

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение АО «ЭР-Телеком Холдинг»

Студент

Иванов И.С.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М.Н. Третьякова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

В качестве объекта исследования в данной бакалаврской работе выступает телекоммуникационная компания АО «ЭР-Телеком Холдинг».

Предметом исследования является система электроснабжения, разрабатываемая для вновь построенного здания рассматриваемой организации.

Разработка система электроснабжения проводилась на основе имеющейся технической документации с учетом планируемого к размещению в новом здании электрооборудования.

При выполнении расчетов и выборе оборудования использовались методики, хорошо освещенные в учебной литературе и имеющиеся в свободном доступе.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) состоит из расчётно-пояснительной записки и графической части.

Расчётно-пояснительная записка выполнена на 54 страницах формата А4, содержит 4 рисунка, 7 таблиц, библиографический список из 23 позиций. Графическая часть представлена на 6 чертежах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ особенностей АО «ЭР-Телеком Холдинг»	6
2 Расчет сетей электроснабжения.....	8
2.1 Разработка плана сети объекта проектирования.....	8
2.2 Выбор вида и способа прокладки проводов, кабелей	11
2.3 Разработка структурной схемы распределительной сети.....	13
2.4 Требования к вводным устройствам и узлу учета	14
2.5 Расчет сечения проводников.....	16
2.6 Выбор коммутационной и защитной аппаратуры.....	18
2.7 Защита внутренних сетей от аварийных режимов.. ..	19
2.8 Расчет мощности на вводе.. ..	20
2.9 Расчет токов короткого замыкания	21
3 Расчет освещения	30
3.1 Расчет осветительной нагрузки	30
3.2 Проверочный расчет системы освещения	32
4 Расчет и выбор трансформаторов.....	35
5 Разработка мероприятий по электробезопасности объекта.....	39
5.1 Производственная безопасность	39
5.2 Расчет заземляющего устройства	43
5.3 Экологическая безопасность.....	46
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	48
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	50
Заключение	52
Список используемых источников.....	53

Введение

В настоящее время электроэнергетика является важнейшей областью в сфере народного хозяйства, значимость которой в современных условиях переоценить очень тяжело. В связи с постоянным и стремительным развитием технологий, а также из-за внедрения новейших средств производства, происходит увеличение производственных мощностей. Наряду с этим постоянно ужесточаются требования к средствам производства, увеличивается их энергоэффективность, безопасность, экологичность и надежность.

Сильный скачок в экономике и промышленности в конце прошлого столетия спровоцировал резкое повышение потребления электрической энергии.

«Первое десятилетие двадцать первого века вскрыло ряд причин увеличения потребления электроэнергии. К ним можно отнести эксплуатацию устаревшего оборудования, несовершенство технологических процессов, большие потери в линиях электропередач, низкий уровень эксплуатационного обслуживания электроустановок, а также некоторые организационные вопросы» [1, 2].

Ужесточились требования, которые предъявляют к качеству электроэнергии. Например, к перегрузкам и последующей потере напряжения. Перегрузки, возникающие при увеличении потребления тока, приводят к увеличению потерь в линиях электропередач [4].

Актуальность проектирования энергоэффективных систем электроснабжения объясняется постоянным ростом спроса на качественную электроэнергию.

В процессе создания современных систем электроснабжения разработчики сталкиваются с целым комплексом задач:

- необходимость точного прогноза роста потребления электроэнергии в процессе расширения производств;

- определение требуемого количества источников питания, способных обеспечить необходимые требования по питанию;
- обеспечение высокого качества генерируемой электрической энергии;
- расчет требуемого количества и необходимой мощности применяемых силовых трансформаторов;
- расчет и определение требуемого напряжения питания, а так же конфигурации сетей электропередач.

На качество и устойчивость работы проектируемых систем электроснабжения (СЭС) влияет то, насколько успешно будут решены данные проблемы.

Тема данной выпускной квалификационной работы – «Электроснабжение АО «ЭР-Телеком Холдинг».

Целью работы является разработка обоснованных оптимальных решений по проектированию системы электроснабжения вновь строящегося офисного помещения АО «ЭР-Телеком Холдинг».

Для достижения цели выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи:

- дать краткую характеристику исследуемому объекту;
- произвести расчет схемы электроснабжения и электрооборудования;
- произвести расчет системы электроосвещения объекта;
- произвести выбор конструкции и расчет системы заземления;
- разработать проект производства электромонтажных работ.

Выполнение данной выпускной квалификационной работы предполагает получение значительного теоретического и практического опыта по исследуемой теме, который необходим в дальнейшей профессиональной деятельности по специальности. В результате выполнения выпускной работы планируется получить заверченный проект по организации СЭС исследуемого объекта.

1 Анализ особенностей АО «ЭР-Телеком Холдинг»

Объектом проектирования выпускной квалификационной работы является система электроснабжения новостроящегося офисного помещения.

Исследуемое офисное помещения относится к компании АО «ЭР-Телеком Холдинг». Направление бизнеса компании – Комплексные телекоммуникационные услуги для бизнеса, частных лиц и государственных заказчиков. Деятельность компании направлена на улучшение бизнеса своих клиентов.

Предприятием АО «ЭР-Телеком Холдинг» осуществляет предоставление услуг по широкополосному доступу в сеть Интернет. Также рассматриваемое предприятие оказывает услуги: телефония, цифровое ТВ, доступ в сети Wi-Fi, VPN, LoRaWAN, видеонаблюдение и комплексные решения на основе технологии промышленного Интернета (IoT).

Для исследуемого офисного помещения электрическая энергия используется для освещения, питания розеточной сети, необходимой для работы компьютеров, для функционирования кондиционеров, создающих условия комфортного микроклимата для повышения работоспособности и удобства персонала, а так же для питания устройства тепловой завесы.

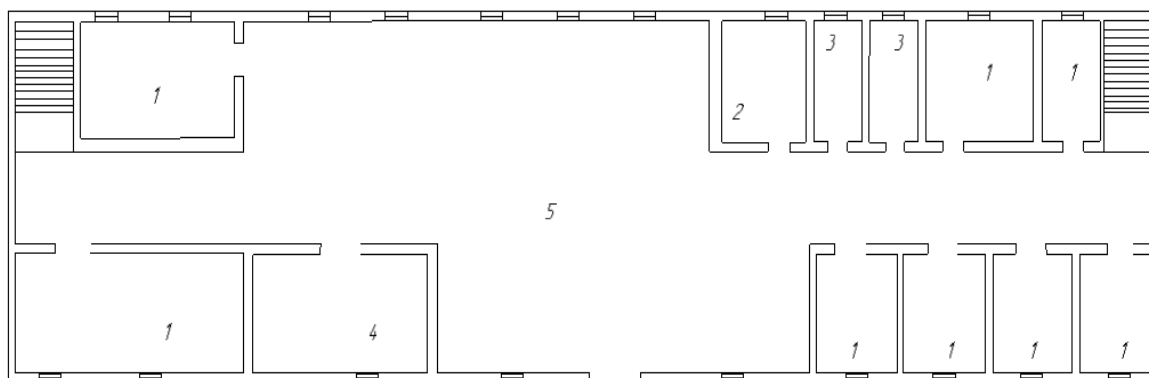
Важнейшими факторами, которые определяют основные условия эксплуатации электрооборудования, являются особенности и специфика среды [3, 17-20]. В рассматриваемом случае все рассматриваемые помещения являются сухими.

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ,) все опасные зоны разделяются на классы в зависимости от степени их взрывоопасности и пожароопасности [14]. К пожароопасным относятся зоны, которые характеризуются постоянным или периодическим применением или хранением горючих веществ. К взрывоопасным зонам относятся помещения, которые характеризуются возможностью образования в них взрывоопасных смесей при переходе их во взвешенное состояние. В случае, когда

концентрация взрывоопасных смесей становится более 5 % от величины свободного объема помещения, то зона является взрывоопасной. В обратном случае к взрывоопасной относится зона, ограниченная 5 м по горизонтали и вертикали от технологических аппаратов, которые могут выделить горючие газы, пыль [9].

На данном объекте взрывоопасных и пожароопасных помещений нет.

План исследуемого офисного помещения приведен на рисунке 1.



1 – офисные помещения; 2 – электрощитовая; 3 – туалет;
4 – комната охраны; 5 – коридор

Рисунок 1 – План исследуемого офисного помещения

Выводы по первому разделу

Первый раздел выпускной квалификационной работы посвящен анализу объекта исследования. Объектом проектирования выпускной квалификационной работы является система электроснабжения новостроящегося офисного помещения. Исследуемое офисное помещение относится к компании АО «ЭР-Телеком Холдинг».

Произведен анализ плана расположения объекта и основных его характеристик, в ходе которого выявлено, что взрывоопасных помещений в рассматриваемом здании нет.

2 Расчет сетей электроснабжения

2.1 Разработка плана сети объекта проектирования

При проектировании электрических распределительных сетей очень важно правильно определить оптимальный способ компоновки и максимально рациональное расположение таких элементов, как распределительные устройства, пускозащитная аппаратура и т.д. Выбранный метод компоновки распределительной сети должен полностью соответствовать имеющейся структурной схеме.

«Электроснабжение объекта осуществляется в соответствии с принципом реализации схем внешнего и внутреннего электроснабжения. Выбор данных схем основан на соблюдении мер безопасности, требуемой степени надежности и экономичности. Категория надежности системы электроснабжения определяется категорией потребителей» [9].

Система электроснабжения предприятия обязана иметь два независимых источника электропитания в том случае, если хотя бы один приемник электрической энергии является приемником первой категории.

Исходя из величины мощности потребления электрической энергии, все приемники электрической энергии классифицируются следующим образом:

- малые (до 5 МВт);
- средние (от 5-7 до 75 МВт);
- большие (75-100 МВт и более).

Схемы электроснабжения с одним приемным пунктом электрической энергии используются в случае предприятий малой и средней мощности. Обычно в составе схемы электроснабжения имеются: главная понизительная подстанция ((ГПП) или главная распределительная подстанция (ГРП), а также несколько распределительных подстанций (РП).

Для повышения надежности электроснабжения в случае наличия электрических приемников первой категории принято использование секционированных шин приемного пункта. В этом случае питание каждой шины должно осуществляться от отдельной линии.

Число секций определяется в соответствии с количеством подключений, а также исходя из существующей схемы внутризаводского распределения электрической энергии. Число секций, как правило, составляет в пределах двух. При этом каждая секция работает обособленно и имеет отдельную линию питания. В нормальных условиях эксплуатации секционный аппарат находится обычно в выключенном состоянии.

Возможность включения резерва в автоматическом режиме (АВР) обеспечивается использованием секционных выключателей. Также применение секционных выключателей позволяет использовать такую схему в случае потребителей, которые относятся к любым категориям надежности.

Для внутреннего и внешнего электроснабжения потребителей электроэнергии могут быть использованы различные схемы питания: радиальные, магистральные и смешанные

«Как правило, при использовании магистральных схем имеется возможность подключения 5-6 подстанций (ПС), суммарная мощность которых составляет не менее 5000-6000 кВА. Однако степень надежности подобных схем является достаточно низкой. Эти схемы оборудованы меньшим количеством аппаратов отключения, но вместе с этим более рационально komponуют потребителей. При проектировании и эксплуатации систем промышленного электроснабжения достаточно редкими являются схемы, которые построены лишь с применением радиального или магистрального принципа» [4].

В случае рассматриваемого объекта выбор схемы ГПП определялся величиной мощности, которая была установлена на потребителях электрической энергии, категорией надежности и характером электрической нагрузки, способом расположения приемников электрической энергии.

Также были учтены такие факторы, как производственные, архитектурно-строительные и эксплуатационные особенности предприятия.

Схема главной понизительной подстанции рассматриваемого объекта на высшем напряжении не имеет сборных шин. Данная схема наиболее простая и экономичная.

Способ размещения трансформатора – открытый. Прочее оборудование размещено в закрытых помещениях.

Для устройства РУ 10 кВ применяются комплексные распределительные устройства КРУ2-0-20У3.

Размещение трансформаторных подстанций производят максимально близко к центру нагрузок. При этом устанавливаются питающие производство пристроенные подстанции, учитывая типы применяемого оборудования, плотность нагрузки. В дальнейшем предполагается внедрение средств молниезащит в систему исследуемого объекта, на данный момент они отсутствуют. Это повысит безопасность системы электрического снабжения центра.

Ниже приведены основные требования к размещению аппаратов защиты:

- свободный доступ для обслуживания рабочим персоналом;
- аппараты защиты в местах уменьшения площади сечения проводов по направлению потребления электроэнергии;

- аппараты защиты в местах, где требуется обеспечить особую чувствительность, селективность или защиту. Принцип обеспечения их оперативного обслуживания и гарантированного автоматического срабатывания в случае опасности для обслуживающего персонала является общим принципом установки аппаратов защиты [19].

Все указанные требования обеспечиваются за счет применения аппаратуры вводного распределительного устройства (ВРУ) и щита управления (ЩУ).

Места, где планируется установка силовых электроприемников, должны отвечать комплексу требований относительно удобства работы. Вместе с этим аппараты управления не должны быть помехами в процессе функционирования центра. Электрические устройства не должны создавать препятствий в проходах. Оптимальными местами их расположения являются места, имеющие максимальную близость к механизмам управления.

«Исходя из требований к условиям эксплуатации, весь комплекс аппаратуры защиты и управления должен соответствовать требованиям исполнения У5 со следующими степенями защиты: IP54 для аппаратов, которые имеют открытое исполнение и защитную оболочку, IP44 для аппаратов, которые имеют закрытое исполнение и защитную оболочку. При монтаже оборудования в помещении электрощитовой: климатическое исполнение – У2, степень защиты – открытое или защищённое, а в случае монтажа в оболочках IP21» [13].

Применение специальных шкафов управления используется для установки комплекса аппаратуры защиты и управления установками. Установку шкафов необходимо производить как можно ближе к управляемым установкам.

2.2 Выбор вида и способа прокладки проводов, кабелей

Существует ряд требований к электрической проводке, которые являются обязательными [13]:

- электропроводка должны соответствовать тем условиям окружающей среды, в которых она эксплуатируется;

- при прокладке электрической проводки следует выбирать такой способ, который обеспечивает максимальный уровень электрической и пожарной безопасности;

- оболочка прокладываемых проводов и кабелей должна соответствовать конкретным природным условиям и обеспечивать

соблюдение требований прокладки электрической сети выбранным способом;

– электрические сети в условиях стационарных объектов должны выполняться с применением алюминиевых кабелей и проводов. Исключением из этого правила являются электрические сети, прокладываемые в чердачных помещениях, в пределах щитовых устройств. Это правило не распространяется к электротехническим устройствам, если они в своем составе имеют виброизолирующие опоры.

«Степень взрыво- и пожароопасности помещения определяет способ монтажа электропроводки. Каналы, которые исключают вероятность распространения огня, необходимо применять в процессе монтажа сетей электропитания в условиях повышенной пожарной опасности. Трубы и коробки для дополнительной защиты от механических повреждений используются в случае монтажа незащищенных изолированных кабелей и проводов с алюминиевыми жилами» [18].

При монтаже электрических сетей в взрывоопасных зонах, класс опасности которых В-I и В-Iа, обязательным является использование медных проводов и кабелей. Рекомендуется применять в таких помещениях провода с поливинилхлоридной изоляцией токопроводящих жил. Коробки и водогазопроводные трубы должны использоваться для прокладки электрических проводов с изоляцией в условиях взрывоопасных зон В-Iа. Монтаж электрической сети с применением водогазопроводных труб является наиболее рациональным. При переходе разделительных уплотнений электропроводок в соседние помещения такие трубы в значительной степени облегчают монтаж. Наиболее оптимальными эксплуатационными характеристиками обладают водогазопроводные трубы.

Подробно изложены в ГОСТ правила монтажа проводов с изоляционной защитой открытым методом. «Монтаж открытых электрических сетей с напряжением более 42 В рекомендуется производить в помещениях без повышенной опасности. Проводники электрической энергии

должны быть установлены на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания. Помещения, которые характеризуются повышенной опасностью, необходимо оборудовать электрической сетью с расположением проводников на высоте не менее 2,5 м от уровня пола или площадки обслуживания. В производственных помещениях обязательно обеспечивать защиту спусков открытых проводов к выключателям, розеткам, аппаратам, щиткам и т. п. до уровня 1,5 м от пола или площадки обслуживания» [17].

Рассматриваемый объект не является потенциально опасным, следовательно, электропроводка будет осуществляться скрытым способом.

2.3 Разработка структурной схемы распределительной сети

Структурная схема распределительной сети показана на рисунке 2.

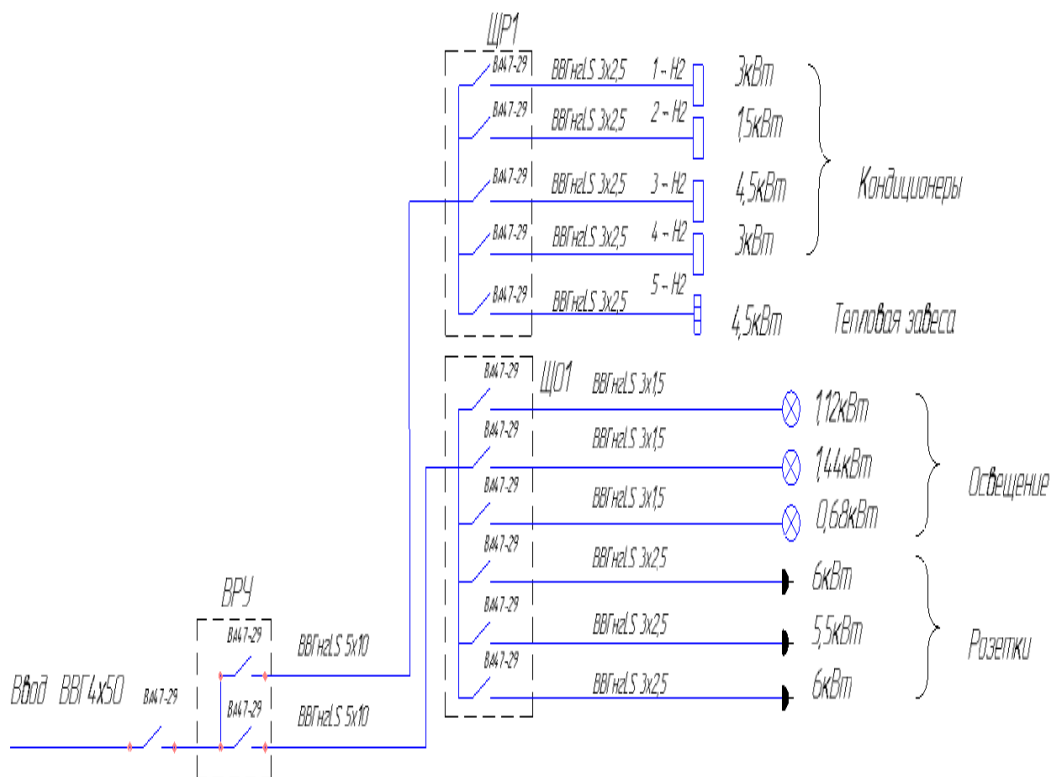


Рисунок 2 – Структурная схема распределительной сети

2.4 Требования к вводным устройствам и узлу учета

По надежности электроснабжения рассматриваемый объект относится ко второй группе электроприемников. К вводным распределительным устройствам (ВРУ) таких объектов согласно [23] предъявляются следующие требования.

1. Установка вводно-распределительных устройств (ВРУ) должна осуществляться в специально предназначенных для этого помещениях, оборудованные дверями с замками для исключения вероятности попадания в них посторонних лиц. Эти помещения должны быть предусмотрены проектной документацией на объект. Исходя из этого, ВРУ необходимо разместить в помещении электрощитовой. Необходимо установить два вводно-распределительных устройства.

2. В случае, когда осуществляется односторонний монтаж электропроводки, которая не имеет ограждений, необходимо соблюдать расстояние не менее 2,2 метра между максимально выступающими частями.

«Не менее 1 метра необходимо обеспечить между ограждениями или оборудованием, которые не имеют не ограждённых незащищённых токоведущих частей (для напряжения питания до 600В)» [18].

3. «В случае двухстороннего монтажа незащищённых токоведущих частей, расстояние между ними должно быть не менее 1,5 метра (при расположении на высоте не более 2,2м и при напряжении 660В)» [18].

4. Токоведущие части без изоляции и ограждений, которые установлены на расстоянии не более 2,2м, необходимо оборудовать ограждениями.

5. Высота расположения не ограждённых токоведущих частей без изоляции должна составлять не менее 2,2м.

6. Высота расположения горизонтальных ограждений должна составлять не менее 1,9м от уровня пола.

ВРУ располагаются в центре питаемых нагрузок. Это необходимо для того, чтобы исключить вероятность образования участков внутренних электрических сетей с падением напряжения, которое превышает допустимое значение [6].

Координаты приемников электрической энергии приведены ниже.

Таблица 1 – Координаты приемников электрической энергии ВРУ

Наименование потребителя	Мощность, кВт	Координата	
		X, м	Y, м
1. Кондиционер	1,5	3,2	1
2. Кондиционер	1,5	15	1
3. Кондиционер	1,5	39,6	1
4. Кондиционер	1,5	43,6	1
5. Кондиционер	1,5	47,6	1
6. Кондиционер	1,5	6,5	15
7. Кондиционер	1,5	42,3	15
8. Кондиционер	1,5	46,7	15
9. Тепловая завеса	4,5	25	1,5

Координаты центра нагрузок определяются по формулам 1 и 2.

$$X = \frac{\sum(X_i \cdot P_i)}{\sum P_i} \quad (1)$$

$$Y = \frac{\sum(Y_i \cdot P_i)}{\sum P_i} \quad (2)$$

где X_i , Y_i – координаты электрических нагрузок

i -ого электропотребителя;

P_i – величина мощности нагрузок в i -том помещении.

$$X = \frac{479,25}{16,5} = 29,04 \text{ м.}$$

$$Y = \frac{81,75}{16,5} = 4,95 \text{ м.}$$

Согласно расчету, центр нагрузки находится в пределах здания. Отсюда следует, что ВРУ должно быть расположено именно в этих координатах. Конструктивные особенности здания не позволяют разместить ВРУ именно в этом месте. Окончательно местом расположения ВРУ принимается помещение щитовой.

В соответствии с требованиями ПУЭ, для возможности контролирования объема потребляемой электроэнергии необходимо установить приборы учета. Счётчики электрической энергии необходимо устанавливать на границах балансовой принадлежности сети. Приборы учета будут располагаться непосредственно в ВРУ [10].

2.5 Расчет сечения проводников

«Допустимая величина сечения проводников при длительном допустимом токе составляет:

$$I_{\text{дл.доп.}} \geq I_{\text{расч}}, \quad (3)$$

$I_{\text{дл.доп.}}$ – длительный допустимый ток сети, А;

$I_{\text{расч}}$ – расчётный ток участка сети, А» [12].

Найдем значение $I_{\text{расч}}$ для точки подключения кондиционера 2 – Н2.

Расчётный ток определяем по следующей известной формуле.

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \quad (4)$$

где $P_{\text{н}}$ – потребляемая мощность, Вт;

$U_{\text{н}}$ – линейное номинальное напряжение трёхфазной сети, В;

$\cos\varphi$ – величина коэффициента мощности подключаемого

устройства;

η – коэффициент полезного действия подключаемого устройства.

$$I_{\text{расч}} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1 \cdot 1} = 2,28 \text{ А.}$$

Для подвода питания берем кабель ВВГ 3×2,5 мм², у которого

$$I_{\text{дл.доп.}} = 25 \text{ А.}$$

Проведём проверку выполнения нормативного условия:

$$I_{\text{дл.доп.}} = 25 \geq I_{\text{расч}} = 2,28.$$

Требование выполняется. Можно использовать выбранный кабель.

Потери напряжения определяются в соответствии со следующей формулой.

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{C \cdot q_{\text{ст}}}, \quad (5)$$

где $q_{\text{ст}}$ – стандартная площадь сечения провода, мм².

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{C \cdot q_{\text{ст}}} = \frac{1,5 \cdot 12}{77 \cdot 3} = 0,078\%.$$

$$\Delta U\% = 0,078\% < 3\%.$$

Нормативное требование выполняется.

Согласно выше представленной методике найдем значения допустимых токов и выберем сечения питающих кабелей оставшихся участков сети.

2.6 Выбор коммутационной и защитной аппаратуры

Проверим выполнение условий, которые должны соблюдаться при выборе согласно [8, 10, 11, 15, 21] магнитных пускателей.

$$\langle I_{\text{ном}} \geq I_{\text{расч}}, \quad (6)$$

где $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток главных контактов магнитного пускателя, А.

$I_{\text{расч}}$ – расчётный ток электроприёмника (участка силовой электрической сети) в Амперах» [12].

$$\langle U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сети}}, \quad (7)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение магнитного пускателя, В;

$U_{\text{сети}}$ – номинальное напряжение для соответствующего участка сети, В» [12].

Применим автоматический выключатель, оборудованный комбинированным расцепителем [7].

Осуществим расчет тока теплового расцепителя автоматического выключателя. Получим значение 2,96 А.

В соответствии со справочными данными принимаем ток расцепителя, равным 3 А.

Для подключения магнитного пускателя выбираем кабель марки ВВГнгLS – 3х2,5 с.

Процедура расчета магнитных пускателей и автоматов защиты для остальных потребителей является аналогичной.

2.7 Защита внутренних сетей от аварийных режимов

К системе защиты внутренних сетей предъявляется система требований, регламентированная рядом нормативных документов. Важнейшим среди них является требование наличия защиты электрооборудования от перегрузок.

В этом разделе необходимо провести анализ степени согласованности электрической сети с системой пускозащитной аппаратуры. Проверка согласованности уставки защиты, а также допустимой длительной токовой нагрузки проводника производится по следующей формуле:

$$\frac{I_{уст}}{I_{доп}} \ll 1,0, \quad (8)$$

где $I_{доп}$ – допустимый ток проводника, А;

$I_{уст}$ – ток уставки теплового расцепителя, А.

Проверка согласованности участком сети 1-Н2 и пускозащитной аппаратуры:

- кабель ВВГ 3х2,5 $I_{доп} = 25\text{А}$.

- выключатель ВА47-29 $I_{уст} = 3,15\text{А}$.

Аналогичным образом производится проверка остальных участков сети. В таблице 2 представлены результаты проверки.

Таблица 2 – Сводная таблица расчета силовой и осветительной сети

Наименование участка сети	Группа	Установленная мощность, кВт	Номинальный ток, А	Марка и сечение кабеля	Автоматический выключатель и ток расцепителя
ЩР1	1	3	13,9	ВВГнг-LS 3х2,5	ВА 47-29 1Р 16 А
	2	1,5	7,0	ВВГнг-LS 3х1,5	ВА 47-29 1Р 10 А
	3	4,5	20,9	ВВГнг-LS 3х2,5	ВА 47-29 1Р 25 А
	4	3	13,9	ВВГнг-LS 3х2,5	ВА 47-29 1Р 16 А
	5	4,5	20,9	ВВГнг-LS 3х2,5	ВА 47-29 1Р 25 А

Продолжение таблицы 2

ЩО1	1	1,12	5,2	ВВГнг-LS 3x1,5	ВА 47-29 1P 10 A
	2	1,44	6,7	ВВГнг-LS 3x1,5	ВА 47-29 1P 10 A
	3	0,64	3,0	ВВГнг-LS 3x1,5	ВА 47-29 1P 10 A
	4	6	27,8	ВВГнг-LS 3x2,5	ВА 47-29 1P 32 A
		5,5	25,5	ВВГнг-LS 3x2,5	ВА 47-29 1P 32 A
	5	6	27,8	ВВГнг-LS 3x2,5	ВА 47-29 1P 32 A
ВРУ	1	16,5	26,4	ВВГнг-LS 5x10	ВА 47-100 3P 50 A
	2	20,7	33,1	ВВГнг-LS 5x10	ВА 47-100 3P 50 A

2.8 Расчет мощности на вводе

Для определения мощность на вводе применяется метод коэффициента спроса. Формула для определения расчетной мощности на вводе имеет следующий вид:

$$P_{\text{расч}} = K_c \cdot P_y, \quad (9)$$

где K_c – значение коэффициента спроса;

P_y – величина суммарной установленной мощности приемников электрической энергии, кВт.

Принимается величина коэффициента мощности i -го токоприемника равной – $\cos\varphi_i = 0,95$.

Величина полной мощности на вводе при этом равна.

$$S = \frac{P_{\text{расч}}}{\cos\varphi_{\text{ср.взв.}}} \quad (10)$$

$$S = \frac{53,8}{0,95} = 56,6 \text{кВА.}$$

Рассчитаем значение тока на вводе.

$$I_{\text{ввод}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi} \quad (11)$$

$$I_{\text{ввод}} = \frac{56,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 90,6 \text{ А.}$$

В соответствии с полученным результатом устанавливаем на вводе автоматический выключатель ВА47-100 с номинальным током 100 А.

2.9 Расчет токов короткого замыкания

Расчет величины тока КЗ осуществляется по следующим формулам:

«а) Величина трехфазного тока КЗ, кА:

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{к}}}, \quad (12)$$

где U – линейное напряжение в точке короткого замыкания, кВ;

$z_{\text{к}}$ – полное сопротивление до точки КЗ, Ом» [12].

«б) Величина двухфазного тока КЗ, кА:

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{к}}^{(3)} = 0,87 \cdot I_{\text{к}}^{(3)}. \quad (13)$$

в) Величина однофазного тока КЗ, кА:

$$I_{\text{к}}^{(1)} = \frac{U_{\text{кф}}}{z_{\text{п}} + \frac{z_{\text{т}}^{(1)}}{3}}, \quad (14)$$

где $U_{\text{кф}}$ – фазное напряжение в точке короткого замыкания, кВ;

$z_{\text{п}}$ – полное сопротивление цепи «фаза-ноль» до точки короткого замыкания, Ом;

$z_{\text{т}}^{(1)}$ – полное сопротивление трансформатора однофазному короткому замыканию, Ом». [12]

«Г) Величина ударного тока КЗ, кА:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{к}^{(3)}, \quad (15)$$

где $K_{уд}$ – ударный коэффициент, который определяется по графику, изображенному на рисунке 3» [12].

$$K_{уд} = f\left(\frac{R_{к}}{X_{к}}\right). \quad (16)$$

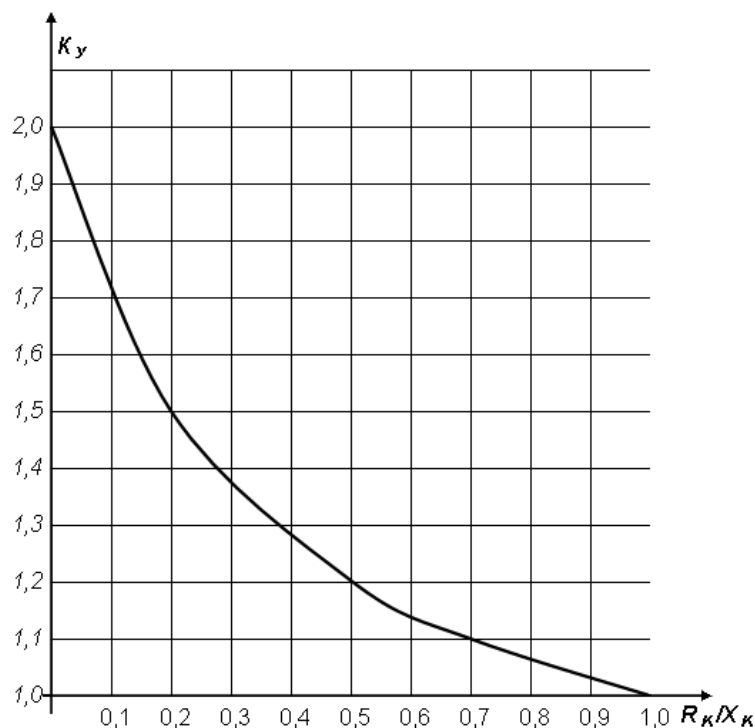


Рисунок 3 – Зависимость $K_{уд} = f\left(\frac{R_{к}}{X_{к}}\right)$

д) Величина действующего значения ударного тока КЗ, кА:

$$I_{уд} = q \cdot I_{к}^{(3)}, \quad (17)$$

где q – коэффициент действующего значения ударного тока» [12].

Коэффициент действующего значения тока находится по выражению:

$$K_y = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2}. \quad (18)$$

Значение сопротивлений схемы замещения может быть определено в соответствии с табличными данными или по формулам.

Для силовых трансформаторов:

$$R_T = \Delta P_K \cdot \left(\frac{U_{HH}}{S_T}\right)^2 \cdot 10^6, \quad (19)$$

$$Z_T = u_K \cdot \frac{U_{HH}^2}{S_T} \cdot 10^4, \quad (20)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 + R_T^2}, \quad (21)$$

где ΔP_K – потери мощности короткого замыкания, кВт;

u_K – напряжение короткого замыкания, %;

U_{HH} – линейное напряжение обмотки НН, кВ;

S_T – полная мощность трансформатора, кВ·А.

Значения сопротивлений шинопроводов, кабельных и воздушных линий рассчитываются по следующим формулам.

$$R_L = r_0 \cdot L_L, X_L = x_0 \cdot L_L, \quad (22)$$

где r_0 и x_0 – удельные активное и индуктивное сопротивления, мОм/м;

L_L – длина линии, м.

В случае, если r_0 неизвестно, то его можно рассчитать по формуле:

$$r_0 = \frac{10^3}{\gamma \cdot S}, \quad (23)$$

где S – площадь сечения проводника мм²;

γ – значение удельной проводимости материала, м/(Ом·мм²).

По справочным данным удельные проводимости основных проводниковых материалов равны следующим значениям:

- алюминий $\gamma = 29 \text{ м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$,
- медь $\gamma = 50 \text{ м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$,
- сталь $\gamma = 10 \text{ м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$.

Удельные индуктивные сопротивления линий зависят от их конструктивного выполнения. В расчетах можно использовать следующие данные:

- воздушные линии $x_{0\text{ВЛ}} = 0,4 \text{ мОм}/\text{м}$;
- кабельные линии $x_{0\text{КЛ}} = 0,06 \text{ мОм}/\text{м}$,
- провода $x_{0\text{Пр}} = 0,09 \text{ мОм}/\text{м}$,
- шинопроводы $x_{0\text{Ш}} = 0,15 \text{ мОм}/\text{м}$.

В процессе определения величин однофазных токов КЗ удельные индуктивные сопротивления цепи «фаза-ноль» составляют:

- кабельные линии с напряжением до 1 кВ: $x_{0\text{КЛ}} = 0,15 \text{ мОм}/\text{м}$,
- воздушные линии до 1 кВ: $x_{0\text{ВЛ}} = 0,6 \text{ мОм}/\text{м}$,
- открыто проложенные провода с изоляцией: $x_{0\text{П}} = 0,4 \text{ мОм}/\text{м}$,
- шинопроводы: $x_{0\text{Ш}} = 0,2 \text{ Ом}/\text{м}$.

Табличные значения имеют сопротивления всех неподвижных контактных соединений.

Формулы взаимосвязи между сопротивлениями высокой (ВН) и низкой (НН) стороны напряжения имеют следующий вид.

$$R_{\text{НН}} = R_{\text{ВН}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}}\right)^2, X_{\text{НН}} = X_{\text{ВН}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}}\right)^2, \quad (24)$$

где $R_{\text{НН}}$ и $X_{\text{НН}}$ – сопротивления, приведенные к стороне трансформатора НН, мОм;

$R_{\text{ВН}}$ и $X_{\text{ВН}}$ – сопротивления на стороне ВН, мОм;

$U_{\text{ВН}}$ и $U_{\text{НН}}$ – напряжения высокое и низкое, кВ.

В результате замещения получаем упрощенную схему системы электроснабжения (рисунок 4).

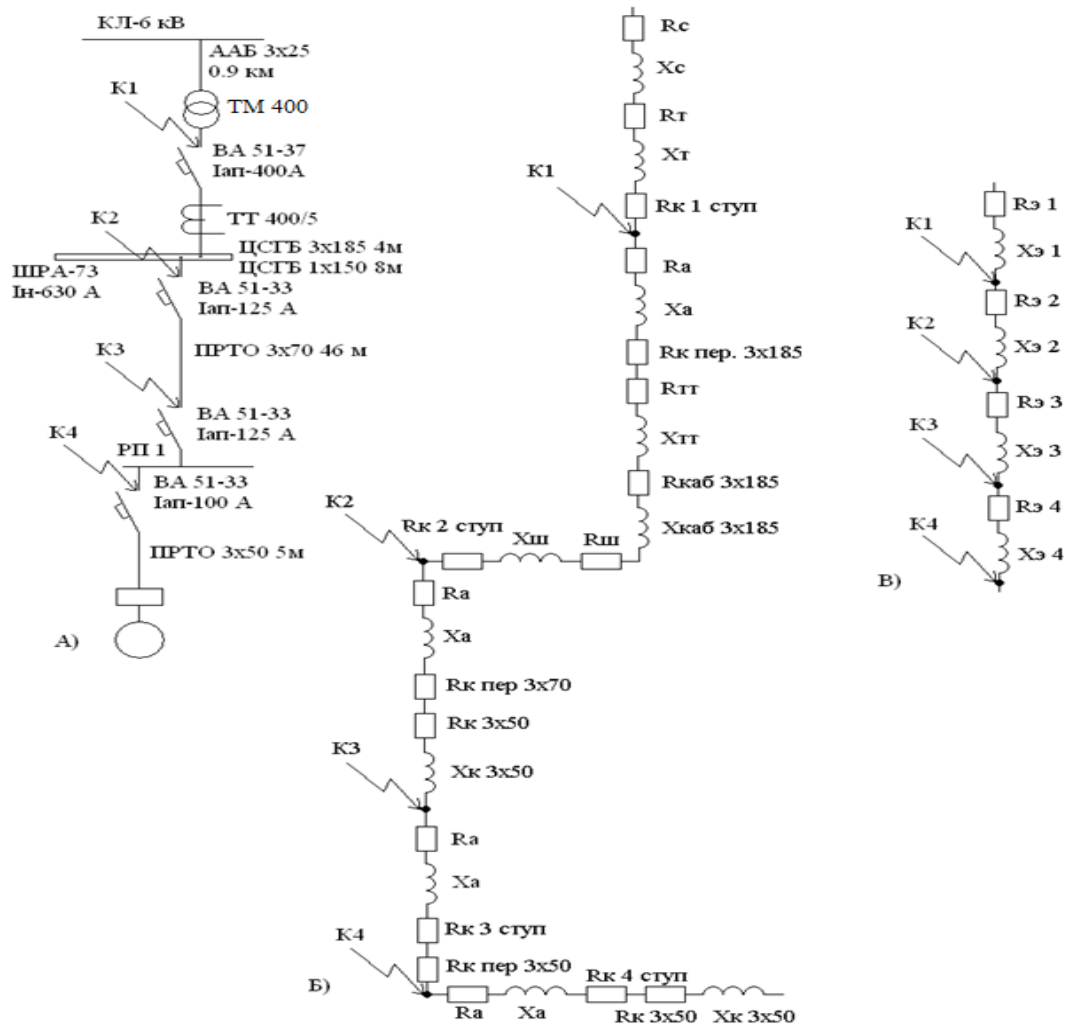


Рисунок 4 – Схема расчетная (а), схема замещения (б) и схема замещения упрощенная (в)

Расчётные данные элементов схемы замещения приводим ниже.

$$R_c = \left(0,92 \cdot 14 \cdot \frac{6,3^2}{37^2} + 1,24 \cdot 0,9 \right) \cdot \frac{0,4^2}{6,3^2} = 0,006 \text{ Ом} = 6 \text{ мОм};$$

$$X_c = 1,185 \cdot \frac{0,4^2}{6,3^2} = 0,00749 \text{ Ом} = 7,49 \text{ мОм};$$

$$R_r = 9,4 \text{ мОм};$$

$$X_r = 27,2 \text{ мОм};$$

$$R_{к.1 \text{ ступ}} = 15 \text{ мОм};$$

$$R_a = 0,15 \text{ мОм};$$

$$X_a = 0,17 \text{ мОм};$$

$$R_{к.пер.3x185} = 0,021 \cdot 4 = 0,84 \text{ мОм};$$

$$R_{т.т.} = 0,11 \text{ мОм};$$

$$X_{т.т.} = 0,17 \text{ мОм};$$

$$R_{каб} = 0,1 \cdot 4 = 0,4 \text{ мОм};$$

$$X_{каб} = 0,0596 \cdot 4 = 0,2384 \text{ мОм};$$

$$R_{ш} = 0,1 \cdot 1,6 = 0,16 \text{ мОм};$$

$$X_{ш} = 0,13 \cdot 1,6 = 0,208 \text{ мОм};$$

$$R_{к.2 \text{ ступ}} = 20 \text{ мОм};$$

$$R_a = 0,7 \text{ мОм}; X_a = 0,7 \text{ мОм};$$

$$R_{к.пер.3x50} = 0,043 \cdot 46 = 1,978 \text{ мОм};$$

$$R_{п.3x50 \varnothing 50} = 0,037 \cdot 46 = 17,02 \text{ мОм};$$

$$X_{п.3x50 \varnothing 50} = 0,085 \cdot 46 = 3,91 \text{ мОм};$$

$$R_a = 0,7 \text{ мОм}; X_a = 0,7 \text{ мОм};$$

$$R_{к.3 \text{ ступ}} = 25 \text{ мОм};$$

$$R_{к.пер.3x35} = 0,056 \cdot 5 = 0,28 \text{ мОм};$$

$$R_a = 1,3 \text{ мОм};$$

$$R_{к.4 \text{ ступ}} = 30 \text{ мОм};$$

$$R_{п.3x50 \varnothing 50} = 0,53 \cdot 5 = 2,65 \text{ мОм};$$

$$X_{п.3x50 \varnothing 50} = 0,088 \cdot 5 = 0,44 \text{ мОм};$$

После упрощения схемы замещения, осуществляется расчет эквивалентных сопротивлений для участков между точками короткого замыкания (КЗ).

$$R_{э1} = R_c + R_t + R_{тк.1 \text{ ступ}} = 6 + 9,4 + 15 = 30,4 \text{ мОм};$$

$$X_{э1} = X_c + X_t = 7,49 + 27,2 = 34,69 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{э2}} = R_a + R_{\text{к.пер.3x185}} + R_{\text{т.т.}} + R_{\text{каб}} + R_{\text{ш}} + R_{\text{к.2 ступ}} =$$

$$= 0,15 + 0,84 + 0,11 + 0,4 + 0,16 + 20 = 21,66 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{э2}} = X_a + X_{\text{т.т.}} + X_{\text{каб}} + X_{\text{ш}} =$$

$$= 0,17 + 0,17 + 0,2384 + 0,16 = 0,738 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{э3}} = R_a + R_{\text{к.пер.3x50}} + R_{\text{п.3x50 } \varnothing_{50}} =$$

$$= 0,7 + 1,978 + 17,02 = 19,698 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{э3}} = X_a + X_{\text{п.3x50}} = 0,7 + 3,91 = 4,61 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{э4}} = R_a + R_{\text{к.3 ступ}} + R_{\text{к.пер.3x35}} + R_a + R_{\text{к.4 ступ}} + R_{\text{п.3x35}} =$$

$$= 0,7 + 25 + 0,28 + 1,3 + 30 + 2,65 = 59,93 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{э4}} = X_a + X_a + X_{\text{п.3x35}} = 0,7 + 1,2 + 0,44 = 2,34 \text{ МОм};$$

Далее проводится расчет сопротивлений до каждой точки КЗ.

$$R_{\text{к1}} = R_{\text{э1}} = 30,4 \text{ МОм}; X_{\text{к1}} = X_{\text{э1}} = 34,69 \text{ МОм};$$

$$Z_{\text{к1}} = \sqrt{R_{\text{к1}}^2 + X_{\text{к1}}^2} = \sqrt{30,4^2 + 34,69^2} = 46,1 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{к2}} = R_{\text{к1}} + R_{\text{э2}} = 30,4 + 21,66 = 52,06 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{к2}} = X_{\text{к1}} + X_{\text{э2}} = 34,69 + 0,5 = 35,19 \text{ МОм};$$

$$Z_{\text{к2}} = \sqrt{R_{\text{к2}}^2 + X_{\text{к2}}^2} = \sqrt{52,06^2 + 35,19^2} = 62,8 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{к3}} = R_{\text{к2}} + R_{\text{э3}} = 52,06 + 19,698 = 71,8 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{к3}} = X_{\text{к2}} + X_{\text{э3}} = 35,19 + 4,61 = 39,8 \text{ МОм};$$

$$Z_{\text{к3}} = \sqrt{R_{\text{к3}}^2 + X_{\text{к3}}^2} = \sqrt{71,8^2 + 39,8^2} = 82,1 \text{ МОм};$$

$$R_{\text{к4}} = R_{\text{к3}} + R_{\text{э4}} = 71,8 + 59,93 = 131,7 \text{ МОм};$$

$$X_{\text{к4}} = X_{\text{к3}} + X_{\text{э4}} = 39,8 + 2,34 = 42,1 \text{ МОм};$$

$$Z_{\text{к4}} = \sqrt{R_{\text{к4}}^2 + X_{\text{к4}}^2} = \sqrt{131,7^2 + 42,1^2} = 138,3 \text{ МОм};$$

$$\frac{R_{\text{к1}}}{X_{\text{к1}}} = \frac{30,4}{34,69} = 0,876;$$

$$\frac{R_{K2}}{X_{K2}} = \frac{52,06}{35,19} = 1,479;$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{71,8}{39,8} = 1,8;$$

$$\frac{R_{K4}}{X_{K4}} = \frac{131,7}{42,1} = 3,13;$$

Далее определяем коэффициенты K_y и q .

$$K_{yд1} = f\left(\frac{R_{K1}}{X_{K1}}\right) = f(0,876) = 1,04;$$

$$K_{yд2} = f\left(\frac{R_{K2}}{X_{K2}}\right) = f(1,479) = 1,0;$$

$$K_{yд3} = f\left(\frac{R_{K3}}{X_{K3}}\right) = f(1,8) = 1,0;$$

$$K_{yд4} = f\left(\frac{R_{K4}}{X_{K4}}\right) = f(3,13) = 1,0;$$

$$q_1 = \sqrt{1 + 2(K_{y1} - 1)^2} = \sqrt{1 + 2(1,04 - 1)^2} = 1,32;$$

$$q_2 = \sqrt{1 + 2(K_{y2} - 1)^2} = \sqrt{1 + 2(1,0 - 1)^2} = 1,0;$$

$$q_2 = q_3 = q_4 = 1.$$

Далее находим значения различных токов КЗ в разных точках сети.

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{k1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{1,73 \cdot 41,6 \cdot 10^{-3}} = 5015 \text{ A} = 5,015 \text{ кА};$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{k2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2}} = \frac{380}{1,73 \cdot 62,8 \cdot 10^{-3}} = 3498 \text{ A} = 3,498 \text{ кА};$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{k3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K342}} = \frac{380}{1,73 \cdot 82,1 \cdot 10^{-3}} = 2675 \text{ A} = 2,675 \text{ кА};$$

$$I_{K4}^{(3)} = \frac{U_{k4}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K4}} = \frac{380}{1,73 \cdot 138,3 \cdot 10^{-3}} = 1588 \text{ A} = 1,588 \text{ кА};$$

$$I_{yк1} = q_1 \cdot I_{к1}^{(3)} = 1,32 \cdot 5,015 = 6,62 \text{ кА};$$

$$I_{yк2} = q_2 \cdot I_{к2}^{(3)} = 1 \cdot 3,498 = 3,498 \text{ кА};$$

$$I_{yк3} = q_2 \cdot I_{к2}^{(3)} = 1 \cdot 2,675 = 2,675 \text{ кА};$$

$$I_{yк4} = 3 \cdot I_{к2}^{(3)} = 1 \cdot 1,588 = 1,588 \text{ кА};$$

$$i_{yк1} = \sqrt{2} \cdot K_{уд1} \cdot I_{к1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,04 \cdot 5,015 = 7,35 \text{ кА};$$

$$i_{yк2} = \sqrt{2} \cdot K_{уд2} \cdot I_{к2}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 3,498 = 4,9 \text{ кА};$$

$$i_{yк3} = \sqrt{2} \cdot K_{уд3} \cdot I_{к3}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 2,675 = 3,77 \text{ кА};$$

$$i_{yк4} = \sqrt{2} \cdot K_{уд4} \cdot I_{к4}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 1,588 = 2,24 \text{ кА};$$

$$I_{к1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{к1}^{(3)} = 0,87 \cdot I_{к1}^{(3)} = 0,87 \cdot 5,015 = 4,36 \text{ кА};$$

$$I_{к2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{к2}^{(3)} = 0,87 \cdot I_{к2}^{(3)} = 0,87 \cdot 3,498 = 3,04 \text{ кА};$$

$$I_{к3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{к3}^{(3)} = 0,87 \cdot I_{к3}^{(3)} = 0,87 \cdot 2,675 = 2,33 \text{ кА};$$

$$I_{к4}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{к4}^{(3)} = 0,87 \cdot I_{к4}^{(3)} = 0,87 \cdot 1,588 = 1,38 \text{ кА}.$$

Выводы по второму разделу

Во втором разделе произведен расчет сетей электроснабжения, разработан план сети для объекта проектирования., выбраны вид и способ раскладки проводов, разработана структурная схема распределительной сети. Кроме того, разработаны требования для вводных устройств и узлов учета.

В соответствии с ПУЭ у каждого счетчика электрической энергии должны быть предусмотрены места для установки пломб, где ставится клеймо государственной службы поверки, а также энергоснабжающих организаций. Произведен расчет сечения проводников и выбран кабель типа кабель ВВГ для соответствующих линий нагрузки. Для защиты сетей произведен обоснованный выбор автоматического выключателя типа ВА47-29. На вводе принят к установке автоматический выключатель ВА47-100 с номинальным током 100 А.

3 Расчет освещения

3.1 Расчет осветительной нагрузки

В соответствии с методом удельной мощности осуществляется расчет осветительной нагрузки для всех помещений [5].

«Исходными данными для определения осветительной нагрузки для коридора являются:

- площадь освещения 480 м²;
- нормированная освещенность 100 Лк;
- тип светильников ЛПБ 2x40 с 2 лампами (мощность 40 Вт, КПД 87%, защита IP54);
- высота помещения 3 м, коэффициент запаса 1,5;
- коэффициент отражения стен 30%;
- коэффициент отражения потолка 50%;
- коэффициент отражения пола 10%;
- коэффициент неравномерности 1,1.

Согласно вышеуказанным исходным данным принимается удельная мощность 4,14 Вт/м²» [5, 16, 21].

«Формула для перерасчета удельных мощностей реальных ламп имеет вид:

$$W = \frac{W_{100} \cdot K_3 \cdot E_H}{\eta \cdot K_{з100} \cdot E_{100}}, \quad (25)$$

где W_{100} – удельная мощность осветительной нагрузки в случае применения условной лампы, Вт/м²;

K_3 – коэффициент, учитывающий наличие запаса мощности;

E_H – нормированная освещенность помещения, Лк;

η – величина КПД реальной лампы;

$K_{з100}$ – коэффициент запаса условной лампы;

$E_{100} = 100$ – значение освещенности помещения в случае применения условной лампы, Лк» [5, 16, 21].

$$W = \frac{4,14 \cdot 1,5 \cdot 100}{0,83 \cdot 1,3 \cdot 100} = 5,5 \text{ Вт/м}^2.$$

Формула для расчета мощности осветительной нагрузки имеет вид:

$$P = W \cdot S, \quad (26)$$

где S – площадь помещения, м².

$$P = 5,5 \cdot 480 = 2,6 \text{ кВт.}$$

В таблице 3 представлены результаты расчетов осветительных нагрузок, выполненных по вышеописанной методике.

Таблица 3 – Сводная ведомость осветительной нагрузки

Характеристика помещения	Наименование	Офисные помещения	Электро-щитовая	Туалеты	Комната охраны	Коридор
	Площадь, м ²	669	14	15	22	480
	Среда	сухое	сухое	сухое	сухое	сухое
Вид освещения		Рабочее	Рабочее	Рабочее	Рабочее	Рабочее
Нормированная освещенность		200	200	75	200	100
Коэффициент запаса		1,5	1,3	1,3	1,5	1,5
Светильник	Тип	ЛПБ 2x40	НСП 1x60	НСП 1x60	ЛПБ 2x40	ЛПБ 2x40
	Количество	40	2	4	3	35
Лампа	Тип	ЛД-40	Г-220-230	Г-220-230	ЛД-40	ЛД-40
	Мощность, Вт	40	60	60	40	40
	Штук в светильнике	2	2	2	2	2
Мощность	Мощность установленная, Вт	3200	120	240	216	2520

Устанавливаем щит освещения ОЩВ-12А УХЛ4. При установке обязательно учитываются пути подхода для питающих линий. На всех щитках должны быть установлены замки. Это необходимо для исключения

попадания в них посторонних людей. Согласно правилам, изложенным в ПУЭ, степень защиты щитков освещения должна соответствовать IP-20 [17].

3.2 Проверочный расчет системы освещения

«Произведем проверочный расчет системы освещения исследуемых цехов. В случае бокового освещения расчётный коэффициент естественной освещенности (К.Е.О.) рассчитывается по формуле:

$$E_{БР} = \frac{(E_{Б} \cdot q + E_{зд} \cdot R) \cdot r \cdot \tau_o}{K_3}, \quad (27)$$

где $E_{Б}$ и $E_{зд}$ – значения геометрических коэффициентов естественной освещенности расчетных точек в случае бокового освещения, которые учитывают соответственно свет небосвода и свет, который отражается от противостоящих зданий;

q – значение коэффициента, который учитывает неравномерность яркости облачного неба, $q = 0,52$;

R – значение коэффициента, который зависит от относительной яркости противостоящих зданий, $R = 0,18$;

τ_o – значение общего коэффициента светопропускания;

r – значение коэффициента, который учитывает увеличение К.Е.О. вследствие отраженного света от потолка и стен помещения, $r=5,7$;

K_3 – коэффициент запаса, $K_3=1,2$ » [16].

«В случае бокового освещения значение геометрического К.Е.О. в расчетной точке, с учетом прямого света неба, рассчитывается по формуле:

$$K_{EO} = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2, \quad (28)$$

где n_1 – число лучей, которое проходит через световые проемы в

расчетную точку на поперечном разрезе помещения, определяемое согласно табличным данным;

n_2 – аналогично sn_1 , но на плане помещения ($n_1 = n_2 = 13$)» [16].

Тогда:

$$K_{EO} = 0,01 \cdot 13 \cdot 13 = 1,69.$$

«Величина геометрического К.Е.О., который соответствует расчетной точке в случае бокового освещения, с учетом отраженного от противоположных зданий света, рассчитывается по формуле:

$$K_{EO} = 0,01 \cdot n_3 \cdot n_4, \quad (29)$$

где n_3, n_4 – лучи, которые приходят в расчетную точку от противоположных зданий через световые проемы» [16].

Количество лучей равно четырем. Тогда:

$$K_{EO} = 0,01 \cdot 4 \cdot 4 = 0,16.$$

«Величина коэффициента светопропускания:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (30)$$

где τ_1 – значение коэффициента светопропускающего материала

($\tau_0 = 0,8$);

τ_2 – коэффициент потерь света в переплетах светового проема

($\tau_2 = 0,7$);

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях

($\tau_3 = 1$);

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах ($\tau_4 = 1$);

τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитных стеклах, которые установлены под лампой ($\tau_5 = 0,9$)» [16].

Произведем расчет $E_{БР}$:

$$E_{БР} = \frac{(1,69 \cdot 0,52 + 0,16 \cdot 0,18) \cdot 5,7 \cdot 0,504}{1,2} = 2,15\%.$$

Получили значение расчетного К.Е.О. при боковом освещении производственного помещения, равное 2,15%, что соответствует норме.

Выводы по третьему разделу

В качестве источников света принимаем светодиодные светильники, так как они характеризуются значительной экономичностью и светоотдачей. Делаем вывод о целесообразности применять систему общего освещения. Для создания оптимальной освещенности будем использовать светильники, содержащие две лампы типа ЛПБ и НСП.

4 Расчет и выбор трансформаторов

Коэффициент мощности определяется известным образом:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}. \quad (31)$$

«Величина коэффициента мощности говорит об экономической эффективности использования электроэнергии» [22].

Исходными данными для выбора компенсирующих устройств являются:

- расчетная реактивная мощность КУ;
- тип компенсирующих устройств;
- уровни напряжения КУ.

Формула для определения расчетной мощности КУ имеет вид [13]:

$$Q_{\text{к.р.}} = \alpha \cdot P_{\text{м}} \cdot (\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_{\text{к}}), \quad (32)$$

где $Q_{\text{к.р.}}$ – расчетная величина мощности КУ, квар;

$\alpha = 0,9$ – коэффициент учитывающий повышение коэффициента мощности естественным способом;

$\operatorname{tg}\varphi$ и $\operatorname{tg}\varphi_{\text{к}}$ – коэффициент реактивной мощности до и после компенсации.

Попытаемся поднять значение коэффициента мощности до $\cos\varphi = 0,95$. При таком коэффициенте $\cos\varphi$ значение $\operatorname{tg}\varphi_{\text{к}} = 0,3287$.

Определяем расчетную мощность КУ:

$$Q_{\text{к.р.}} = 0,9 \cdot 220,8 \cdot (0,7355 - 0,3287) = 80,83 \text{ квар.}$$

Исходя из этой расчетной мощности компенсирующего устройства, принимаем стандартную батарею косинусных конденсаторов КСК 1-80 со ступенчатым регулированием емкости.

Определяем фактические значения $tg\varphi_\phi$ и $cos\varphi_\phi$.

$$tg\varphi_\phi = 0,7355 - \frac{80}{0,9 \cdot 220,8} = 0,3325.$$

$$cos\varphi_\phi = 0,949.$$

Составляем сводную ведомость нагрузок (таблица 4).

Таблица 4 – Сводная ведомость нагрузок

Параметр	$cos\varphi_\phi$	$tg\varphi_\phi$	P_M , кВт	Q_M , квар	S_M , кВ·А
Всего на НН без КУ	0,805	0,7355	220,8	228,6	319,35
КУ				1x80	
Всего на НН с КУ	0,949	0,3325	220,8	88,6	239
Потери			4,7	23,9	24,1
Всего на ВН с КУ			227,5	112,8	254

Для определения расчетной мощности трансформатора применяют следующие формулы:

$$S_p = \frac{S}{0,7} = \frac{254}{0,7} = 363 \text{кВА.} \quad (33)$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{НН} = 0,02 \cdot 235,7 = 4,7 \text{кВт.} \quad (34)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{НН} = 0,1 \cdot 235,7 = 23,8 \text{квар.} \quad (35)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{4,7^2 + 23,8^2} = 24,1 \text{кВА.} \quad (36)$$

На основании проведенных расчетов в системе электроснабжения офисного центра применяется трансформатор типа ТМ-400/10/0,4. В таблице

5 приводятся паспортные сведения данного трансформатора, имеющие важное значение для его эксплуатации.

Таблица 5 – Характеристики трансформатора ТМ-400/10/0,4 [15]

Номинальная мощность, кВА	4000
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	10
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Схема соединения	У/Ун-0 (звезда-звезда), Д/Ун-11 (треугольник-звезда), У/Зн-11 (звезда-зигзаг)
Климатическое исполнение и категория размещения	У1, УХЛ1
Допустимая температура эксплуатации	от -45 до +40 °С (У1), от -60 до +40 °С (УХЛ1)
Материал обмоток	Алюминий (алюминиевый), медь (медный)
Нормативные документы	ГОСТ 11677, ГОСТ 30830, ГОСТ Р 52719-2007, МЭК – 76
Гарантия	3 года

Блок-схема трансформатора приведена на соответствующем чертеже графической части.

Масляные трансформаторы марки ТМ выполняются с баками прямоугольной формы. На крышке располагаются вводы низкого и высокого напряжения. С целью увеличения поверхности охлаждения такие трансформаторы снабжаются плоскими радиаторами.

«Крышка бака оснащена краном (пробкой), предназначенным для залива масла. В нижней части бака установлена пробка, которая предназначена для слива масла, а также кран (пробка) через которую берутся пробы и болт заземления» [11].

Трансформаторы марки ТМ – весьма надежны. Намотка обмоток производится на заводах-изготовителях с применением автоматизированного оборудования.

«С целью предотвращения возникновения избыточных давлений масла при перегрузках и в случаях возникновения аварийного режима, бак трансформатора серии ТМ оснащен предохранительным клапаном» [11].

Выводы по четвертому разделу

Четвертый раздел выпускной квалификационной работы посвящен расчету и выбору трансформаторов.

В данном разделе произведен выбор трансформатора с учетом компенсации реактивной мощности.

Произведено обоснование выбора трансформаторов ГПП.

5 Разработка мероприятий по электробезопасности объекта

В данном разделе выпускной квалификационной работы планируется проанализировать вредные и опасные факторы труда, разработать процедуру по защите рабочего персонала от воздействия на них вредных и опасных производственных факторов. Степень защиты рабочего персонала должна соответствовать нормативным требованиям. Также необходимо спланировать меры по обеспечению максимально комфортных условий труда на предприятии.

5.1 Производственная безопасность

5.1.1 Промышленная санитария

Существует множество различных параметров микроклимата рабочей зоны. Некоторые из них являются вредными. Они являются причиной:

- изменения теплового состояния организма;
- общих и локальных дискомфортных ощущений;
- значительных напряжений механизмов терморегуляции;
- снижения работоспособности [21].

Рабочие помещения должны соответствовать требованиям нормативных санитарно-технических условий. Это является необходимым условием нормальной жизнедеятельности рабочих.

К санитарно-техническим условиям труда относят такие производственные факторы, как площадь и объем производственных помещений, микроклимат, вентиляция, освещенность, шумы, излучения и т.д. и т.п.

Разработка системы проводится в производственном помещении площадью 7 м², объемом 18,9 м³. Согласно требованиям санитарно-гигиенических норм, минимальное значение объема производственных помещений – 15 м³. Минимальная площадь – 4,5 м² в расчете на одного

работающего. При наличии персонального компьютера (ПК) на рабочем месте минимальный объем составляет 24 м³, площадь – 6 м². После сравнения фактических и нормативных показателей можно сделать вывод о том, что площади и объема производственного помещения достаточно для организации рабочего места.

Степень работоспособности персонала определяется следующими параметрами рабочей среды: величина температуры воздуха в помещении, влажность, скорость движения воздуха и его химический состав. Характер проводимых работ определяет оптимальные величины вышеуказанных параметров микроклимата. При разработке системы осуществлялась легкая работа (категория I), для которой согласно ГОСТ 12.1.005-88 требуемые параметры микроклимата приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Оптимальные параметры микроклимата для I категории работы

Сезон	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный (среднесуточная температура воздуха ниже +10 °С)	22 - 24	40 - 60	0,1
Теплый (среднесуточная температура воздуха +10 °С)	23 - 25	40 - 60	0,1

Согласно ГОСТ 12.1.005, естественной вентиляции достаточно, если воздуха на одного человека больше 40 м³, что не соответствует для данного помещения. Поэтому подвижность воздуха должна быть такой, чтобы обеспечить эффективную вентиляцию помещения.

5.1.2 Шум на рабочих местах

Оборудование в процессе работы является источником шума. Также шум излучает осветительное оборудование и внешние источники. Воздействию шумов подвержены следующие системы органов человека: центральная нервная система и сердечнососудистая система. В результате продолжительного воздействия шумов на рабочий персонал происходит притупление слуховой чувствительности, ухудшается зрение, происходит рост артериального давления, угнетается центральная нервная система. В результате этого имеет место ослабление внимания, рост числа ошибочных действий и т.д. Шумовое воздействие является причиной развития целого ряда профессиональных заболеваний [13].

Максимальный уровень шума внутри производственных помещений нормируется в ГОСТ 12.1.003.83. Его величина составляет 50 Дб.

Проведенный анализ объекта исследования установил, что в течение всех этапов разработки системы уровень шума соответствует норме.

5.1.3 Электромагнитное излучение

Существует множество различных источников электромагнитного излучения. В случае рассматриваемых производственных помещений, основным источником ЭМИ является ПК.

Электромагнитное поле, в процессе продолжительного воздействия на организм рабочих, является причиной негативных последствий для:

- сердечно-сосудистой системы;
- дыхательной и нервной систем.

Проведенный анализ объекта исследования установил, что электромагнитное поле внутри производственных помещений соответствует нормам. Имеющиеся внутри помещений мониторы соответствуют всему комплексу требований, которые предъявляются относительно интенсивности электромагнитных излучений.

5.1.4 Электробезопасность

Наличие в помещениях электрических приборов создает угрозу поражения человека электрическим током.

Объект исследования не представляет опасность для рабочего персонала в плане поражения их электрическим током. Это помещение не характеризуется повышенной влажностью, в нем поддерживается нормальная температура воздуха. Также это помещение оборудовано изолирующими бетонными полами. Нет условий для образования и скапливания токопроводящей пыли, газов и паров.

Приборы и установки, используемые при разработке и изготовлении измерительной системы, относятся к приборам напряжением до 1000 В без повышенной опасности.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок» «помещение, где производятся работы, сопряженные с использованием оборудования, питающегося от сети высокого напряжения (380 В, 50 Гц), оснащена следующим образом:

- на распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания;
- к каждому рабочему месту имеется разводка электропитания, оканчивающаяся розетками;
- во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора» [13].

Согласно этим правилам, необходимо исключить возможность прикосновения человека к токоведущим частям приборов, для этого необходимо соблюдать следующие правила:

- обязательный контроль целостности изоляции токоведущих проводов оборудования перед его включением в сеть. Также рекомендуется проверить наличие короткого замыкания токоведущих частей на корпус;

- если было обнаружено наличие КЗ, то необходимо незамедлительно принять все меры для того, что обесточить приемник электроэнергии для устранения неисправности;

- категорически запрещается пользоваться инструментом и оборудованием, которые имеют явные признаки неисправности;

- запрещается включать и выключать устройство при помощи штепсельной вилки.

Электроустановки должны быть оснащены следующими системами безопасности:

- система защитного заземления;

- система зануления;

- система защитного отключения;

- система защитного разделения цепей;

- система предохранительных устройств.

Система защитного зануления представляет собой самый эффективный способ, который применяется для защиты рабочего персонала от поражения электрическим током. Данная система предназначена для преобразования «замыкания на корпус» в «замыкание на землю». Это необходимо для уменьшения величины напряжения прикосновения и напряжения шага до безопасных величин.

5.2 Расчет заземляющего устройства

В зависимости от назначения различают рабочее, защитное и грозозащитное заземление. На трансформаторных подстанциях для выполнения всех трёх типов заземления электроустановок используют одно заземляющее устройство.

Если заземляющее устройство одновременно используют для установок напряжением свыше 1000 В с изолированной нейтралью и

установок напряжением до 1000 В, необходимо соблюдать следующее условие:

$$\frac{125}{I_3} \leq R_3 \leq 10. \quad (37)$$

Нейтрали обмоток трансформаторов могут быть подключены непосредственно к заземляющему устройству. В этом случае контур заземления должен иметь сопротивление не более 4 Ом. Такое условие за счет применения устройств заземления и благодаря повторному заземлению нулевых проводов ВЛ до 1 кВ. При величине напряжения 380 В суммарное сопротивление растеканию заземлителей не должно превышать 10 Ом. Каждый из заземлителей должен обеспечивать величину сопротивления не более 30 Ом. Земля характеризуется величиной удельного сопротивления в 100 Ом·м. К системам заземления предъявляется ряд требований [14], в том числе и следующее:

$$R_3 \leq 4 \text{ Ом}. \quad (38)$$

Результирующее сопротивление естественных заземлителей с учетом ремонта одной из линий (в худшем случае: той, где заземлений больше) равно результирующему сопротивлению всех составных заземлений. Результирующее сопротивление естественных заземлений в виде заземлений нулевых проводов, отходящих от ТП:

$$R_e = \frac{R_{из}}{n}. \quad (39)$$

Необходимое сопротивление искусственного заземлителя ТП по условию заземления нулевой точки:

$$R_{\text{из}} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3}. \quad (40)$$

Однако для обеспечения первых двух из перечисленных условий учитывать заземления нулевых проводов отходящих линий нельзя.

Поэтому, когда нет других естественных заземлителей, искусственный заземлитель должен обеспечить выполнение и наиболее жесткого из двух условий, то есть он должен быть не больше 10 Ом.

Заземляющее устройство проектируется из вертикальных стержневых заземлителей длиной 3 м с заложением вершины на глубину 0,7 м. Материал – стальной круг диаметром 10 мм. Сопротивление одного электрода (вертикального) равно:

$$R_B = 0,366 \frac{\rho_B}{l} \left(\lg \left(\frac{2l}{d} \right) + 0,1 \lg \left(\frac{4t+3l}{4t \cdot 3l} \right) \right), \quad (41)$$

где $t=0,7$ – расстояния от поверхности земли до вершины стержня (глубина заложения), м.

Определяем число стержней:

$$n = R_B / R_3. \quad (42)$$

С учетом коэффициента использованное сопротивление заземлителя возрастает, округляется его значение до ближайшего, кратного четырём и определяется по таблице коэффициенты $\eta_{\text{ви}}$ и $\eta_{\text{ги}}$. Тогда эквивалентное сопротивление всех вертикальных стержней:

$$R_{\text{в.э.кв.}} = \frac{R_B}{n \cdot \eta_{\text{ви}}}. \quad (43)$$

Длина горизонтальных элементов по периметру контура равна:

$$l_{\Gamma} = n \cdot a. \quad (44)$$

Его сопротивление с учетом коэффициента использования:

$$R_{\Gamma e} = 0,366 \frac{\rho_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma n} \cdot l_{\Gamma}} \lg \left(\frac{2l_{\Gamma}^2}{b \cdot t} \right). \quad (45)$$

Проверка сопротивления заземляющего устройства:

$$Z_{\text{зу}} = \frac{R_{\text{вз}} \cdot R_{\text{гз}}}{R_{\text{вз}} + R_{\text{гз}}} \leq 10 \text{ Ом} \quad (46)$$

В случае выполнения последнего условия заземляющее устройство выбрано правильно.

5.3 Экологическая безопасность

Проблема защиты окружающей среды является сейчас очень актуальной. Для решения этой проблемы, в первую очередь, необходима разработка и внедрение безопасных и экологически чистых производственных технологий всех видов. Кроме того, зачастую очистка промышленных выбросов выгодна предприятиям, поскольку позволяет уловить ценное сырье, в буквальном смысле, «вылетающее в трубу». Поэтому все новейшие производственные технологии включают процесс очистки и утилизации отходов.

Внедрение новых информационных технологий в большинстве случаев позволяет переходить на так называемую безбумажную технологию. Пользователю этой технологии теперь незачем использовать бумагу как носитель информации в прежних объемах. Экономия бумаги в тысячах организаций по всей Земле сэкономит тысячи гектаров леса. А ведь экономия

бумаги это лишь малая доля преимуществ, которые нам дают информационные системы.

Конечно же, наряду с преимуществами в использовании средств вычислительной техники возникают и проблемы. Основная трудность заключается в необходимости электроснабжения ЭВМ. За счет наличия большого количества ЭВМ в производственном цикле предприятия происходит увеличения потребления электрической энергии. Это является причиной необходимости выработки все большего количества электричества, что в свою очередь приводит к:

- увеличению содержания углекислого газа в атмосфере Земли;
- повышенному уровню содержания загрязняющих веществ в атмосфере;
- увеличению объемов загрязнений в гидросфере Земли;
- увеличению степени риска возникновения нештатных ситуаций в процессе работы ядерных реакторов;
- трансформации поверхности Земли.

Исходя из вышесказанного становится очевидным необходимость сокращения потребления энергоресурсов. Для этого требуется переход к энергоэффективным способам электроснабжения.

Защита окружающей среды подразумевает:

- проведение работ по разработке технологических процессов, которые являются максимально безопасными и экологичными;
- проведение мероприятий по сбережению электрической энергии.

При выполнении выпускной квалификационной работы вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, следовательно, существенных воздействий на окружающую среду не оказывалось.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Разрабатываемая система электросетей имеет достаточно много комплектующих, что ведет к увеличению пожарной опасности. С работниками необходимо провести инструктаж по технике безопасности в связи с появлением нового оборудования.

В зависимости от того, какие материалы и технологии применялись во время строительства, пожары могут иметь различные причины и особенности распространения. Рассматриваемое помещение представляет собой здание из бетонных стен. Исходя из этого, оно является трудногорючим.

Пожары в зданиях могут иметь множество причин. Приведем основные:

- несоблюдение правил использования электронагревательного оборудования;
- возникновение коротких замыканий, в результате которых происходит сильное нагревание электропроводки;
- несоблюдение максимальных токовых нагрузок;
- отсутствие качественных контактных соединений электропроводки.

Это является причиной перегрева контактов.

В рассматриваемом технологическом помещении располагаются материалы, которые относятся к классу горючих. В связи с этим помещение относится к категории В.

Рабочие в случае возникновения возгораний обязаны:

- организовать работы по первичному тушению источников огня с предварительным оповещением об этом пожарной охраны;
- перед началом тушения пожара обесточить установки – электроприемники.

Существует несколько путей повышения степени пожарной безопасности:

а) комплекс технических мероприятий:

- контроль соответствия технологических процессов нормам и требованиям пожарной безопасности;

- обеспечение зданий и помещений всеми необходимыми средствами первичного тушения возгораний (огнетушители газовые и порошковые ОУ-2, ОУ-5, ОПС-10 ТУ-22-4720080);

б) комплекс эксплуатационных мер:

- соблюдение всех установленных норм и правил по эксплуатации оборудования;

- соблюдение всех установленных норм и правил относительно правильного обслуживания помещений;

в) комплекс режимных мероприятий:

- постоянный контроль соблюдения норм и правил пожаробезопасности;

- мониторинг наличия и готовности к применению средств первичного пожаротушения.

Необходимо обеспечить выполнение и соблюдение комплекса норм и правил, которые изложены в правилах пожарной безопасности ППБ - 01 - 03. В процессе проведения работ, которые требуют применения паяльного оборудования необходимо обеспечить отсутствие на рабочем месте горючих материалов. Все горючие конструкции, которые расположены ближе 5 м к месту проведения паяльных работ, должны быть ограждены с помощью экранов, изготовленных из негорючих материалов.

Для рассматриваемого производственного помещения существует вероятность землетрясений. В таких случаях рабочий персонал должен воспользоваться укрытиями или эвакуироваться за пределы помещений. Также необходимо организовать работы по оказанию неотложной медицинской помощи и извлечению пострадавших из-под завалов. С целью обеспечения сохранности, дорогостоящее оборудование должно быть установлено в максимальной близости к окнам и дверям.

Рассматриваемое помещение не является взрывоопасным. Однако существует вероятность того, что оно может быть заминировано. В таких случаях необходимо организовать эвакуацию рабочего персонала и оповестить о случившемся органы МВД. Если не удалось предотвратить взрыв, то необходимо принять комплекс мер, которые направлены на спасение пострадавших.

Если в процессе работы произошло чрезвычайное происшествие, то рабочий персонал обязан прекратить работы, уложить в технологическую тару специальные приборы и объекты исследований и поместить все это в специальные шкафы. На случай возникновения ЧС предусмотрены специальные планы по эвакуации людей.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организация рабочего места во многом определяет степень эффективности трудовой деятельности. На эффективность трудового процесса оказывают значительное влияние такие факторы как:

- правильность расположения и компоновки рабочих мест;
- обеспечение удобного расположения на рабочем месте;
- степень свободы рабочих движений;
- применение эргономичного оборудования.

Все это обеспечивает низкий уровень утомляемости и минимизацию возникновения профессиональных заболеваний.

В процессе проведения работ по разработке измерительных систем и написанию ПО рабочий персонал основную массу времени проводит за персональным компьютером. В связи с этим очень важно обеспечить высокий уровень эргономики рабочих мест.

Работа сидя относится к вредной, так как она является причиной следующих заболеваний:

- застойные явления в органах таза;
- изменения в позвоночнике;
- нарушение кровообращения и дыхания.

Удобство рабочего места определяет степень вредности проводимых на нем работ. Требования к сидячим рабочим местам изложены в ГОСТ 12.2.032.

Таблица 7 – Параметры рабочего места

Параметры	Значение параметра	Реальные значения
Высота рабочей поверхности стола, мм	655÷975	700
Высота сидения, мм	400÷500	500
Высота сидения до рабочей поверхности, мм	200	200
Высота клавиатуры, мм	600÷700	600
Высота от стола до клавиатуры, мм	Не менее 80	100
Удалённость экрана монитора, мм	Около 20	20
	500÷700	600

Выводы по пятому разделу

В данном разделе произведена оценка вредных факторов исследуемого производства, исследованы вопросы промышленной безопасности.

Рассчитаны системы заземления объекта. Полученное в ходе произведенного расчета значение сопротивления искусственного заземления не превышает предельно допустимого значения. В то же время сопротивление искусственного заземлителя не значительно меньше предельно допустимого значения, благодаря чему можно избежать неоправданно больших экономических затрат на сооружение заземляющего устройства.

Заключение

Электроснабжение – одно из важнейших направлений жизнеобеспечения и функционирования различных предприятий. Развитие данной отрасли определяет вектор развития производства и условий жизни населения, поэтому технология электроснабжения интенсивно развивается. Современная система электроснабжения любого объекта должна быть:

- экономичной;
- надежной;
- безопасной и удобной в эксплуатации;
- обеспечивать требуемое качество электроэнергии.

Буквально во всех отраслях народного хозяйства сегодня особое внимание уделяют вопросам энергосбережения. В соответствии с этой тенденцией при разработке системы электроснабжения здания АО «ЭР-Телеком-Холдинг» были использованы технические решения, способствующие энергосбережению при эксплуатации данного объекта. В частности, было принято решение повысить коэффициент мощности установленного электрооборудования до уровня 0,95 за счёт размещения на питающей подстанции батареи конденсаторов КСК 1-80 со ступенчатым регулированием емкости. Запланировано также минимизировать затраты на освещение за счет установки светодиодных светильников.

В целом в ходе выполнения выпускной квалификационной работы получены следующие результаты:

- дана краткая характеристика исследуемому объекту;
- произведен расчет схемы электроснабжения и электрооборудования;
- произведен расчет системы электроосвещения объекта;
- произведен выбор конструкции и расчет системы заземления;
- разработан проект производства электромонтажных работ.

Необходимо отметить, что все поставленные задачи были решены, а цель работы – достигнута.

Список используемых источников

1. Грунтович Н.В. Электрооборудование. Монтаж, наладка и эксплуатация. – М.: Нов. знание, НИЦ ИНФРА-М, 2019. 271 с.
2. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2019. 592с.
3. Кисаримов Р.А. Монтаж электрооборудования Справочник. – М.: РадиоСофт, 2018. 568 с.
4. Кисаримов Р.А. Справочник по монтажу электрооборудования. – М.: РадиоСофт, 2018. 568 с.
5. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – М.: Энергия, 2019. 302 с.
6. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Высш. школа, 2018. 352 с.
7. Коломиец А.П. Средства автоматизации и электрооборудование. Монтаж / А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева. – М.: Колос С, 2017. 351 с.
8. Коновалова Л.А., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Энергоатомиздат, 2017. 528с.
9. Костенко Е.М. Электрооборудование и средства автоматизации. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт: – М.: НЦ ЭНАС, 2019. 320 с.
10. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М.: Высш. школа, 2017. 421 с.
11. Мукосеев Ю.Л. Промышленные предприятия. Электроснабжение. М.: Энергия, 2017. 584 с.
12. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 2017. 220 с.
13. Павелко Н.Н., Павлов С.О. Правила безопасности в процессе монтажа, обслуживания и ремонта электрооборудования предприятий. Справочное издание. – М.: КноРус, 2018. 288 с.

14. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 2018. 346 с.
15. Проектирование электрических сетей и электрооборудования. Справочник / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – М.: Энергоиздат, 2018. 384 с.
16. Проектирование электрического освещения. Справочник. Под ред. Кнорринга Г. М. – Л.: Энергия, 2018. 223 с.
17. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 464 с.
18. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Правила монтажа, эксплуатации и ремонта электрооборудования в условиях промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 2018. 462 с.
19. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Требования безопасности при проведении монтажа, обслуживания и ремонта электрооборудования предприятий: Справочник. – М.: КноРус, 2019. 288 с.
20. Синягин Н.Н., Афанасьев Н.А., Новиков С.А. Планово-предупредительный ремонт оборудования и сетей промышленной энергии. М.: Энергия, 2019. 250 с.
21. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2т. Т.1. Электроснабжение/Под общ. ред. А.А. Федорова. М.: Энергоатомиздат, 2016. 568с.
22. Супронович Г. Пути и методы улучшения коэффициента мощности преобразовательных установок: Пер. с польск. М.: Энергоатомиздат, 2018. 136 с.
23. 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. М.: Энергоиздат, 2019. 234 с.