиты (для непожароопасных помещений);  $I_{\text{ном.а}}$  – номинальный ток автомата, А (таблица 3.8, графа 4).

Выбор сечений проводов и кабельных линий приведен в таблице 3.3.

Для питания СП применяем кабели марки ВВГнг(а) LSLT, выбор сечения которых производится по расчетному току [21, таблица 1.3.5] (таблицы 3.5-3.7).

Таблица 3.5 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№ ЭП	Номинальный ток автомата, А	Допустимый ток провода (кабеля), А	Сечение основной жилы S, мм <sup>2</sup>	Марка, сечение провода (кабеля)
1	2	3	4	5
1	1,6	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
2	4	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 5x2,5
3	5	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
4	5	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
5	25	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 5x2,5
6	3,15	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 5x2,5
7	5	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
8	12,5	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 5x2,5
9	1	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
10	0,6	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
11	1	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 5x2,5
12	1	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
13	25	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 5x2,5

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4	5
14	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
15	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
16	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
17	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
18	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
19	0,4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
20	20	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
21	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
22	25	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
23	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
24	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
25	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
26	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
27	25	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
28	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
29	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
30	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
31	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
32	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
33	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
34	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
35	25	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
36	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
37	0,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
38	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
39	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
40	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
41	0,8	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
42	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
43	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
44	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
45	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
46	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
47	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
48	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
49	5	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
50	0,4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
51	0,4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
52	0,4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
53	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
54	25	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
55	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
56	25	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
57	0,5	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
58	25	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
59	1	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
60	4	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5
61	1	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
62	0,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
63	0,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
64	1,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
65	0,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
66	0,6	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 3x2,5
67	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
68	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
69	31,5	40	6	BBГнр(а)LSLT 5x6
70	12,5	25	2,5	BBГнр(а)LSLT 5x2,5

Окончание таблицы 3.5.

1	2	3	4	5
71	31,5	40	6	ВВГнг(а)LSLT 5x6
72	31,5	40	6	ВВГнг(а)LSLT 5x6
73	31,5	40	6	ВВГнг(а)LSLT 5x6
74	31,5	40	6	ВВГнг(а)LSLT 5x6
75	31,5	40	6	ВВГнг(а)LSLT 5x6
76	25	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
77	12,5	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
78	1	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
79	10	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
80	2	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
81	10	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
82	10	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5

Таблица 3.6 – Выбор кабелей для питания СП (вариант 1)

Номер СП	Ток срабатывания теплового расцепителя автомата, А	Допустимый ток провода (кабеля), А	Сечение основной жилы S, мм <sup>2</sup>	Марка, сечение провода (кабеля)
1	2	3	4	5
СП-1	20	30	4	ВВГнг(а)LSLT 5x4
СП-2	31,5	40	6	ВВГнг(а)LSLT 5x6
СП-3	100	115	35	ВВГнг(а)LSLT 5x35
СП-4	100	115	35	ВВГнг(а)LSLT 5x35
СП-5	20	30	4	ВВГнг(а)LSLT 5x4
СП-6	63	75	16	ВВГнг(а)LSLT 5x16
СП-7	63	75	16	ВВГнг(а)LSLT 5x16
СП-8	80	90	25	ВВГнг(а)LSLT 5x25
СП-9	20	30	4	ВВГнг(а)LSLT 5x4
СП-10	20	30	4	ВВГнг(а)LSLT 5x4
СП-11*	10	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
СП-12*	10	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5

Таблица 3.7 – Выбор кабелей для питания СП (вариант 2)

Номер ШРА	Ток срабатывания теплового расцепителя автомата, А	Допустимый ток провода (кабеля), А	Сечение основной жилы S, мм <sup>2</sup>	Марка, сечение провода (кабеля)
1	2	3	4	5
СП-1	20	30	4	ВВГнг(а)LSLT 5x4
СП-2	31,5	40	6	ВВГнг(а)LSLT 5x6
СП-3	100	115	35	ВВГнг(а)LSLT 5x35
СП-4	160	185	70	ВВГнг(а)LSLT 5x70
СП-5	31,5	40	6	ВВГнг(а)LSLT 5x6
СП-6	63	75	16	ВВГнг(а)LSLT 5x16
СП-7	80	90	25	ВВГнг(а)LSLT 5x25
СП-8	100	115	35	ВВГнг(а)LSLT 5x35
СП-9	20	30	4	ВВГнг(а)LSLT 5x4
СП-10	20	30	4	ВВГнг(а)LSLT 5x4
СП-11*	10	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5
СП-12*	10	25	2,5	ВВГнг(а)LSLT 3x2,5

\* Для питания розеточных групп от щитков СП-11 и СП-12 применяем кабели типа ВВГнг(а)LSLT 3x2,5.

### 3.4 Расчет потерь напряжения

Произведем расчет потерь мощности и напряжения в кабельных линиях. Потеря напряжения в процентах к номинальному напряжению сети [12, с. 54]:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi), \quad (3.6)$$

где  $l$  - длина кабельной линии, км;  $r_{уд}$ ,  $x_{уд}$  - удельное активное и реактивное сопротивление кабеля, Ом/км;  $I_p$  - расчетный ток электроприемника, А.

Потеря напряжения в процентах к номинальному напряжению сети:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U_{ном}}, \quad (3.7)$$

где  $U_{ном}$  - номинальное напряжение сети, В.

Потеря активной и реактивной мощности:

$$\Delta P = 3 \cdot I_p^2 \cdot r_{уд} \cdot l, \quad (3.8)$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I_p^2 \cdot x_{уд} \cdot l, \quad (3.9)$$

где  $I_{РАБ}$  - максимальный рабочий ток электроприемника, А;  $l$  - длина кабельной линии, км,  $r_{уд}$ ,  $x_{уд}$  - см. выше.

Результаты расчетов потерь в кабельных линиях к электроприемникам по двум вариантам соответственно представлены в таблицах 3.8-3.9.

Таблица 3.8 – Расчет потерь мощности и напряжения (1 вариант)

№ ЭП	cosφ	sinφ	L, м	I <sub>p</sub> , А	S, мм <sup>2</sup>	Г <sub>уд</sub> , Ом/км	Х <sub>уд</sub> , Ом/км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔU, В	ΔQ, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,8	0,6	8	1,04	2,5	11,75	0,1	0,04	0	0,152	0
2	0,85	0,53	10	2,68	2,5	11,75	0,1	0,12	0,003	0,456	0
3	0,9	0,44	7	3,38	2,5	11,75	0,1	0,11	0,003	0,418	0
4	0,9	0,44	6	3,38	2,5	11,75	0,1	0,1	0,002	0,38	0
5	0,8	0,6	16	18,42	2,5	11,75	0,1	1,27	0,191	4,826	0,002
6	0,85	0,53	14	2,14	2,5	11,75	0,1	0,14	0,002	0,532	0
7	0,85	0,53	12	3,93	2,5	11,75	0,1	0,22	0,007	0,836	0
8	0,95	0,31	10	9,6	2,5	11,75	0,1	0,49	0,032	1,862	0
9	0,8	0,6	6	0,7	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
10	0,8	0,6	5	0,34	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
11	0,85	0,53	6	0,66	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	0,8	0,6	7	0,76	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
13	0,95	0,31	10	19,19	2,5	11,75	0,1	0,98	0,13	3,724	0,001
14	0,85	0,53	12	2,68	2,5	11,75	0,1	0,15	0,003	0,57	0
15	0,8	0,6	10	2,85	2,5	11,75	0,1	0,12	0,003	0,456	0
16	0,85	0,53	12	2,68	2,5	11,75	0,1	0,15	0,003	0,57	0
17	0,85	0,53	9	2,68	2,5	11,75	0,1	0,11	0,002	0,418	0
18	0,8	0,6	2	2,85	2,5	11,75	0,1	0,02	0,001	0,076	0
19	0,8	0,6	5	0,19	2,5	11,75	0,1	0	0	0	0
20	0,95	0,31	14	12,87	2,5	11,75	0,1	0,92	0,082	3,496	0,001
21	0,85	0,53	11	2,68	2,5	11,75	0,1	0,13	0,003	0,494	0
22	0,95	0,31	4	16,79	2,5	11,75	0,1	0,34	0,04	1,292	0
23	0,95	0,31	10	20,79	6	5,17	0,09	0,47	0,067	1,786	0,001
24	0,9	0,44	14	1,13	2,5	11,75	0,1	0,08	0,001	0,304	0
25	0,9	0,44	7	1,13	2,5	11,75	0,1	0,04	0	0,152	0
26	0,9	0,44	3	1,05	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
27	0,95	0,31	14	16,79	2,5	11,75	0,1	1,2	0,139	4,56	0,001
28	0,95	0,31	7	23,99	6	5,17	0,09	0,38	0,062	1,444	0,001
29	0,95	0,31	5	23,99	6	5,17	0,09	0,27	0,045	1,026	0,001
30	0,95	0,31	3	21,59	6	5,17	0,09	0,15	0,022	0,57	0
31	0,95	0,31	1	21,59	6	5,17	0,09	0,05	0,007	0,19	0
32	0,95	0,31	5	22,39	6	5,17	0,09	0,25	0,039	0,95	0,001
33	0,95	0,31	4	22,39	6	5,17	0,09	0,2	0,031	0,76	0,001
34	0,95	0,31	8	22,39	6	5,17	0,09	0,4	0,062	1,52	0,001
35	0,95	0,31	10	19,19	2,5	11,75	0,1	0,98	0,13	3,724	0,001
36	0,9	0,44	2	1,05	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
37	0,9	0,44	6	0,46	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
38	0,9	0,44	11	1,05	2,5	11,75	0,1	0,06	0	0,228	0
39	0,9	0,44	1	1,05	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
40	0,9	0,44	3	1,05	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
41	0,9	0,44	4	0,51	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
42	0,95	0,31	8	3,2	2,5	11,75	0,1	0,13	0,003	0,494	0
43	0,95	0,31	12	3,2	2,5	11,75	0,1	0,2	0,004	0,76	0
44	0,95	0,31	16	3,2	2,5	11,75	0,1	0,26	0,006	0,988	0
45	0,95	0,31	16	3,2	2,5	11,75	0,1	0,26	0,006	0,988	0
46	0,95	0,31	17	3,2	2,5	11,75	0,1	0,28	0,006	1,064	0
47	0,85	0,53	14	2,68	2,5	11,75	0,1	0,17	0,004	0,646	0
48	0,85	0,53	12	2,68	2,5	11,75	0,1	0,15	0,003	0,57	0
49	0,8	0,6	11	3,61	2,5	11,75	0,1	0,17	0,005	0,646	0
50	0,8	0,6	10	0,19	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
51	0,8	0,6	9	0,23	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
52	0,8	0,6	9	0,28	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
53	0,8	0,6	7	1,04	2,5	11,75	0,1	0,03	0	0,114	0
54	0,95	0,31	8	16,79	2,5	11,75	0,1	0,69	0,079	2,622	0,001
55	0,85	0,53	10	2,68	2,5	11,75	0,1	0,12	0,003	0,456	0
56	0,95	0,31	8	16,79	2,5	11,75	0,1	0,69	0,079	2,622	0,001
57	0,8	0,6	10	0,34	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
58	0,95	0,31	9	19,19	2,5	11,75	0,1	0,88	0,117	3,344	0,001
59	0,8	0,6	8	0,76	2,5	11,75	0,1	0,03	0	0,114	0
60	0,85	0,53	7	2,68	2,5	11,75	0,1	0,09	0,002	0,342	0

Окончание таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
61	0,8	0,6	10	0,7	2,5	11,75	0,1	0,03	0	0,114	0
62	0,9	0,44	12	0,46	2,5	11,75	0,1	0,03	0	0,114	0
63	0,9	0,44	7	0,46	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
64	0,9	0,44	7	1,05	2,5	11,75	0,1	0,04	0	0,152	0
65	0,9	0,44	2	0,46	2,5	11,75	0,1	0	0	0	0
66	0,9	0,44	3	0,46	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
67	0,95	0,31	4	22,39	6	5,17	0,09	0,2	0,031	0,76	0,001
68	0,95	0,31	3	22,39	6	5,17	0,09	0,15	0,023	0,57	0
69	0,95	0,31	3	22,39	6	5,17	0,09	0,15	0,023	0,57	0
70	0,95	0,31	6	9,6	2,5	11,75	0,1	0,29	0,019	1,102	0
71	0,95	0,31	6	20,79	6	5,17	0,09	0,28	0,04	1,064	0,001
72	0,95	0,31	5	20,79	6	5,17	0,09	0,23	0,034	0,874	0,001
73	0,95	0,31	2	21,59	6	5,17	0,09	0,1	0,014	0,38	0
74	0,95	0,31	4	21,59	6	5,17	0,09	0,19	0,029	0,722	0,001
75	0,95	0,31	2	23,99	6	5,17	0,09	0,11	0,018	0,418	0
76	0,95	0,31	9	16,79	2,5	11,75	0,1	0,77	0,089	2,926	0,001
77	0,95	0,31	2	9,6	2,5	11,75	0,1	0,1	0,006	0,38	0
78	0,8	0,6	6	0,66	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
79	0,8	0,6	5	5,7	2,5	11,75	0,1	0,12	0,006	0,456	0
80	0,8	0,6	6	1,33	2,5	11,75	0,1	0,03	0	0,114	0
81	0,8	0,6	8	7,6	2,5	11,75	0,1	0,26	0,016	0,988	0
82	0,8	0,6	7	5,7	2,5	11,75	0,1	0,17	0,008	0,646	0

Таблица 3.9 – Расчет потерь мощности и напряжения (2 вариант)

№ ЭП	cosφ	sinφ	L, м	I <sub>p</sub> , А	S, мм <sup>2</sup>	Γ <sub>уд</sub> , Ом/км	X <sub>уд</sub> , Ом/км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔU, В	ΔQ, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,8	0,6	15	1,04	2,5	11,75	0,1	0,07	0,001	0,266	0
2	0,85	0,53	18	2,68	2,5	11,75	0,1	0,22	0,005	0,836	0
3	0,9	0,44	16	3,38	2,5	11,75	0,1	0,26	0,006	0,988	0
4	0,9	0,44	15	3,38	2,5	11,75	0,1	0,25	0,006	0,95	0
5	0,8	0,6	39	18,42	2,5	11,75	0,1	3,1	0,466	11,78	0,004
6	0,85	0,53	22	2,14	2,5	11,75	0,1	0,22	0,004	0,836	0
7	0,85	0,53	22	3,93	2,5	11,75	0,1	0,4	0,012	1,52	0
8	0,95	0,31	25	9,6	2,5	11,75	0,1	1,22	0,081	4,636	0,001
9	0,8	0,6	13	0,7	2,5	11,75	0,1	0,04	0	0,152	0
10	0,8	0,6	11	0,34	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
11	0,85	0,53	13	0,66	2,5	11,75	0,1	0,04	0	0,152	0
12	0,8	0,6	14	0,76	2,5	11,75	0,1	0,05	0	0,19	0
13	0,95	0,31	33	19,19	2,5	11,75	0,1	3,23	0,428	12,274	0,004
14	0,85	0,53	20	2,68	2,5	11,75	0,1	0,25	0,005	0,95	0
15	0,8	0,6	19	2,85	2,5	11,75	0,1	0,23	0,005	0,874	0
16	0,85	0,53	20	2,68	2,5	11,75	0,1	0,25	0,005	0,95	0
17	0,85	0,53	17	2,68	2,5	11,75	0,1	0,21	0,004	0,798	0
18	0,8	0,6	11	2,85	2,5	11,75	0,1	0,14	0,003	0,532	0
19	0,8	0,6	11	0,19	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0



Продолжение таблицы 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	0,95	0,31	32	12,87	2,5	11,75	0,1	2,1	0,187	7,98	0,002
21	0,85	0,53	19	2,68	2,5	11,75	0,1	0,23	0,005	0,874	0
22	0,95	0,31	25	16,79	2,5	11,75	0,1	2,14	0,248	8,132	0,002
23	0,95	0,31	35	20,79	6	5,17	0,09	1,64	0,235	6,232	0,004
24	0,9	0,44	21	1,13	2,5	11,75	0,1	0,11	0,001	0,418	0
25	0,9	0,44	14	1,13	2,5	11,75	0,1	0,08	0,001	0,304	0
26	0,9	0,44	10	1,05	2,5	11,75	0,1	0,05	0	0,19	0
27	0,95	0,31	35	16,79	2,5	11,75	0,1	3	0,348	11,4	0,003
28	0,95	0,31	35	23,99	6	5,17	0,09	1,89	0,312	7,182	0,005
29	0,95	0,31	33	23,99	6	5,17	0,09	1,78	0,295	6,764	0,005
30	0,95	0,31	28	21,59	6	5,17	0,09	1,36	0,202	5,168	0,004
31	0,95	0,31	26	21,59	6	5,17	0,09	1,26	0,188	4,788	0,003
32	0,95	0,31	31	22,39	6	5,17	0,09	1,56	0,241	5,928	0,004
33	0,95	0,31	30	22,39	6	5,17	0,09	1,51	0,233	5,738	0,004
34	0,95	0,31	34	22,39	6	5,17	0,09	1,71	0,264	6,498	0,005
35	0,95	0,31	33	19,19	2,5	11,75	0,1	3,23	0,428	12,274	0,004
36	0,9	0,44	9	1,05	2,5	11,75	0,1	0,05	0	0,19	0
37	0,9	0,44	12	0,46	2,5	11,75	0,1	0,03	0	0,114	0
38	0,9	0,44	18	1,05	2,5	11,75	0,1	0,09	0,001	0,342	0
39	0,9	0,44	8	1,05	2,5	11,75	0,1	0,04	0	0,152	0
40	0,9	0,44	10	1,05	2,5	11,75	0,1	0,05	0	0,19	0
41	0,9	0,44	10	0,51	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
42	0,95	0,31	17	3,2	2,5	11,75	0,1	0,28	0,006	1,064	0
43	0,95	0,31	21	3,2	2,5	11,75	0,1	0,34	0,008	1,292	0
44	0,95	0,31	25	3,2	2,5	11,75	0,1	0,41	0,009	1,558	0
45	0,95	0,31	25	3,2	2,5	11,75	0,1	0,41	0,009	1,558	0
46	0,95	0,31	26	3,2	2,5	11,75	0,1	0,42	0,009	1,596	0
47	0,85	0,53	22	2,68	2,5	11,75	0,1	0,27	0,006	1,026	0
48	0,85	0,53	20	2,68	2,5	11,75	0,1	0,25	0,005	0,95	0
49	0,8	0,6	20	3,61	2,5	11,75	0,1	0,31	0,009	1,178	0
50	0,8	0,6	16	0,19	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
51	0,8	0,6	15	0,23	2,5	11,75	0,1	0,01	0	0,038	0
52	0,8	0,6	15	0,28	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
53	0,8	0,6	14	1,04	2,5	11,75	0,1	0,06	0,001	0,228	0
54	0,95	0,31	29	16,79	2,5	11,75	0,1	2,48	0,288	9,424	0,002
55	0,85	0,53	18	2,68	2,5	11,75	0,1	0,22	0,005	0,836	0
56	0,95	0,31	29	16,79	2,5	11,75	0,1	2,48	0,288	9,424	0,002
57	0,8	0,6	16	0,34	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
58	0,95	0,31	32	19,19	2,5	11,75	0,1	3,13	0,415	11,894	0,004
59	0,8	0,6	15	0,76	2,5	11,75	0,1	0,05	0	0,19	0
60	0,85	0,53	15	2,68	2,5	11,75	0,1	0,18	0,004	0,684	0
61	0,8	0,6	17	0,7	2,5	11,75	0,1	0,05	0	0,19	0
62	0,9	0,44	18	0,46	2,5	11,75	0,1	0,04	0	0,152	0
63	0,9	0,44	13	0,46	2,5	11,75	0,1	0,03	0	0,114	0
64	0,9	0,44	14	1,05	2,5	11,75	0,1	0,07	0,001	0,266	0
65	0,9	0,44	8	0,46	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
66	0,9	0,44	9	0,46	2,5	11,75	0,1	0,02	0	0,076	0
67	0,95	0,31	30	22,39	6	5,17	0,09	1,51	0,233	5,738	0,004
68	0,95	0,31	29	22,39	6	5,17	0,09	1,46	0,225	5,548	0,004
69	0,95	0,31	29	22,39	6	5,17	0,09	1,46	0,225	5,548	0,004
70	0,95	0,31	21	9,6	2,5	11,75	0,1	1,03	0,068	3,914	0,001
71	0,95	0,31	31	20,79	6	5,17	0,09	1,45	0,208	5,51	0,004
72	0,95	0,31	30	20,79	6	5,17	0,09	1,4	0,201	5,32	0,004
73	0,95	0,31	27	21,59	6	5,17	0,09	1,31	0,195	4,978	0,003
74	0,95	0,31	29	21,59	6	5,17	0,09	1,41	0,21	5,358	0,004
75	0,95	0,31	30	23,99	6	5,17	0,09	1,62	0,268	6,156	0,005

### Окончание таблицы 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
76	0,95	0,31	30	16,79	2,5	11,75	0,1	2,57	0,298	9,766	0,003
77	0,95	0,31	17	9,6	2,5	11,75	0,1	0,83	0,055	3,154	0
78	0,8	0,6	13	0,66	2,5	11,75	0,1	0,04	0	0,152	0
79	0,8	0,6	16	5,7	2,5	11,75	0,1	0,39	0,018	1,482	0
80	0,8	0,6	13	1,33	2,5	11,75	0,1	0,07	0,001	0,266	0
81	0,8	0,6	21	7,6	2,5	11,75	0,1	0,69	0,043	2,622	0
82	0,8	0,6	18	5,7	2,5	11,75	0,1	0,44	0,021	1,672	0

Потери напряжения в кабелях, запитывающих СП от КТП, рассчитываются аналогично потерям в кабелях по формулам (3.6) – (3.9). Расчеты сведем в таблицы 3.10-3.11.

Таблица 3.10 – Расчет потерь в кабелях, питающих СП (вариант 1)

№ СП	cosφ	sinφ	L, м	I <sub>раб</sub> , А	S, мм <sup>2</sup>	Г <sub>уд</sub> , Ом/км	Х <sub>уд</sub> , Ом/км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔU, В	ΔQ, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СП-1	0,85	0,53	26	8,22	4	7,74	0,095	0,65	0,041	2,47	0,001
СП-2	0,87	0,49	15	27,3	6	5,17	0,09	0,85	0,173	3,23	0,003
СП-3	0,95	0,31	12	90,66	35	0,167	0,0596	0,09	0,049	0,342	0,018
СП-4	0,94	0,34	15	74,34	35	0,167	0,0596	0,09	0,042	0,342	0,015
СП-5	0,93	0,37	16	16,35	4	7,74	0,095	0,86	0,099	3,268	0,001
СП-6	0,94	0,34	34	54,38	16	1,94	0,0675	1,56	0,585	5,928	0,02
СП-7	0,92	0,39	45	54,7	16	1,94	0,0675	2,03	0,784	7,714	0,027
СП-8	0,95	0,31	28	69,78	25	1,24	0,0662	1,07	0,507	4,066	0,027
СП-9	0,84	0,54	8	9,12	4	7,74	0,095	0,22	0,015	0,836	0
СП-10	0,95	0,31	10	17,72	4	7,74	0,095	0,6	0,073	2,28	0,001

Таблица 3.11 – Расчет потерь в кабелях, питающих СП (вариант 2)

№ СП	cosφ	sinφ	L, м	I <sub>раб</sub> , А	S, мм <sup>2</sup>	Г <sub>уд</sub> , Ом/км	Х <sub>уд</sub> , Ом/км	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔU, В	ΔQ, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СП-1	0,85	0,53	2	8,22	4	7,74	0,095	0,05	0,003	0,19	0
СП-2	0,87	0,49	3	27,3	6	0,129	0,0587	0,01	0,001	0,038	0
СП-3	0,95	0,31	4	72,29	35	0,026	0,022	0	0,002	0	0,001
СП-4	0,95	0,31	5	105,34	70	0,443	0,0612	0,11	0,074	0,418	0,01
СП-5	0,95	0,31	6	26,21	6	5,17	0,09	0,35	0,064	1,33	0,001
СП-6	0,95	0,31	7	53,25	16	1,94	0,0675	0,32	0,116	1,216	0,004
СП-7	0,95	0,31	8	64,04	25	1,24	0,0662	0,28	0,122	1,064	0,007
СП-8	0,95	0,31	9	82,8	35	0,89	0,0637	0,29	0,165	1,102	0,012
СП-9	0,95	0,31	10	8,77	4	7,74	0,095	0,3	0,018	1,14	0
СП-10	0,95	0,31	11	15,59	4	7,74	0,095	0,58	0,062	2,204	0,001

### 3.5 Технико-экономическое сравнение вариантов

Для технико-экономического сравнения вариантов необходимо рассчитать капитальные затраты на сооружение электрической сети и затраты

на ее эксплуатацию.

Экономическим критерием эффективности варианта является минимум приведенных затрат:

$$Z = E_H \cdot K + И, \quad (3.10)$$

где  $E_H = 0,125$  – нормативный коэффициент экономической эффективности [12, с. 57];

$K$  – единовременные капитальные затраты (капиталовложения);

$И$  – ежегодные эксплуатационные издержки; ущерб от перерывов электроснабжения не считаем, так как неизвестна зависимость ущерба от качества электроэнергии.

Эксплуатационные издержки определяются:

$$И = И_{Ц} + И_{\Delta A}. \quad (3.11)$$

Стоимость потерь электроэнергии определяется по формуле:

$$И_{\Delta A} = \beta \cdot \Delta A, \quad (3.12)$$

где  $\beta$  – стоимость потерь 1 кВт·ч электроэнергии (см. ниже).

При расчетах используем укрупненные показатели.

Капитальные затраты на сооружение первого и второго вариантов складываются из затрат на:

Распределительные пункты и шинопроводы;

Кабели, питающие отдельные электроприемники и СП;

Коммутационно-защитные аппараты на 0,4 кВ.

Стоимость распределительных силовых пунктов (таблица 3.12-3.13).

Таблица 3.12 – Расчет стоимости силовых пунктов (вариант 1)

Номер СП	$I_p$ , А	Марка СП	Номинальный ток СП, А	Количество присоединений СП	Стоимость, руб
СП-1	8,22	ЩРН-12з-1	25	12	6500
СП-2	27,3	ЩРН-12з-1	50	12	7000
СП-3	90,66	ЩРН-12з-1	100	12	10000
СП-4	74,34	ЩРН-12з-1	80	12	9000
СП-5	16,35	ЩРН-12з-1	40	12	6500
СП-6	54,38	ЩРН-12з-1	63	12	8000
СП-7	54,7	ЩРН-12з-1	63	12	8000

Окончание таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6
СП-8	69,78	ЩРН-12з-1	80	12	9000
СП-9	9,12	ЩРН-12з-1	25	12	6500
СП-10	17,72	ЩРН-12з-1	25	12	6500
ИТОГО					77000

При сравнении вариантов щиты СП-11 и СП-12 (для розеток) не учитываем, т.к. в обоих вариантах они не изменялись.

Таблица 3.13 – Расчет стоимости силовых пунктов (вариант 2)

Номер СП	I <sub>p</sub> , А	Марка СП	Номинальный ток СП, А	Количество присоединений СП	Стоимость, руб
СП-1	8,22	ЩРН-12з-1	25	12	6500
СП-2	27,3	ЩРН-12з-1	50	12	7000
СП-3	72,29	ЩРН-12з-1	80	12	9000
СП-4	105,34	ЩРН-12з-1	125	12	11500
СП-5	26,21	ЩРН-12з-1	50	12	7000
СП-6	53,25	ЩРН-12з-1	63	12	8000
СП-7	64,04	ЩРН-12з-1	80	12	9000
СП-8	82,8	ЩРН-12з-1	100	12	10000
СП-9	8,77	ЩРН-12з-1	25	12	6500
СП-10	15,59	ЩРН-12з-1	25	12	6500
ИТОГО					81000

Расчет стоимости кабельных линий (таблица 3.14).

Стоимость кабельных линий определяется по выражению:

$$K_{\text{кл}} = \sum K_{\text{кли}} \cdot L_i, \quad (3.13)$$

где  $K_{\text{кли}}$  – стоимость 1 м кабеля,  $L_i$  – длина кабеля.

Таблица 3.14 – Расчет стоимости кабелей

№ п/п	Сечение кабеля	L, м	Цена, руб./м	Стоимость, руб	№ п/п	Сечение кабеля	L, м	Цена, руб./м	Стоимость, руб
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Вариант 1					Вариант 2				
1	2,5	8	16	128	1	2,5	15	16	240
2	2,5	10	16	160	2	2,5	18	16	288
3	2,5	7	16	112	3	2,5	16	16	256
4	2,5	6	16	96	4	2,5	15	16	240
5	2,5	16	16	256	5	2,5	39	16	624
6	2,5	14	16	224	6	2,5	22	16	352

Продолжение таблицы 3.14

1						1				
7	2,5	12	16	192		7	2,5	22	16	352
8	2,5	10	16	160		8	2,5	25	16	400
9	2,5	6	16	96		9	2,5	13	16	208
10	2,5	5	16	80		10	2,5	11	16	176
11	2,5	6	16	96		11	2,5	13	16	208
12	2,5	7	16	112		12	2,5	14	16	224
13	2,5	10	16	160		13	2,5	33	16	528
14	2,5	12	16	192		14	2,5	20	16	320
15	2,5	10	16	160		15	2,5	19	16	304
16	2,5	12	16	192		16	2,5	20	16	320
17	2,5	9	16	144		17	2,5	17	16	272
18	2,5	2	16	32		18	2,5	11	16	176
19	2,5	5	16	80		19	2,5	11	16	176
20	2,5	14	16	224		20	2,5	32	16	512
21	2,5	11	16	176		21	2,5	19	16	304
22	2,5	4	16	64		22	2,5	25	16	400
23	6	10	1780	17800		23	6	35	1780	62300
24	2,5	14	16	224		24	2,5	21	16	336
25	2,5	7	16	112		25	2,5	14	16	224
26	2,5	3	16	48		26	2,5	10	16	160
27	2,5	14	16	224		27	2,5	35	16	560
28	6	7	29	203		28	6	35	29	1015
29	6	5	29	145		29	6	33	29	957
30	6	3	29	87		30	6	28	29	812
31	6	1	29	29		31	6	26	29	754
32	6	5	29	145		32	6	31	29	899
33	6	4	29	116		33	6	30	29	870
34	6	8	29	232		34	6	34	29	986
35	2,5	10	16	160		35	2,5	33	16	528
36	2,5	2	16	32		36	2,5	9	16	144
37	2,5	6	16	96		37	2,5	12	16	192
38	2,5	11	16	176		38	2,5	18	16	288
39	2,5	1	16	16		39	2,5	8	16	128
40	2,5	3	16	48		40	2,5	10	16	160
41	2,5	4	16	64		41	2,5	10	16	160
42	2,5	8	16	128		42	2,5	17	16	272
43	2,5	12	16	192		43	2,5	21	16	336
44	2,5	16	16	256		44	2,5	25	16	400
45	2,5	16	16	256		45	2,5	25	16	400
46	2,5	17	16	272		46	2,5	26	16	416
47	2,5	14	16	224		47	2,5	22	16	352
48	2,5	12	16	192		48	2,5	20	16	320
49	2,5	11	16	176		49	2,5	20	16	320
50	2,5	10	16	160		50	2,5	16	16	256
51	2,5	9	16	144		51	2,5	15	16	240
52	2,5	9	16	144		52	2,5	15	16	240
53	2,5	7	16	112		53	2,5	14	16	224
54	2,5	8	16	128		54	2,5	29	16	464
55	2,5	10	16	160		55	2,5	18	16	288
56	2,5	8	16	128		56	2,5	29	16	464
57	2,5	10	16	160		57	2,5	16	16	256
58	2,5	9	16	144		58	2,5	32	16	512
59	2,5	8	16	128		59	2,5	15	16	240

Окончание таблицы 3.14

1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
60	2,5	7	16	112		60	2,5	15	16	240
61	2,5	10	16	160		61	2,5	17	16	272
62	2,5	12	16	192		62	2,5	18	16	288
63	2,5	7	16	112		63	2,5	13	16	208
64	2,5	7	16	112		64	2,5	14	16	224
65	2,5	2	16	32		65	2,5	8	16	128
66	2,5	3	16	48		66	2,5	9	16	144
67	6	4	29	116		67	6	30	29	870
68	6	3	29	87		68	6	29	29	841
69	6	3	29	87		69	6	29	29	841
70	2,5	6	16	96		70	2,5	21	16	336
71	6	6	29	174		71	6	31	29	899
72	6	5	29	145		72	6	30	29	870
73	6	2	29	58		73	6	27	29	783
74	6	4	29	116		74	6	29	29	841
75	6	2	29	58		75	6	30	29	870
76	2,5	9	16	144		76	2,5	30	16	480
77	2,5	2	16	32		77	2,5	17	16	272
78	2,5	6	16	96		78	2,5	13	16	208
79	2,5	5	16	80		79	2,5	16	16	256
80	2,5	6	16	96		80	2,5	13	16	208
81	2,5	8	16	128		81	2,5	21	16	336
82	2,5	7	16	112		82	2,5	18	16	288
Кабели, питающие СП						Кабели, питающие СП				
СП-1	4	26	21	546		СП-1	4	2	21	42
СП-2	6	15	29	435		СП-2	6	3	29	87
СП-3	35	12	116	1392		СП-3	35	4	116	464
СП-4	35	15	116	1740		СП-4	70	5	232	1160
СП-5	4	16	21	336		СП-5	6	6	29	174
СП-6	16	34	54	1836		СП-6	16	7	54	378
СП-7	16	45	54	2430		СП-7	25	8	86	688
СП-8	25	28	86	2408		СП-8	35	9	116	1044
СП-9	4	8	21	168		СП-9	4	10	21	210
СП-10	4	10	21	210		СП-10	4	11	21	231
				40091						99534

Стоимость автоматов по 1-му и 2-му варианту (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Стоимость автоматов

Место установки	Тип автомата	Номинальный ток, А	Цена автомата, руб.	Место установки	Тип автомата	Номинальный ток, А	Цена автомата, руб.
Вариант 1				Вариант 2			
СП-1	ВА 47-29-1В	20	450	СП-1	ВА 47-29-1В	20	450
СП-2	ВА 47-100-3В	31,5	450	СП-2	ВА 47-100-3В	31,5	450
СП-3	ВА 47-100-3В	100	1200	СП-3	ВА 47-100-3В	100	1200
СП-4	ВА 47-100-3В	100	1200	СП-4	ВА 88-35	160	1200

### Окончание таблицы 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8
СП-5	ВА 47-29-1В	20	450	СП-5	ВА 47-100-3В	31,5	450
СП-6	ВА 47-100-3В	63	870	СП-6	ВА 47-100-3В	63	870
СП-7	ВА 47-100-3В	63	870	СП-7	ВА 47-100-3В	80	870
СП-8	ВА 47-100-3В	80	870	СП-8	ВА 47-100-3В	100	1200
СП-9	ВА 47-29-1В	20	450	СП-9	ВА 47-29-1В	20	450
СП-10	ВА 47-29-1В	20	450	СП-10	ВА 47-29-1В	20	450
ИТОГО			7260	ИТОГО			7590

Расчет стоимости капиталовложений:

$$K_{\text{ВАР1}} = K_{\text{КЛ}} + K_{\text{СП}} + K_{\text{АВТОМАТ}} = 40,091 + 77 + 7,26 = 124,351 \text{ тыс. руб.}$$

$$K_{\text{ВАР2}} = K_{\text{КЛ}} + K_{\text{ШРА}} + K_{\text{АВТОМАТ}} = 99,534 + 81 + 7,59 = 188,124 \text{ тыс. руб.}$$

Издержки определяются по формуле:

$$И = \frac{И_{\%} \cdot К}{100} + \Delta A \cdot В, \quad (3.14)$$

где  $И_{\%}$  – процентное отчисление на амортизацию, ремонт и обслуживание, составляет в сумме 9,4% для силового электротехнического оборудования [1, табл.12.3, с. 535];

$В$  – стоимость потерь одного киловатт в час электроэнергии (стоимость электроэнергии за 1 кВт·ч задается по среднему уровню тарифа, установленному Федеральной службой по тарифам: 2,8 руб./кВт·ч (Приказ Федеральной антимонопольной службы № 1057/15 от 06.11.2016 «О предельных уровнях тарифов на электрическую энергию (мощность) на 2017 год»).

Потери электроэнергии:

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau, \quad (3.15)$$

где  $\tau$  – время максимальных потерь, ч/год

$$\tau = (0,124 + T_{\text{М}}/10000)^2 \cdot 8760, \quad (3.16)$$

где  $T_{\text{М}}$  – время использования максимальной нагрузки, ч/год.

Потери энергии в распределительной сети определяются исходя из следующих условий: объект работает в одну смену, следовательно, для данного объекта  $T_{\text{М}} = 1900$  ч/год,

$$\tau = (0,124 + 1900/10000)^2 \cdot 8760 = 864 \text{ ч/год.}$$

Для первого варианта:

а) потери мощности:

$$\Delta P_{\text{ОБЩ1}} = \Delta P_{\text{КАБ.1УР}} + \Delta P_{\text{КАБ.2УР}} = 4,153 \text{ кВт.}$$

б) потери энергии:

$$\Delta A_{\text{ОБЩ1}} = \tau \cdot \Delta P_{\text{ОБЩ1}} = 864 \cdot 4,153 = 3588 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Для второго варианта:

а) потери мощности:

$$\Delta P_{\text{ОБЩ2}} = \Delta P_{\text{КАБ1УР}} + \Delta P_{\text{КАБ2УР}} + \Delta P_{\text{СП}} = 8,179 \text{ кВт.}$$

б) потери энергии:

$$\Delta A_{\text{ОБЩ2}} = \tau \cdot \Delta P_{\text{ОБЩ2}} = 864 \cdot 8,179 = 7067 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Результирующие издержки:

$$И_1 = 0,094 \cdot 124351 + 3588 \cdot 2,8 = 21735 \text{ руб/год.}$$

$$И_2 = 0,094 \cdot 188124 + 7067 \cdot 2,8 = 37471 \text{ руб/год.}$$

Определяем приведенные затраты:

$$З_1 = 0,125 \cdot 124351 + 21735 = 37279 \text{ руб/год.}$$

$$З_2 = 0,125 \cdot 188124 + 37471 = 60987 \text{ руб/год.}$$

Расхождение по затратам:

$$З = \frac{З_2 - З_1}{З_2} \cdot 100\% = \frac{60987 - 37279}{60987} \cdot 100\% = 39\% > 5\%.$$

Расхождение между затратами составляет  $39 > 5\%$ , следовательно, варианты неравноценны, поэтому выбираем вариант №1.



### 3.6 Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети

Рассчитаем ток трехфазного короткого замыкания (КЗ) с учетом сопротивления внешней сети (системы и питающей линии). К схеме замещения добавляется сопротивление внешней сети (рисунок 3.2), которое необходимо привести к напряжению точки КЗ, т. е. 0,4 кВ.

Сопротивления линии (между внешней сетью (системой) и трансформатором), данные о линии указаны в п.1.1:

$$x_L = x_0 \ell_L = 0,086 \cdot 2 = 0,17 \text{ Ом.}$$

$$r_L = r_0 \ell_L = 0,67 \cdot 2 = 1,34 \text{ Ом.}$$

Т.к. мощность трансформаторов ПС энергосистемы неизвестна, то сопротивление электрической системы можно определить согласно [2, п. 2.8]. Для этого, зная тип выключателя, который установлен для защиты отходящей линии от ПС энергосистемы, от которой питается рассматриваемый объект: ВВЭ-М-10-12,5/630У2. По каталогу [11] определяем ток отключения  $I_{\text{откл}} = 12,5$  кА для этого выключателя. Сопротивление между источником питания и точкой, в которой ток и мощность короткого замыкания не превысят соответствующих параметров выключателя, определяется по формуле [8]:

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}^2}{S_c} = \frac{10,5^2}{227,3} = 0,5 \text{ Ом,}$$

$$\text{где } S_c = \sqrt{3} \cdot I_{\text{ном откл.}} \cdot U_{\text{ср.ном}} = \sqrt{3} \cdot 12,5 \cdot 10,5 = 227,3 \text{ МВА.}$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$x_{\Sigma K1} = x_c = 0,5 \text{ Ом.}$$

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,5} = 12 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{уд } K1} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 12 = 30,55 \text{ кА.}$$

где  $k_{\text{уд}} = 1,8$  – при КЗ в сетях ВН, где активное сопротивление не оказывает существенного влияния [13].

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К2:

$$x_{\Sigma K2} = x_c + x_L = 0,5 + 0,17 = 0,67 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_L = 1,34 \text{ Ом.}$$

$$I_{K2} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K2}^2 + r_{\Sigma K2}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,67^2 + 1,34^2}} = 4,05 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{уд} K2} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 4,05 = 10,31 \text{ кА.}$$

При расчете сопротивлений приведение к одной ступени напряжения производится исходя из существующей шкалы средних номинальных напряжений. Пересчет сопротивлений производится по выражению [8; 12, с. 167]:

$$X_k = X_{\text{ном}} \cdot \left( \frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2, \quad (3.17)$$

где  $X_k$  – сопротивление (Ом), приведенное к ступени напряжения  $U_{\text{ср.к}}$ ;  $X_{\text{ном}}$  – сопротивление (Ом), заданное при напряжении  $U_{\text{ср.ном}}$ ;  $U_{\text{ср.к}}$  – среднее эксплуатационное напряжение ступени короткого замыкания, к которому пересчитываются все сопротивления сети, кВ;  $U_{\text{ср.ном}}$  – среднее эксплуатационное напряжение на ступени номинального напряжения элемента.

Приведенное сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_c} \cdot \left( \frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = \frac{10000^2}{227,3 \cdot 10^6} \cdot 10^3 \cdot \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,64 \text{ мОм,}$$

где  $S_c$  – мощность системы.

Приведенные сопротивления кабельной линии (между внешней сетью (системой) и трансформатором), данные о линии указаны в п.1.1:

$$x_L = x_{\text{уд}L} \ell_L \cdot \left( \frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = 0,086 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,25 \text{ мОм.}$$

$$r_L = r_{\text{уд}L} \ell_L \cdot \left( \frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = 0,67 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot \left( \frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,94 \text{ мОм.}$$

При напряжении до 1 кВ даже небольшое сопротивление оказывает существенное влияние на ток КЗ. Поэтому в расчетах учитываются все сопротивления короткозамкнутой цепи, как индуктивные, так и активные.

Кроме того, учитывают активные сопротивления всех переходных контактов в этой цепи (на шинах, на вводах и вводах аппаратов, разъемные контакты аппаратов и контакт в месте КЗ).

По [12, с. 167] при расчете токов КЗ в сетях рекомендуется учитывать сопротивление следующим образом: 0,02 Ом – для первичных СП, а также на зажимах аппаратов, питаемых радиальными линиями от щитов подстанций или главных магистралей; 0,025 Ом – для вторичных СП, а также на зажимах аппаратов, питаемых от первичных СП.

Определяем сопротивление трансформатора (данные о трансформаторе указаны в п.1.1):

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6 = \frac{12,2}{1000} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 1,95 \text{ мОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_{к}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6 = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,5}{1000}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 8,58 \text{ мОм}.$$

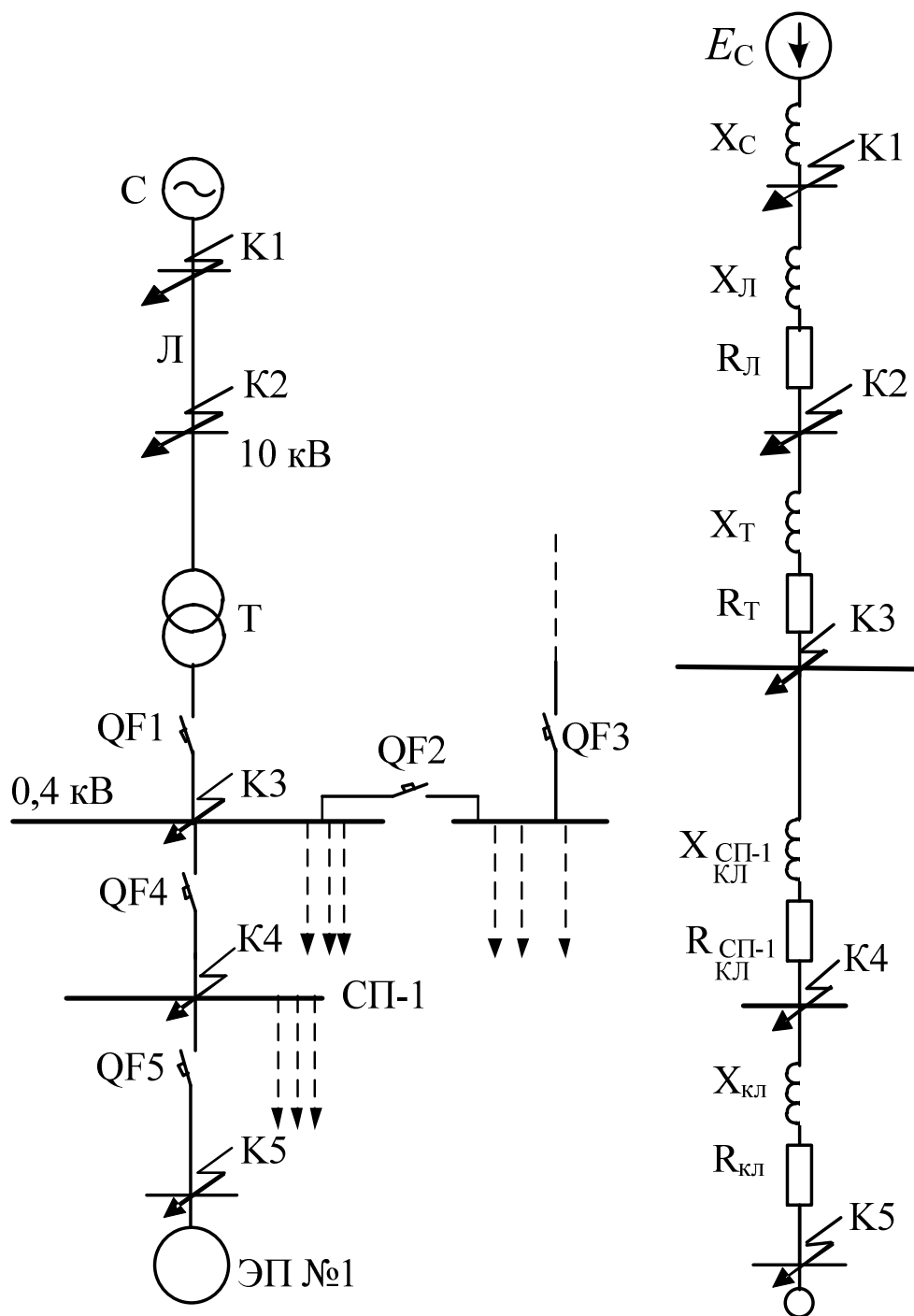


Рисунок 3.2 – Расчетные схемы

Рассчитаем сопротивление и ток КЗ в точке КЗ на вводе низшего напряжения подстанции:

$$x_{\Sigma K3} = x_C + x_L + x_{mp} = 0,64 + 0,25 + 8,58 = 9,47 \text{ мОм.}$$

Суммарное активное сопротивление, кроме сопротивлений элементов системы электроснабжения высшего напряжения и трансформатора, должно

учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводим добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции составляет 15 мОм:

$$r_{\Sigma K3} = r_{mp} + r_{Л} + r_{доб} = 1,95 + 1,94 + 15 = 18,89 \text{ мОм.}$$

$$\frac{x_{\Sigma K3}}{r_{\Sigma K3}} = 1,02, \text{ следовательно, } K_{y\delta} = 1,0 \text{ [12, с. 143].}$$

$$I_{K3} = \frac{U_{cp.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K3}^2 + r_{\Sigma K3}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{9,47^2 + 18,89^2}} = 10,93 \text{ кА.}$$

$$i_{уд K3} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 10,93 = 15,61 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ток КЗ в точке К4.

$$x_{\Sigma K4} = x_{\Sigma K3} + x_{КЛ СП-1} \cdot l = 9,47 + 0,095 \cdot 26 = 11,94 \text{ мОм,}$$

$$r_{\Sigma K4} = r_{\Sigma K3} + r_{КЛ СП-1} \cdot l + r_{доб перв} = 18,89 + 7,74 \cdot 26 + 20 = 240,13 \text{ мОм.}$$

$$\frac{x_{\Sigma K4}}{r_{\Sigma K4}} < 1,0, \text{ следовательно } K_{y\delta} = 1,0 \text{ [12, с. 168].}$$

$$I_{K4} = \frac{U_{cp.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K4}^2 + r_{\Sigma K4}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{11,94^2 + 240,13^2}} = 0,961 \text{ кА,}$$

$$i_{уд K4} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K4}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 0,961 = 1,359 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ток КЗ в точке К5.

$$x_{\Sigma K5} = x_{\Sigma K4} + x_{КЛ уд} \cdot l = 11,94 + 0,1 \cdot 8 = 12,74 \text{ мОм,}$$

$$r_{\Sigma K5} = r_{\Sigma K4} + r_{КЛ уд} \cdot l + r_{доб втор} = 240,13 + 11,75 \cdot 8 + 25 = 359,13 \text{ мОм,}$$

$$\frac{x_{\Sigma K5}}{r_{\Sigma K5}} < 0,5, \text{ следовательно } K_{y\delta} = 1 \text{ [12, с. 168],}$$

$$I_{K5} = \frac{U_{cp.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K5}^2 + r_{\Sigma K5}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{12,74^2 + 359,13^2}} = 0,643 \text{ кА,}$$

$$i_{уд K5} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K5}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,643 = 0,909 \text{ кА.}$$

Для остальных точек расчет аналогичен (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Расчет токов короткого замыкания

Точка КЗ	Кабель между СП и электроприемником №:			Ri, мОм	Xi, мОм	L, м	го, Ом/км	хо, Ом/км	Точка КЗ	Rкл, мОм	Xкл, мОм	Rдоб., мОм	R, мОм	X, мОм	Z, мОм	Iкз, кА	Ky	iуд, кА
1	2			3	4	5	6	7	1	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K4	СП-1	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	26	7,74	0,095	K4	201,24	2,47	20	240,13	11,94	240,427	0,961	1	1,359
K5	СП-1	-	1	240,13	11,94	8	11,75	0,1	K5	94	0,8	25	359,13	12,74	359,356	0,643	1	0,909
K6	СП-1	-	2	240,13	11,94	10	11,75	0,1	K6	117,5	1	25	382,63	12,94	382,849	0,603	1	0,853
K7	СП-1	-	19	240,13	11,94	5	11,75	0,1	K7	58,75	0,5	25	323,88	12,44	324,119	0,713	1	1,008
K8	СП-1	-	40	240,13	11,94	3	11,75	0,1	K8	35,25	0,3	25	300,38	12,24	300,629	0,768	1	1,086
K9	СП-1	-	18	240,13	11,94	2	11,75	0,1	K9	23,5	0,2	25	288,63	12,14	288,885	0,799	1	1,13
K10	СП-1	-	39	240,13	11,94	1	11,75	0,1	K10	11,75	0,1	25	276,88	12,04	277,142	0,833	1	1,178
K11	СП-1	-	17	240,13	11,94	9	11,75	0,1	K11	105,75	0,9	25	370,88	12,84	371,102	0,622	1	0,88
K12	СП-1	-	25	240,13	11,94	7	11,75	0,1	K12	82,25	0,7	25	347,38	12,64	347,61	0,664	1	0,939
K13	СП-2	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	15	5,17	0,09	K13	77,55	1,35	20	116,44	10,82	116,942	1,975	1	2,793
K14	СП-2	-	3	116,44	10,82	7	11,75	0,1	K14	82,25	0,7	25	223,69	11,52	223,986	1,031	1	1,458
K15	СП-2	-	4	116,44	10,82	6	11,75	0,1	K15	70,5	0,6	25	211,94	11,42	212,247	1,088	1	1,539
K16	СП-2	-	24	116,44	10,82	14	11,75	0,1	K16	164,5	1,4	25	305,94	12,22	306,184	0,754	1	1,066
K17	СП-2	-	36	116,44	10,82	2	11,75	0,1	K17	23,5	0,2	25	164,94	11,02	165,308	1,397	1	1,976
K18	СП-2	-	5	116,44	10,82	16	11,75	0,1	K18	188	1,6	25	329,44	12,42	329,674	0,701	1	0,991
K19	СП-2	-	6	116,44	10,82	14	11,75	0,1	K19	164,5	1,4	25	305,94	12,22	306,184	0,754	1	1,066
K20	СП-2	-	7	116,44	10,82	12	11,75	0,1	K20	141	1,2	25	282,44	12,02	282,696	0,817	1	1,155
K21	СП-2	-	8	116,44	10,82	10	11,75	0,1	K21	117,5	1	25	258,94	11,82	259,21	0,891	1	1,26
K22	СП-2	-	26	116,44	10,82	3	11,75	0,1	K22	35,25	0,3	25	176,69	11,12	177,04	1,304	1	1,844
K23	СП-3	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	12	0,167	0,0596	K23	2,004	0,7152	20	40,894	10,1852	42,143	5,48	1	7,75
K24	СП-3	-	20	40,894	10,1852	14	11,75	0,1	K24	164,5	1,4	25	230,394	11,5852	230,685	1,001	1	1,416
K25	СП-3	-	21	40,894	10,1852	11	11,75	0,1	K25	129,25	1,1	25	195,144	11,2852	195,47	1,181	1	1,67
K26	СП-3	-	22	40,894	10,1852	4	11,75	0,1	K26	47	0,4	25	112,894	10,5852	113,389	2,037	1	2,881
K27	СП-3	-	23	40,894	10,1852	10	5,17	0,09	K27	51,7	0,9	25	117,594	11,0852	118,115	1,955	1	2,765
K28	СП-3	-	32	40,894	10,1852	5	5,17	0,09	K28	25,85	0,45	25	91,744	10,6352	92,358	2,5	1	3,536
K29	СП-3	-	33	40,894	10,1852	4	5,17	0,09	K29	20,68	0,36	25	86,574	10,5452	87,214	2,648	1	3,745
K30	СП-3	-	34	40,894	10,1852	8	5,17	0,09	K30	41,36	0,72	25	107,254	10,9052	107,807	2,142	1	3,029
K31	СП-3	-	35	40,894	10,1852	10	11,75	0,1	K31	117,5	1	25	183,394	11,1852	183,735	1,257	1	1,778
K32	СП-4	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	15	0,167	0,0596	K32	2,505	0,894	20	41,395	10,364	42,673	5,412	1	7,654
K33	СП-4	-	28	41,395	10,364	7	5,17	0,09	K33	36,19	0,63	25	102,585	10,994	103,172	2,238	1	3,165
K34	СП-4	-	29	41,395	10,364	5	5,17	0,09	K34	25,85	0,45	25	92,245	10,814	92,877	2,487	1	3,517
K35	СП-4	-	30	41,395	10,364	3	5,17	0,09	K35	15,51	0,27	25	81,905	10,634	82,592	2,796	1	3,954
K36	СП-4	-	31	41,395	10,364	1	5,17	0,09	K36	5,17	0,09	25	71,565	10,454	72,325	3,193	1	4,516
K37	СП-4	-	38	41,395	10,364	11	11,75	0,1	K37	129,25	1,1	25	195,645	11,464	195,981	1,178	1	1,666
K38	СП-4	-	15	41,395	10,364	10	11,75	0,1	K38	117,5	1	25	183,895	11,364	184,246	1,253	1	1,772

Продолжение таблицы 3.15

64

1	2			3	4	5	6	7	1	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K39	СП-4	-	16	41,395	10,364	12	11,75	0,1	K39	141	1,2	25	207,395	11,564	207,717	1,112	1	1,573
K40	СП-4	-	27	41,395	10,364	14	11,75	0,1	K40	164,5	1,4	25	230,895	11,764	231,194	0,999	1	1,413
K41	СП-5	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	16	7,74	0,095	K41	123,84	1,52	20	162,73	10,99	163,101	1,416	1	2,003
K42	СП-5	-	37	162,73	10,99	6	11,75	0,1	K42	70,5	0,6	25	258,23	11,59	258,49	0,893	1	1,263
K43	СП-5	-	13	162,73	10,99	10	11,75	0,1	K43	117,5	1	25	305,23	11,99	305,465	0,756	1	1,069
K44	СП-5	-	14	162,73	10,99	12	11,75	0,1	K44	141	1,2	25	328,73	12,19	328,956	0,702	1	0,993
K45	СП-5	-	10	162,73	10,99	5	11,75	0,1	K45	58,75	0,5	25	246,48	11,49	246,748	0,936	1	1,324
K46	СП-5	-	11	162,73	10,99	6	11,75	0,1	K46	70,5	0,6	25	258,23	11,59	258,49	0,893	1	1,263
K47	СП-5	-	12	162,73	10,99	7	11,75	0,1	K47	82,25	0,7	25	269,98	11,69	270,233	0,855	1	1,209
K48	СП-5	-	41	162,73	10,99	4	11,75	0,1	K48	47	0,4	25	234,73	11,39	235,006	0,983	1	1,39
K49	СП-5	-	9	162,73	10,99	6	11,75	0,1	K49	70,5	0,6	25	258,23	11,59	258,49	0,893	1	1,263
K50	СП-6	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	34	1,94	0,0675	K50	65,96	2,295	20	104,85	11,765	105,508	2,189	1	3,096
K51	СП-6	-	58	104,85	11,765	9	11,75	0,1	K51	105,75	0,9	25	235,6	12,665	235,94	0,979	1	1,385
K52	СП-6	-	59	104,85	11,765	8	11,75	0,1	K52	94	0,8	25	223,85	12,565	224,202	1,03	1	1,457
K53	СП-6	-	60	104,85	11,765	7	11,75	0,1	K53	82,25	0,7	25	212,1	12,465	212,466	1,087	1	1,537
K54	СП-6	-	65	104,85	11,765	2	11,75	0,1	K54	23,5	0,2	25	153,35	11,965	153,816	1,501	1	2,123
K55	СП-6	-	73	153,35	11,965	2	5,17	0,09	K55	10,34	0,18	25	188,69	12,145	189,08	1,221	1	1,727
K56	СП-6	-	74	153,35	11,965	4	5,17	0,09	K56	20,68	0,36	25	199,03	12,325	199,411	1,158	1	1,638
K57	СП-6	-	61	153,35	11,965	10	11,75	0,1	K57	117,5	1	25	295,85	12,965	296,134	0,78	1	1,103
K58	СП-6	-	56	153,35	11,965	8	11,75	0,1	K58	94	0,8	25	272,35	12,765	272,649	0,847	1	1,198
K59	СП-7	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	45	1,94	0,0675	K59	87,3	3,0375	20	126,19	12,5075	126,808	1,821	1	2,575
K60	СП-7	-	79	126,19	12,5075	5	11,75	0,1	K60	58,75	0,5	25	209,94	13,0075	210,343	1,098	1	1,553
K61	СП-7	-	80	126,19	12,5075	6	11,75	0,1	K61	70,5	0,6	25	221,69	13,1075	222,077	1,04	1	1,471
K62	СП-7	-	78	126,19	12,5075	6	11,75	0,1	K62	70,5	0,6	25	221,69	13,1075	222,077	1,04	1	1,471
K63	СП-7	-	81	126,19	12,5075	8	11,75	0,1	K63	94	0,8	25	245,19	13,3075	245,551	0,94	1	1,329
K64	СП-7	-	82	126,19	12,5075	7	11,75	0,1	K64	82,25	0,7	25	233,44	13,2075	233,813	0,988	1	1,397
K65	СП-7	-	69	126,19	12,5075	3	5,17	0,09	K65	15,51	0,27	25	166,7	12,7775	167,189	1,381	1	1,953
K66	СП-7	-	71	126,19	12,5075	6	5,17	0,09	K66	31,02	0,54	25	182,21	13,0475	182,677	1,264	1	1,788
K67	СП-7	-	72	126,19	12,5075	5	5,17	0,09	K67	25,85	0,45	25	177,04	12,9575	177,514	1,301	1	1,84
K68	СП-8	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	28	1,24	0,0662	K68	34,72	1,8536	20	73,61	11,3236	74,476	3,101	1	4,385
K69	СП-8	-	76	73,61	11,3236	9	11,75	0,1	K69	105,75	0,9	25	204,36	12,2236	204,725	1,128	1	1,595
K70	СП-8	-	67	73,61	11,3236	4	5,17	0,09	K70	20,68	0,36	25	119,29	11,6836	119,861	1,927	1	2,725
K71	СП-8	-	68	73,61	11,3236	3	5,17	0,09	K71	15,51	0,27	25	114,12	11,5936	114,707	2,013	1	2,847
K72	СП-8	-	70	73,61	11,3236	6	11,75	0,1	K72	70,5	0,6	25	169,11	11,9236	169,53	1,362	1	1,926
K73	СП-8	-	54	73,61	11,3236	8	11,75	0,1	K73	94	0,8	25	192,61	12,1236	192,991	1,197	1	1,693

Окончание таблицы 3.15

1	2			3	4	5	6	7	1	8	9	10	11	12	13	14	15	16
К74	СП-8	-	55	73,61	11,3236	10	11,75	0,1	К74	117,5	1	25	216,11	12,3236	216,461	1,067	1	1,509
К75	СП-9	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	8	7,74	0,095	К75	61,92	0,76	20	100,81	10,23	101,328	2,279	1	3,223
К76	СП-9	-	52	100,81	10,23	9	11,75	0,1	К76	105,75	0,9	25	231,56	11,13	231,827	0,996	1	1,409
К77	СП-9	-	63	100,81	10,23	7	11,75	0,1	К77	82,25	0,7	25	208,06	10,93	208,347	1,108	1	1,567
К78	СП-9	-	51	100,81	10,23	9	11,75	0,1	К78	105,75	0,9	25	231,56	11,13	231,827	0,996	1	1,409
К79	СП-9	-	53	100,81	10,23	7	11,75	0,1	К79	82,25	0,7	25	208,06	10,93	208,347	1,108	1	1,567
К80	СП-9	-	62	100,81	10,23	12	11,75	0,1	К80	141	1,2	25	266,81	11,43	267,055	0,865	1	1,223
К81	СП-9	-	64	100,81	10,23	7	11,75	0,1	К81	82,25	0,7	25	208,06	10,93	208,347	1,108	1	1,567
К82	СП-9	-	48	100,81	10,23	12	11,75	0,1	К82	141	1,2	25	266,81	11,43	267,055	0,865	1	1,223
К83	СП-9	-	49	100,81	10,23	11	11,75	0,1	К83	129,25	1,1	25	255,06	11,33	255,312	0,905	1	1,28
К84	СП-9	-	50	100,81	10,23	10	11,75	0,1	К84	117,5	1	25	243,31	11,23	243,569	0,948	1	1,341
К85	СП-9	-	47	100,81	10,23	14	11,75	0,1	К85	164,5	1,4	25	290,31	11,63	290,543	0,795	1	1,124
К86	СП-10	-	Шины НН КТП	18,89	9,47	10	7,74	0,095	К86	77,4	0,95	20	116,29	10,42	116,756	1,978	1	2,797
К87	СП-10	-	77	116,29	10,42	2	11,75	0,1	К87	23,5	0,2	25	164,79	10,62	165,132	1,399	1	1,978
К88	СП-10	-	66	116,29	10,42	3	11,75	0,1	К88	35,25	0,3	25	176,54	10,72	176,865	1,306	1	1,847
К89	СП-10	-	42	116,29	10,42	8	11,75	0,1	К89	94	0,8	25	235,29	11,22	235,557	0,98	1	1,386
К90	СП-10	-	43	116,29	10,42	12	11,75	0,1	К90	141	1,2	25	282,29	11,62	282,529	0,817	1	1,155
К91	СП-10	-	44	116,29	10,42	16	11,75	0,1	К91	188	1,6	25	329,29	12,02	329,509	0,701	1	0,991
К92	СП-10	-	45	116,29	10,42	16	11,75	0,1	К92	188	1,6	25	329,29	12,02	329,509	0,701	1	0,991
К93	СП-10	-	46	116,29	10,42	17	11,75	0,1	К93	199,75	1,7	25	341,04	12,12	341,255	0,677	1	0,957



Произведем проверку защитных аппаратов сети напряжением ниже 1000 В на отключающую способность (таблица 3.16). Проверка на отключающую способность осуществляется по выражению:

$$I_{\text{отклном}} \geq I_{\text{кзмах}} \cdot \quad (3.21)$$

Таблица 3.16 – Проверка автоматических выключателей

Место установки (СП или № ЭП)	Тип автоматического выключателя	Предельная отключающая способность, кА	Номер точки к.з.	$I_{\text{кз}}^{(3)}$ , кА
1	2	3	4	5
СП-1	ВА 47-29-1В	1,5	К4	0,961
1	ВА 47-29-1В	1,5	К5	0,643
2	ВА 47-29-1В	1,5	К6	0,603
19	ВА 47-29-1В	1,5	К7	0,713
40	ВА 47-29-1В	1,5	К8	0,768
18	ВА 47-29-1В	1,5	К9	0,799
39	ВА 47-29-1В	1,5	К10	0,833
17	ВА 47-29-1В	1,5	К11	0,622
25	ВА 47-29-1В	1,5	К12	0,664
СП-2	ВА 47-100-3В	6	К13	1,975
3	ВА 47-29-1В	1,5	К14	1,031
4	ВА 47-29-1В	1,5	К15	1,088
24	ВА 47-29-1В	1,5	К16	0,754
36	ВА 47-29-1В	1,5	К17	1,397
5	ВА 47-100-3В	3	К18	0,701
6	ВА 47-29-1В	1,5	К19	0,754
7	ВА 47-29-1В	1,5	К20	0,817
8	ВА 47-29-1В	1,5	К21	0,891
26	ВА 47-29-1В	1,5	К22	1,304
СП-3	ВА 47-100-3В	7	К23	5,48
20	ВА 47-29-1В	3	К24	1,001
21	ВА 47-29-1В	1,5	К25	1,181
22	ВА 47-100-3В	3	К26	2,037
23	ВА 47-100-3В	6	К27	1,955
32	ВА 47-100-3В	6	К28	2,5
33	ВА 47-100-3В	6	К29	2,648
34	ВА 47-100-3В	6	К30	2,142
35	ВА 47-100-3В	3	К31	1,257
СП-4	ВА 47-100-3В	7	К32	5,412
28	ВА 47-100-3В	6	К33	2,238
29	ВА 47-100-3В	6	К34	2,487
30	ВА 47-100-3В	6	К35	2,796
31	ВА 47-100-3В	6	К36	3,193
38	ВА 47-29-1В	3	К37	1,178
15	ВА 47-29-1В	1,5	К38	1,253
16	ВА 47-29-1В	1,5	К39	1,112
27	ВА 47-100-3В	3	К40	0,999
СП-5	ВА 47-29-1В	1,5	К41	1,416
37	ВА 47-29-1В	1,5	К42	0,893
13	ВА 47-100-3В	3	К43	0,756
14	ВА 47-29-1В	1,5	К44	0,702
10	ВА 47-29-1В	1,5	К45	0,936
11	ВА 47-29-1В	1,5	К46	0,893
12	ВА 47-29-1В	1,5	К47	0,855
41	ВА 47-29-1В	1,5	К48	0,983
9	ВА 47-29-1В	1,5	К49	0,893
СП-6	ВА 47-100-3В	6	К50	2,189

Окончание таблицы 3.16

1	2	3	4	5
58	BA 47-100-3B	3	K51	0,979
59	BA 47-29-1B	1,5	K52	1,03
60	BA 47-29-1B	1,5	K53	1,087
65	BA 47-29-1B	1,5	K54	1,5
73	BA 47-100-3B	3	K55	1,221
74	BA 47-100-3B	3	K56	1,158
61	BA 47-29-1B	1,5	K57	0,78
56	BA 47-100-3B	3	K58	0,847
СП-7	BA 47-100-3B	6	K59	1,821
79	BA 47-29-1B	1,5	K60	1,098
80	BA 47-29-1B	1,5	K61	1,04
78	BA 47-29-1B	1,5	K62	1,04
81	BA 47-29-1B	1,5	K63	0,94
82	BA 47-29-1B	1,5	K64	0,988
69	BA 47-100-3B	6	K65	1,381
71	BA 47-100-3B	6	K66	1,264
72	BA 47-100-3B	6	K67	1,301
СП-8	BA 47-100-3B	6	K68	3,101
76	BA 47-100-3B	3	K69	1,128
67	BA 47-100-3B	6	K70	1,927
68	BA 47-100-3B	6	K71	2,013
70	BA 47-29-1B	2,5	K72	1,362
54	BA 47-100-3B	3	K73	1,197
55	BA 47-29-1B	1,5	K74	1,067
СП-9	BA 47-29-1B	1,5	K75	1,279
52	BA 47-29-1B	1,5	K76	0,996
63	BA 47-29-1B	1,5	K77	1,108
51	BA 47-29-1B	1,5	K78	0,996
53	BA 47-29-1B	1,5	K79	1,108
62	BA 47-29-1B	1,5	K80	0,865
64	BA 47-29-1B	1,5	K81	1,108
48	BA 47-29-1B	1,5	K82	0,865
49	BA 47-29-1B	1,5	K83	0,905
50	BA 47-29-1B	1,5	K84	0,948
47	BA 47-29-1B	1,5	K85	0,795
СП-10	BA 47-29-1B	3	K86	1,978
77	BA 47-29-1B	1,5	K87	1,399
66	BA 47-29-1B	1,5	K88	1,306
42	BA 47-29-1B	1,5	K89	0,98
43	BA 47-29-1B	1,5	K90	0,817
44	BA 47-29-1B	1,5	K91	0,701
45	BA 47-29-1B	1,5	K92	0,701
46	BA 47-29-1B	1,5	K93	0,677

Так как  $I_{откл\ ном} > I_K^{(3)}, кА$ , то все автоматы выбраны правильно, и подходят по отключающей способности к токам КЗ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована система электроснабжения профилактория «Звёздный» города Железногорска. Разработанная система соответствует требованиям действующих нормативных документов.

В работе рассчитаны электрические нагрузки для каждого уровня электроснабжения, после чего была спроектирована схема электроснабжения профилактория. Профилакторий «Звёздный» является потребителем II категории. Для обеспечения требования по надёжности питание осуществляется от 2 линий, а на ВРУ установлен перекидной выключатель.

На основании расчёта нагрузок выбраны сечения кабелей и номинальные токи защищающих автоматических выключателей. Кабели выбраны марки ВВГнг, а автоматические выключатели ВА47-29 и ВА47-100. Схема электроснабжения была выбрана на основании техникоэкономического сравнения вариантов. Рассчитаны токи коротких замыканий и выполнена проверка выбранных выключателей по отключающей способности.

На основании светотехнического расчёта выбраны тип, количество источников света и их расположение. На основании электротехнического расчёта сечение проводников сети освещения.

Для схемы электроснабжения, выбранной в результате сравнения вариантов, были выбраны удовлетворяющие всем техническим требованиям сечения кабелей и аппараты защиты. Проверка оборудования по токам короткого замыкания показала правильность выбора аппаратов защиты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов-н/Д: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 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 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М.: ВНИПИ

Тяжпромэлектропроект, 2011. – 65 с.

15. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под. ред. Г. М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976. – 380 с.

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

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

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

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

20. 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.

21. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2010. – 214 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. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 2. Электротехнические устройства и изделия / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 10-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2012. – 988 с.

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

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

институт  
«Электроэнергетика»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г. Н Чистяков  
подпись инициалы,

фамилия

« 25 » 06 20 18 г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение профилактория «Звёздный» города Железногорск

тема

Студенту

Шевяхов Михаил Александрович

(Фамилия, имя, отчество)

Группа ХЭи 16-02 (14-2)

Специальность 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы

Электроснабжение профилактория «Звёздный»

Руководитель

Коловский 20.06.18

подпись, дата

доцент каф. ЭЭ, к.т.н.

должность, ученая степень

А.В. Коловский

инициалы, фамилия

Выпускник

Шевяхов 22.06.18

подпись, дата

М.А. Шевяхов

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

Кычакова 25.06.18

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2018