

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 рабочей столовой на 200 посадочных мест

Обучающийся

И. О. Хомич

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д.т.н., П.А. Николаев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

В работе проведена разработка мероприятий по проектированию системы электроснабжения рабочей столовой на 200 посадочных мест ООО «Стелс» в связи с производственной необходимостью.

Для достижения данной цели в работе решены следующие основные задачи:

- анализ исходных данных;
- расчёт электрических нагрузок;
- выбор силового оборудования;
- разработка системы контроля и управления электроэнергией;
- разработка мероприятий по обеспечению охраны труда и экологической безопасности.

Работа основывается на анализе актуальных нормативных документов и применении современных подходов и методик для проектирования электрических систем, что позволяет обеспечить высокую точность и обоснованность предложенных решений.

Полученные результаты и предложенные проектные решения могут быть использованы при проектировании электроснабжения аналогичных объектов, что способствует улучшению общего уровня безопасности, надежности и энергоэффективности предприятий общественного питания.

Структура работы включает введение, пять основных разделов с выводами, заключение с общими выводами по результатам исследования, а также перечень литературных источников, включающий 20 наименований.

Объём расчётно-пояснительной записки составляет 72 страницы машинописного текста.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных на выполнение работы.....	7
2 Выбор схемы электроснабжения и расчет электрических нагрузок	13
2.1 Выбор схемы электроснабжения	13
2.2 Расчет осветительных электрических нагрузок.....	15
2.3 Расчет силовых и суммарных электрических нагрузок	22
3 Выбор и проверка силового оборудования в системе электроснабжения столовой	30
3.1 Выбор и проверка силового трансформатора на питающей подстанции	30
3.2 Расчет токов короткого замыкания	33
3.3 Выбор и проверка проводников	40
3.4 Выбор конструктивного выполнения электроустановок.....	46
3.5 Выбор электрических аппаратов	50
4 Выбор системы контроля и управления электроэнергией столовой	56
5 Мероприятия по охране труда и экологической безопасности.....	59
Заключение	65
Список используемых источников.....	70

Введение

Известно, что проблема организации надежного, эффективного и безопасного электроснабжения предприятий пищевой промышленности, включая предприятия общественного питания, остается актуальной на протяжении многих лет.

Развитие технологий, ужесточение нормативных требований, повышение требований к качеству и безопасности продукции требуют разработки современных систем электроснабжения, которые обеспечат не только бесперебойное снабжение электроэнергией, но и высокий уровень энергоэффективности и экологической безопасности.

Особенно важна такая задача для предприятий общественного питания, таких как рабочие столовые, где необходимо гарантировать стабильное функционирование кухонного и вспомогательного оборудования, систем освещения, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также систем автоматического управления процессами приготовления пищи.

Проектирование предприятий пищевой промышленности включает в себя несколько ключевых аспектов.

Во-первых, это обеспечение энергетической безопасности и соответствие современным нормам надежности электроснабжения.

Во-вторых, это строгое соблюдение санитарных норм, что требует установки оборудования с минимальными электромагнитными излучениями и соответствующего уровня защиты от возгорания.

В-третьих, это обязательное использование энергоэффективных решений, позволяющих снижать затраты на электроэнергию и минимизировать экологический след.

Кроме того, электроснабжение таких объектов должно предусматривать гибкость для подключения нового оборудования в будущем, что делает этап проектирования особенно важным.

В современных условиях проектирование электрической инфраструктуры рабочих столовых сталкивается с рядом вызовов.

Среди них выделяется увеличение энергоемкости оборудования, вызванное внедрением автоматизированных систем приготовления пищи, и потребность в строгом учете электроэнергии, что подчеркивает необходимость применения современных систем контроля и управления электроэнергией, которые способны не только регистрировать потребление, но и оптимизировать режимы работы отдельных потребителей, снижая пиковые нагрузки и затраты на эксплуатацию.

Актуальность работы заключается в необходимости разработки высокоэффективной системы электроснабжения для столовой на 200 посадочных мест, которая будет соответствовать всем современным требованиям, нормам и стандартам [10], [11], [12], [18].

Предложенные решения в данной работе направлены на создание безопасной, надежной и энергоэффективной системы электроснабжения, способной обеспечить устойчивое функционирование объекта в течение всего срока его эксплуатации.

Практическая ценность работы заключается в том, что полученные результаты и предложенные проектные решения могут быть использованы при проектировании электроснабжения аналогичных объектов, что способствует улучшению общего уровня безопасности, надежности и энергоэффективности предприятий общественного питания.

Основной целью работы является разработка проекта системы электроснабжения рабочей столовой на 200 посадочных мест ООО «Стелс», включающего выбор оборудования, схем электрических соединений и системы учета электроэнергии, а также обоснование мероприятий по охране труда и экологической безопасности.

Для достижения данной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ исходных данных;
- расчёт электрических нагрузок;

- выбор силового оборудования;
- разработка системы контроля и управления электроэнергией;
- разработка мероприятий по обеспечению охраны труда и экологической безопасности.

Объектом исследования является рабочая столовая на 200 посадочных мест ООО «Стелс», а предметом исследования – электрическая инфраструктура столовой, включая элементы и схемные решения в её системе электроснабжения.

Методы исследования, применяемые в данной работе, включают анализ существующих норм и стандартов, расчётные методы определения нагрузок, моделирование систем учёта, контроля и управления электроэнергией, а также обоснование проектных решений на основе современных энергоэффективных технологий.

В рамках работы, также предусмотрено использование актуальных нормативных документов и специализированных подходов, обеспечивающих точность и достоверность результатов расчетов.

Таким образом, работа основывается на анализе актуальных нормативных документов и применении современных подходов и методик для проектирования электрических систем, что позволяет обеспечить высокую точность и обоснованность предложенных решений. Данный аспект способствует достижению всех поставленных целей и задач в работе.

1 Анализ исходных данных на выполнение работы

Проводится анализ исходных данных по объекту работы, который предполагает собой столовую на 200 мест в системе электроснабжения ООО «Стелс».

В рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» каждая категория помещений и оборудования выполняет определённые функции, направленные на обеспечение комфорта, безопасности и эффективности работы.

Проводится описание функционала основных помещений объекта проектирования.

Система автоматической пожарной сигнализации предназначена для раннего обнаружения возгораний, своевременного оповещения персонала и посетителей о необходимости эвакуации, а также запуска средств пожаротушения.

Видеонаблюдение обеспечивает контроль за обстановкой в помещениях и на прилегающей территории, что способствует поддержанию порядка, предотвращению правонарушений и своевременной фиксации инцидентов.

Локальная сеть (СКС) служит основой для функционирования внутренних информационных и административных систем, включая учет и контроль рабочего времени, управление кассовым оборудованием и связь с внешними информационными ресурсами.

Тепловые завесы препятствуют проникновению холодного воздуха в помещения через входные двери, обеспечивая комфортные температурные условия в зале и на кухне.

Нагреватели поддерживают заданную температуру в зоне готовки, хранения продуктов и санитарных помещений, что является важным для соблюдения санитарно-гигиенических требований.

Вентиляционные системы обеспечивают циркуляцию воздуха, поддержание оптимального микроклимата и удаление избыточной влаги, тепла и запахов.

Кондиционеры дополняют вентиляцию, позволяя регулировать температуру и влажность воздуха, создавая комфортные условия для персонала и посетителей.

Барное оборудование используется для приготовления и подачи напитков, а также для хранения ингредиентов в надлежащих условиях.

Розеточные сети гостевого зала обеспечивают удобный доступ к электричеству для посетителей и персонала.

Бойлер служит для нагрева воды, необходимой как для санитарных нужд, так и для кухонных процессов.

Полотенцесушитель обеспечивает сушку полотенец и поддержание их в гигиеническом состоянии.

Кассовое оборудование автоматизирует процесс приёма оплаты, облегчает учёт денежных средств и упрощает взаимодействие с бухгалтерскими системами.

Холодильная камера поддерживает низкую температуру для хранения продуктов, что позволяет сохранять их свежесть и соответствие санитарным нормам.

Посудомойка служит для автоматической мойки посуды, что не только экономит время персонала, но и обеспечивает высокий уровень гигиены.

Плита используется для термической обработки продуктов, включая жарку, тушение и варку.

Гриль применяется для приготовления блюд на открытом огне или нагретой поверхности, что позволяет добиться специфического вкуса и текстуры пищи.

Пароконвектомат совмещает функции пароварки и духового шкафа, предоставляя гибкие возможности для приготовления различных блюд с высокой степенью точности и контроля.

Расстоечный шкаф обеспечивает оптимальные условия для подъёма теста, что важно для получения качественной выпечки.

Розетки в зоне выдачи блюд обеспечивают питание оборудования, используемого для подогрева и подачи пищи, а также вспомогательных устройств. Розетки второго этажа предоставляют электроэнергию для дополнительных рабочих мест, оборудования и приборов. Оборудование кухни включает в себя разнообразные приборы и устройства, необходимые для приготовления, хранения и обработки продуктов.

Рабочее освещение обеспечивает качественное и равномерное освещение всех рабочих зон, улучшая комфорт и точность выполнения операций. Аварийное освещение используется для обеспечения минимального уровня освещённости в случае отключения основного электроснабжения, способствуя безопасной эвакуации и продолжению критически важных операций.

Все перечисленные элементы вместе формируют основу для стабильного функционирования рабочей столовой, обеспечивая комфорт, безопасность и соответствие высоким стандартам качества. Исходные технические характеристики объектов системы электроснабжения столовой на 200 мест ООО «Стелс», представлены в форме таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные технические характеристики объектов системы электроснабжения столовой на 200 мест ООО «Стелс»

Номер оборудования, по плану	Наименование потребителя электроэнергии (основного электрооборудования)	Руст., кВт	Кол-во, шт.	Руст., кВт
1	Система автоматической пожарной сигнализации	1	1	1
2	Видеонаблюдение	0,5	1	0,5
3	Локальная сеть (СКС)	0,5	1	0,5
4	Тепловые завесы	4	3	12
5	Нагреватели	30	2	60
6	Вентиляционные системы	7,5	1	7,5
7	Кондиционеры	4,72	2	9,44
8	Барное оборудование	11,5	1	11,5
9	Розеточные сети гостевого зала	6,5	1	6,5
10	Бойлер	3	1	3
11	Полотенцесушитель	2	1	2
12	Кассовое оборудование	2	6	12
13	Холодильная камера	1,5	2	3

Продолжение таблицы 1

Номер оборудования, по плану	Наименование потребителя электроэнергии (основного электрооборудования)	Руст., кВт	Кол-во, шт.	Р _{уΣ} , кВт
14	Посудомойка	10,75	1	10,75
15	Плита	12,5	2	25
16	Гриль	4,5	1	4,5
17	Пароконвектомат	12,5	1	12,5
18	Расстоечный шкаф	2,53	1	2,53
19	Розетки в зоне выдачи блюд	2	2	4
20	Розетки второго этажа	2	5	10
21	Оборудование кухни	2	7	14
22	Рабочее освещение	2,92	1	2,92
23	Аварийное освещение	0,35	1	0,35
Всего по столовой		-	-	215,5

План расположения потребителей электроэнергии рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», характеристика которых приведена в таблице 1, представлен на рисунке 1.

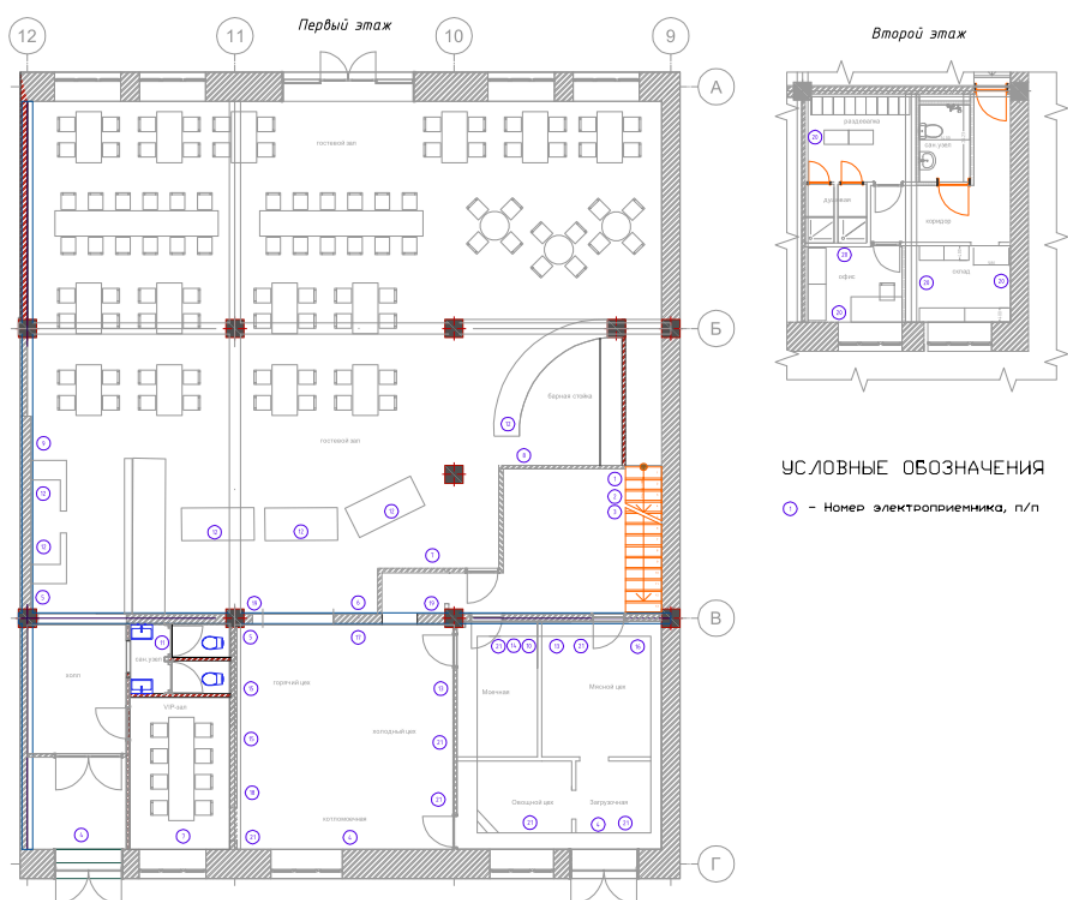


Рисунок 1 – План расположения потребителей электроэнергии (основного электрооборудования) рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс»

Таким образом, каждый из описанных объектов, функционирующих в рамках единой системы электроснабжения, играет решающую роль в обеспечении непрерывности и качества производственного процесса на рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс».

Надежность и стабильность электропитания являются ключевыми факторами, способствующими повышению эффективности технологических процессов, снижению технологических потерь и достижению высоких показателей качества выпускаемой продукции, что в совокупности способствует устойчивому развитию предприятия и укреплению его позиций на рынке пищевых продуктов и в сфере услуг.

Выводы по разделу.

Приведена техническая и экономическая характеристика предприятия ООО «Стелс».

Показано, что надежность и стабильность электроснабжения являются ключевыми факторами, способствующими повышению эффективности технологических процессов, снижению технологических потерь и достижению высоких показателей качества выпускаемой продукции, что в совокупности способствует устойчивому развитию предприятия и укреплению его позиций на рынке пищевых продуктов и в сфере услуг.

Приведены исходные технические характеристики объектов системы электроснабжения столовой на 200 мест ООО «Стелс», состоящие из 23 объектов.

Установлено, что каждый из данных объектов, функционирующих в рамках единой системы электроснабжения, играет решающую роль в обеспечении непрерывности и качества производственного процесса рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс».

Таким образом, все перечисленные элементы инфраструктуры и оборудования рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» взаимосвязаны и служат для достижения ключевых целей – обеспечения безопасности,

повышения уровня комфорта для посетителей и персонала, улучшения качества обслуживания и соблюдения санитарно-гигиенических требований.

Комплексный подход к проектированию и оснащению столовой, включающий системы пожарной сигнализации, видеонаблюдения, вентиляции, освещения, кассового оборудования и специализированной кухонной техники, позволяет создать условия для её бесперебойной и эффективной работы.

Внедрение современных технологических решений способствует повышению надёжности работы всех систем, снижению эксплуатационных затрат и повышению общего уровня удовлетворённости посетителей, что в совокупности делает проект столовой перспективным, соответствующим требованиям времени и готовым к возможному расширению или модернизации в будущем.

Следующим этапом работы является оценка, реализация и проверка правильности выбранных инженерных решений, что позволит удостовериться в их соответствии нормативным требованиям и обеспечить надежное функционирование системы электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» в условиях внедрения на данном производственном предприятии.

2 Выбор схемы электроснабжения и расчет электрических нагрузок

2.1 Выбор схемы электроснабжения

Учитывая, что рассматриваемая в работе рабочая столовая на 200 мест ООО «Стелс» относится к III категории надежности, а также принимая во внимание, что все её потребители суммарной нагрузкой 215,5 кВт рассчитаны на класс напряжения 0,38/0,22 кВ, для приёма электроэнергии от системы электроснабжения указанного предприятия, на территории столовой устанавливается главный распределительный щит (ГРЩ).

Для обеспечения его питания от понизительной подстанции ТП 10/0,4 кВ данной организации, принимается одна кабельная линия. Это – питающая сеть наружного электроснабжения столовой [12].

Далее формируется питающая сеть внутреннего электроснабжения объекта проектирования. Исходя из расположения, мощности и технической принадлежности оборудования рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», в работе применяются следующие силовые распределительные щиты:

- ЩСК (щит технологического оборудования);
- ЩСЗ (щит розеточных сетей);
- ЩВК (щит вентиляции и кондиционирования);
- ЩБО (щит барного оборудования).

С целью экономии проводникового материала и удобства обслуживания, все перечисленные силовые распределительные щиты расположены в непосредственной близости от ГРЩ столовой, от которого они получают непосредственное питание по радиальной схеме без наличия резервирования, что характерно для питания потребителей, относящихся к III категории надежности [12]. Это – питающая сеть внутреннего электроснабжения столовой.

Далее формируется распределительная сеть внутреннего электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», которая

включает совокупность однофазных потребителей сети 0,22 кВ, получающих питание от силовых распределительных щитов в зависимости от групповой принадлежности. Также сформирована осветительная сеть столовой, состоящая из щитков рабочего и аварийного освещения.

Таким образом, в результате выбора схемных решений в системе системы электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», были приняты следующие технические решения, обеспечивающие требуемые условия для данного потребителя III категории надежности [18]:

- для приёма электроэнергии от системы электроснабжения указанного предприятия, на территории столовой устанавливается ГРЩ, получающий питание одной кабельной линией напряжением 0,38/0,22 кВ от ТП 10/0,4 кВ данной организации, образуя питающую сеть наружного электроснабжения столовой;
- питающая сеть внутреннего электроснабжения столовой формируется четырьмя силовыми распределительными щитами, расположенными в непосредственной близости от ГРЩ столовой, от которого они получают питание по радиальной схеме без наличия резервирования, что характерно для питания потребителей, относящихся к III категории надежности;
- распределительная сеть внутреннего электроснабжения столовой, включает совокупность однофазных потребителей сети 0,22 кВ, получающих питание от силовых распределительных щитов в зависимости от групповой принадлежности;
- осветительная сеть столовой состоит из рабочего и аварийного освещения с соответствующими отдельными щитками.

Таким образом, все схемные решения, принятые в работе для проектируемой системы электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», которая относится к III категории надежности, соответствуют требованиям нормативных документов по надёжности, безопасности и экономичности.

2.2 Расчет осветительных электрических нагрузок

Расчёт осветительной нагрузки помещений рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» методом коэффициента использования светового потока является важным этапом проектирования системы внутреннего искусственного освещения.

Данный метод основывается на использовании нормированных значений освещённости, характеристик помещения, включая его геометрические параметры, отражающие способности поверхностей и функциональное назначение, а также на выбор оптимального типа источников света.

Метод коэффициента использования позволяет определить требуемый световой поток, необходимый для создания равномерной и комфортной освещённости помещений столовой, обеспечивающей эффективную работу персонала и комфортные условия для посетителей.

При выполнении расчёта, исходя из действующих норм и рекомендаций, сначала задаются целевые уровни освещённости, характерные для помещений общественного питания.

Далее, на основании геометрических размеров помещений определяется индекс помещения, учитывающий соотношение его высоты и площади, что является исходной величиной для последующего подбора коэффициента использования светового потока из специализированных таблиц, регламентированных действующими светотехническими нормами.

Следующим шагом расчёта является корректировка полученного коэффициента с учётом реальной отражательной способности поверхностей, таких как потолок, стены и полы помещений столовой.

На основании скорректированного коэффициента использования определяется суммарный требуемый световой поток всех светильников, который затем служит основой для выбора конкретных светодиодных источников света.

Применение светодиодных светильников обусловлено их высокими энергоэффективными характеристиками, долговечностью, стабильностью светового потока и низким уровнем эксплуатационных затрат, что соответствует современным требованиям по энергоэффективности и комфортности освещения.

Выбор конкретных моделей светодиодных источников осуществляется с учётом необходимой цветовой температуры, индекса цветопередачи и уровня пульсаций светового потока, что является особенно важным для обеспечения благоприятных условий зрительного восприятия и комфортного пребывания посетителей и сотрудников столовой.

Таким образом, расчёт осветительной нагрузки методом коэффициента использования светового потока и последующий выбор подходящих светодиодных источников света позволяют создать оптимальные условия искусственного освещения, отвечающие санитарно-гигиеническим и эргономическим нормам, и обеспечивающие высокий уровень энергоэффективности системы освещения помещений рабочей столовой ООО «Стелс».

«Расчёт освещения проводится на примере помещения мясного цеха рабочей столовой. Принимается для данного объекта рабочей столовой: светильник марки PHILIPS MASSIVE Hearst White (потолочного подвесного типа монтажа с установкой одной светодиодной лампы).

«Оптимальное расстояние между светильниками» [14]:

$$\lambda_c \cdot H_p \leq L \leq \lambda_{\varepsilon} \cdot H_p, \quad (1)$$

где H_p – «расчётная высота подвеса светильника, м;

$\lambda_c, \lambda_{\varepsilon}$ – выгоднейшие расстояния между светильниками, м» [14].

«Расчётная высота подвеса выбранного типа светильника» [14]:

$$H_p = H_o - h_{св} - h_{раб}, \quad (2)$$

где H_o – «высота помещения, м;

$h_{св}$ – высота свеса светильника, м;

$h_{раб}$ – высота освещаемой рабочей поверхности от пола, м» [14].

«Число светильников по длине помещения, шт.» [14]:

$$N_A = \frac{A - 2l_A}{L} + 1. \quad (3)$$

«Число светильников по ширине помещения, шт.» [14]:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L} + 1. \quad (4)$$

«Общее число светильников, шт.» [14]:

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B. \quad (5)$$

«Действительное расстояние между светильниками и рядами» [14]:

$$L_A = \frac{A}{N_A - a}. \quad (6)$$

$$L_B = \frac{B}{N_B - a}. \quad (7)$$

«Расчёт размещения светильников по выражениям (1 – 7) на примере мясного цеха рабочей столовой» [14]:

$$H_p = 4,6 - 0,6 - 1,5 = 2,5 \text{ м},$$

$$0,5 \cdot 2,5 = 1,75 \leq L = 2,$$

$$N_A = \frac{4,5 - 2 \cdot 0,5}{2} + 1 \approx 3 \text{ шт.},$$

$$N_B = \frac{4 - 2 \cdot 0,5}{2} + 1 \approx 3 \text{ шт.}$$

$$N_{\Sigma} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ шт.},$$

$$L_A = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ м.},$$

$$L_B = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ м.}$$

«Расчёт освещения проводится методом коэффициента использования светового потока» [14]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta_u}, \quad (8)$$

где E_n - «заданная минимальная освещенность, лк;

K_z - коэффициент запаса;

S - освещаемая площадь, м²;

Z - коэффициент неравномерности освещения;

N - общее количество светильников, шт.;

η_u - коэффициент использования светового потока, о.е.» [14].

«Индекс помещения» [14]:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}. \quad (9)$$

«Отклонение светового потока» [14]:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{ис} - \Phi}{\Phi} \cdot 100\%. \quad (10)$$

«Индекс помещения» [14]:

$$i = \frac{4,5 \cdot 4}{2,5 \cdot (4,5 + 4)} = 0,85.$$

«Световой поток лампы светильника» [14]:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 18 \cdot 1,15 \cdot 1,1}{9 \cdot 0,75} = 1012 \text{ лм.}$$

«Выбирается светодиодная LED лампа типа Philips Ecohome LED Bulb 11W E27 3000K 1PF/20RCA со стандартным световым потоком $\Phi_{ст} = 1150$ лм. Отклонение расчетного светового потока» [14]:

$$\Delta\Phi = \frac{1150 - 1012}{1012} \cdot 100 = 13,6 \, \%.$$

«Эскиз размещения источников освещения мясного цеха рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс»» [14] представлен на рисунке 2.

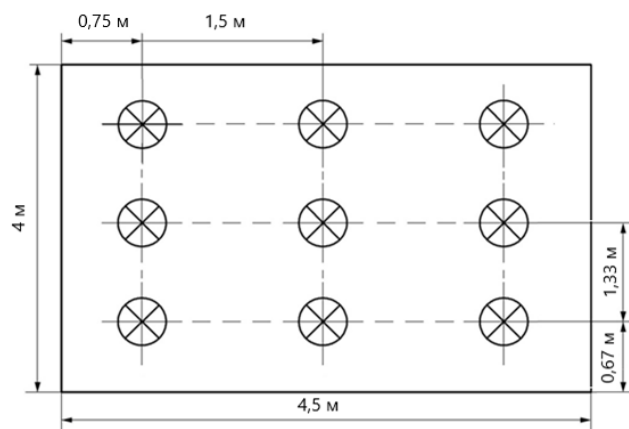


Рисунок 2 – Эскиз размещения источников освещения мясного цеха

«Расчёт освещения остальных помещений рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» выполнен аналогично, результаты приведены в таблице 2» [6].

Таблица 2 - Результаты светотехнического расчёта помещений рабочей столовой

Помещение	Тип источника света	S, м ²	Ен, лк	N _A × N _B = N _Σ , шт
1 этаж рабочей столовой				
Гостевой зал	Philips Ecohome LED Bulb 11W	240,0	200	8×8=64
Барная стойка	Philips Ecohome LED Bulb 11W	12,0	300	4×2=8
Холл	Philips Ecohome LED Bulb 11W	24,0	200	5×3=15
VIP-зал	Philips Ecohome LED Bulb 11W	27,0	200	3×3=9
Санузел	Philips Ecohome LED Bulb 11W	5,0	150	2×2=4
Горячий цех	Philips Ecohome LED Bulb 11W	24,0	300	5×3=15
Холодный цех	Philips Ecohome LED Bulb 11W	24,0	300	5×3=15
Котломоечная	Philips Ecohome LED Bulb 11W	16,0	250	4×2=8
Моечная	Philips Ecohome LED Bulb 11W	14,0	250	3×2=6
Мясной цех	Philips Ecohome LED Bulb 11W	18,0	300	3×3=9
Овощной цех	Philips Ecohome LED Bulb 11W	10,5	300	3×3=9
Загрузочная	Philips Ecohome LED Bulb 11W	9,0	300	4×2=8
Зона выдачи блюд	Philips Ecohome LED Bulb 11W	12,0	300	4×3=12
Зона кассовых аппаратов	Philips Ecohome LED Bulb 11W	9,0	300	4×2=8
2 этаж				
Раздевалка	Philips Ecohome LED Bulb 11W	16,0	200	3×2=6
Душевая	Philips Ecohome LED Bulb 11W	12,0	200	2×2=4
Коридор	Philips Ecohome LED Bulb 11W	18,0	150	2×2=4
Сан.узел	Philips Ecohome LED Bulb 11W	5,0	150	2×2=4
Склад	Philips Ecohome LED Bulb 11W	16,0	200	3×3=9
Офис	Philips Ecohome LED Bulb 11W	16,0	200	3×3=9
Всего по столовой				226

«Дополнительно принимается 0,5 кВт на наружное освещение рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» (реклама, подсветка, освещение здания, подъездов и прочие аналогичные потребители). Аварийное освещение принимается 10% от рабочего освещения. Лампы аварийного освещения выделяются из состава рабочего освещения рабочей столовой» [6].

Таким образом, расчётным путём установлено, что применение во всех помещениях рабочей столовой подвесных промышленных светильников

PHILIPS MASSIVE Hearst White под лампу Philips Ecohome LED Bulb 11W является рациональным и обоснованным решением, отвечающим требованиям современного светотехнического проектирования.

Выбор указанного типа осветительных приборов обусловлен особенностями организации пространства помещений общественного питания, необходимостью создания равномерного освещения с оптимальными параметрами светового потока, а также соответствием санитарным и эстетическим нормам.

Подвесные промышленные светильники PHILIPS MASSIVE Hearst White характеризуются конструктивной простотой и удобством монтажа, что позволяет эффективно размещать их в условиях высоких потолков, обеспечивая требуемый уровень освещённости обеденных зон и рабочих поверхностей без потери визуального комфорта.

Лампы Philips Ecohome LED Bulb 11W, используемые в данных светильниках и показанные на рисунке 3, отличаются высокими энергетическими и эксплуатационными характеристиками, низким уровнем энергопотребления и продолжительным сроком службы, что обеспечивает снижение эксплуатационных затрат на освещение.



Рисунок 3 – Лампа Philips Ecohome LED Bulb 11W

Такие лампы имеют стабильные светотехнические параметры: оптимальную цветовую температуру, близкую к естественному дневному свету, высокие показатели индекса цветопередачи, гарантирующие комфортное восприятие визуальной информации, а также минимальный уровень пульсаций светового потока, обеспечивающий безопасность для зрения сотрудников и посетителей.

Кроме того, применение подвесных промышленных светильников PHILIPS MASSIVE Hearst White с лампами Philips Ecohome LED Bulb 11W позволяет также добиться требуемой равномерности и оптимального распределения света, исключая образование резких теней и бликов, что особенно важно при организации питания, где комфортное освещение напрямую влияет на восприятие пространства и комфорт посетителей.

В условиях столовой с большой проходимостью и значительным временем эксплуатации освещения данный выбор обеспечивает надёжность и бесперебойность работы световых приборов, простоту их обслуживания и низкие эксплуатационные расходы.

Таким образом, использование подвесных промышленных светильников PHILIPS MASSIVE Hearst White с лампами Philips Ecohome LED Bulb 11W во всех помещениях объекта проектирования, является технически оправданным и экономически эффективным решением, полностью соответствующим современным стандартам освещения помещений общественного питания и способствующим созданию комфортной, безопасной и эстетически привлекательной среды в рабочей столовой предприятия.

2.3 Расчет силовых и суммарных электрических нагрузок

Далее в работе проводится отдельный расчёт силовых нагрузок на объекте исследования, включая расчёт электрических силовых нагрузок

отдельных потребителей и распределительных щитов рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» с использованием коэффициента спроса.

Известно, что расчёт электрических нагрузок силовой сети является обязательным этапом проектирования, обеспечивающим технически и экономически обоснованный подход к выбору электрооборудования и определению параметров системы электроснабжения.

Точность расчёта электрических нагрузок обеспечивает оптимальное функционирование электросети, предотвращение перегрузок, снижение потерь электроэнергии и повышение общей эксплуатационной надёжности системы электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс».

Основной целью данного расчёта является получение достоверных значений электрических нагрузок, соответствующих реальным режимам эксплуатации оборудования столовой, с учётом вероятности одновременной работы различных потребителей.

Применение коэффициента спроса позволяет учесть тот факт, что не все технологические устройства одновременно функционируют на максимальной мощности, а режим их работы определяется цикличностью и специфическими технологическими процессами в столовой.

В процессе расчёта нагрузки каждого отдельного потребителя учитываются паспортные данные оборудования, в частности номинальные значения мощности электрических плит, тепловых шкафов, холодильного оборудования, вентиляционных и климатических систем, технологических агрегатов, а также устройств для автоматизации производственных процессов столовой.

Сначала определяется установленная мощность каждого оборудования, после чего к этим значениям применяется соответствующий коэффициент спроса, отражающий степень их использования в реальных условиях работы столовой. Коэффициенты спроса устанавливаются на основе анализа режимов работы оборудования, технологического графика и функционального назначения помещений, позволяя таким образом скорректировать расчётные

нагрузки до реальных значений, которые будут наблюдаться в процессе эксплуатации.

В работе приняты эмпирические значения коэффициентов спроса оборудования, взятые из справочных источников.

С учётом этого, определяется активная нагрузка потребителей по формуле [17]:

$$P_p = P_{ном} \cdot k_c, \quad (11)$$

где « k_c – коэффициент спроса» [17].

«Реактивная нагрузка потребителей» [17]:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (12)$$

«Полная расчётная нагрузка потребителей» [17]:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (13)$$

«Расчетный ток потребителей» [17]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (14)$$

«В работе рассматривается детальный расчет силовых электрических нагрузок на примере системы автоматической пожарной сигнализации» [17] по ранее приведённым формулам (11) – (14):

$$P_p = 1,0 \cdot 1 = 1,0 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 1,0 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{1,0^2 + 0,2^2} = 1,02 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{1,02}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,57 \text{ А}.$$

Полученные результаты расчёта нагрузки системы автоматической пожарной сигнализации применяются в работе далее при выборе и проверке проводников, а также защитных и коммутационных аппаратов для данного потребителя.

Расчётные нагрузки остальных потребителей столовой определены аналогично.

На следующем этапе определяется нагрузка распределительных щитов столовой путём суммирования скорректированных нагрузок отдельных подключенных к ним потребителей с учётом коэффициента одновременности максимумов нагрузки.

Данный коэффициент отражает степень совпадения пиковых режимов работы различных групп потребителей и позволяет получить более точную оценку общей нагрузки на вводе столовой.

Применение коэффициента одновременности максимумов нагрузки, даёт возможность избежать избыточного резервирования мощности, минимизируя расходы на закупку и монтаж оборудования и повышая энергоэффективность работы всей системы электроснабжения.

При этом учитываются особенности компоновки и размещения оборудования, а также режимы работы групп потребителей, питаемых от конкретного щита.

Указанный подход позволяет получить точную картину распределения нагрузки по сети и выявить зоны возможного превышения допустимых параметров, что имеет важное значение для надёжной работы электросистемы.

Таким образом, суммарные расчётные нагрузки соответствующих распределительных щитов, определяются суммой нагрузок их оборудования с учётом одновременности максимума нагрузки [15]:

$$P_{P.Щ} = K_o \cdot \sum_{i=1}^n P_P, \quad (15)$$

$$Q_{P.Щ} = K_o \cdot \sum_{i=1}^n Q_P, \quad (16)$$

$$S_{P.Щ} = \sqrt{P_{P.Щ}^2 + Q_{P.Щ}^2}, \quad (17)$$

$$I_{P.Щ} = \frac{S_{P.Щ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (18)$$

где K_o – «коэффициент одновременности максимума нагрузки, о.е.» [15].

Суммарная расчётная нагрузка столовой, включающая силовые нагрузки потребителей и распределительных щитов, а также ранее рассчитанные значения рабочего и аварийного освещения, определяются при помощи метода сложения соответствующих видов нагрузки (силовой и осветительной):

$$P_{P.Σ} = \sum_{i=1}^n (P_{P.Щ} + P_{P.O}), \quad (19)$$

$$Q_{P.Σ} = \sum_{i=1}^n (Q_{P.Щ} + Q_{P.O}), \quad (20)$$

$$S_{P.Σ} = \sqrt{P_{P.Σ}^2 + Q_{P.Σ}^2}, \quad (21)$$

$$I_{P.Σ} = \frac{S_{P.Σ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (22)$$

Полученные результаты расчёта силовых электрических нагрузок отдельных групп потребителей и распределительных щитов напряжением 0,38/0,22 кВ, а также суммарной электрической нагрузки рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» с учётом освещения, представлены в работе в форме таблицы 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта силовых электрических нагрузок потребителей и распределительных щитов, а также суммарной электрической нагрузки рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» с учётом освещения

Наименование распределительного щита и потребителей, питающихся от него	$P_{ном},$ кВт	Кол- во	$P_{\Sigma},$ кВт	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВА	$I_p,$ А
ЩТО (щит силовой технологического оборудования)							
Кассовое оборудование	2	6	12	4,8	1,58	5,05	7,77
Холодильная камера	1,5	2	3	2,1	1,85	2,80	4,31
Посудомойка	10,75	1	10,8	7,53	3,64	8,36	12,86
Плита	12,5	2	25	17,5	5,75	18,42	28,34
Гриль	4,5	1	4,5	3,15	1,04	3,32	5,11
Пароконвектомат	12,5	1	12,5	8,75	4,24	9,72	14,95
Расстоечный шкаф	2,53	1	2,53	1,771	0,58	1,86	2,86
Оборудование кухни	2	7	14	9,8	3,22	10,32	15,88
Всего по ЩТО	-	21	84,33	49,9	19,7	53,7	82,5
ЩБО (щит барного оборудования)							
Система автоматической пожарной сигнализации	1	1	1	1	0,20	1,02	1,57
Видеонаблюдение	0,5	1	0,5	0,5	0,10	0,51	0,78
Локальная сеть (СКС)	0,5	1	0,5	0,5	0,10	0,51	0,78
Барное оборудование	11,5	1	11,5	7,774	3,07	8,36	12,86
Всего по ЩБО	-	4	13,5	8,8	3,1	9,34	14,4
ЩВК (щит силовой вентиляции и кондиционирования)							
Тепловые завесы	4	3	12	10,8	6,69	12,71	19,55
Нагреватели (П1, П2)	30	2	60	48	15,78	50,53	77,74
Вентиляционные системы	7,5	1	7,5	6	5,29	8,00	12,31
Кондиционеры	4,72	2	9,44	4,72	4,15	6,28	9,67
Всего по ЩВК	-	8	88,94	62,6	28,7	68,9	105,9
ЩРС (щит розеточных сетей)							
Розеточные сети гостевого зала	6,5	1	6,5	6,5	2,14	6,84	10,52
Бойлер	3	1	3	3	0,99	3,16	4,86
Полотенцесушитель	2	1	2	0,8	0,26	0,84	1,29
Розетки в зоне выдачи блюд	2	2	4	2,8	0,92	2,95	4,54
Розетки второго этажа	2	5	10	7	2,30	7,37	11,34
Всего по ЩРС	-	10	25,5	18,1	5,9	19,1	29,3
Рабочее освещение	2,92	1	2,92	2,92	0,58	2,98	4,58
Аварийное освещение	0,29	1	0,29	0,29	0,06	0,30	0,46
Всего по столовой	-	-	-	142,6	58,4	154,1	237,1

Результаты расчёта силовых электрических нагрузок потребителей и распределительных щитов, а также суммарной электрической нагрузки рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» с учётом освещения, применяются в работе далее при выборе и проверке всех технических решений на объекте проектирования.

Выводы по разделу.

В результате выбора схемных решений в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», были приняты следующие технические решения, обеспечивающие требуемые условия для данного потребителя III категории надежности:

- для приёма электроэнергии от системы электроснабжения указанного предприятия, на территории столовой устанавливается ГРЩ, получающий питание одной кабельной линией напряжением 0,38/0,22 кВ от ТП 10/0,4 кВ данной организации, образуя питающую сеть наружного электроснабжения столовой;
- питающая сеть внутреннего электроснабжения столовой формируется четырьмя силовыми распределительными щитами, расположенными в непосредственной близости от ГРЩ столовой, от которого они получают питание по радиальной схеме без наличия резервирования, что характерно для питания потребителей, относящихся к III категории надежности;
- распределительная сеть внутреннего электроснабжения столовой, включает совокупность однофазных потребителей сети 0,22 кВ, получающих питание от силовых распределительных щитов в зависимости от групповой принадлежности;
- осветительная сеть столовой состоит из рабочего и аварийного освещения с соответствующими отдельными щитками.

Таким образом, все схемные решения, принятые в работе для проектируемой системы электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», которая относится к III категории надежности, соответствуют требованиям нормативных документов по надёжности, безопасности и экономичности.

Проведены расчёты максимальной нагрузки в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс»:

- осветительной нагрузки помещений;
- силовой нагрузки отдельных потребителей с учётом количества их однотипных групп;
- силовой нагрузки распределительных щитов;
- суммарной нагрузки всей системы электроснабжения столовой.

Полученные результаты расчёта электрических нагрузок позволяют сформировать уточнённую нагрузочную модель системы электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», а также дают основание для дальнейшего выбора рациональных сечений кабельных линий, электрических аппаратов, мощности трансформаторов на питающей ТП 10/0,4 кВ объекта исследования.

3 Выбор и проверка силового оборудования в системе электроснабжения столовой

3.1 Выбор и проверка силового трансформатора на питающей подстанции

Выбор номинальной мощности силового трансформатора питающей подстанции ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой с проверкой на допустимую нагрузочную способность является важнейшей задачей, направленной на обеспечение надёжного функционирования энергосистемы и предотвращение аварийных ситуаций на объекте.

Как было указано в работе ранее, объект проектирования относится к III категории надёжности, в связи с чем на питающей ТП 10/0,4 кВ необходимо и достаточно установить один силовой трансформатор.

Выбор номинальной мощности силового трансформатора питающей трансформаторной подстанции ТП 10/0,4 кВ для системы электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс» является ответственным этапом проектирования, обеспечивающим надёжное и качественное энергоснабжение объекта в соответствии с установленными нормативными требованиями.

Учитывая, что рабочая столовая относится к III категории надёжности электроснабжения, допускается электроснабжение объекта от одного трансформатора без резервирования. Данное обстоятельство определяет подход к выбору трансформатора, который заключается в необходимости обеспечения его оптимальной загрузки в нормальном режиме эксплуатации, без обязательной проверки на послеаварийные перегрузки, поскольку резервирование источника питания не предусмотрено.

Расчёт номинальной мощности трансформатора основывается на данных о суммарной расчётной электрической нагрузке столовой, полученной ранее с применением коэффициентов спроса и коэффициентов максимума нагрузки.

На основе этих расчётных значений нагрузки определяется номинальная мощность трансформатора, способная обеспечить непрерывную и устойчивую работу всех электрических устройств, включая оборудование кухни, системы вентиляции и кондиционирования, холодильные агрегаты, а также системы освещения и вспомогательные технологические устройства. При этом для корректного выбора трансформатора принимаются во внимание не только установленные номинальные показатели нагрузки, но и возможные кратковременные пиковые режимы, возникающие в ходе эксплуатации столовой, что позволяет избежать нежелательных перегрузок и продлить срок службы трансформатора.

«Таким образом, номинальная мощность трансформатора для установки на питающей ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой» [20]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\Sigma}}{N \cdot \beta_{\text{т}}}, \quad (23)$$

где $\sum_{i=1}^n P_{\Sigma}$ – «суммарная активная нагрузка объектов ТП-10/0,4 кВ, кВт;

N – количество трансформаторов ТП, шт.;

$\beta_{\text{т}}$ – нормируемое значение коэффициента активной загрузки трансформаторов на ТП» [20].

«Мощность трансформаторов для установки на питающей ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой по формуле (23)» [20]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{142,6}{1 \cdot 0,8} = 178,25 \text{ кВА}.$$

Исходя из результатов расчёта, в связи с увеличением нагрузки и перерасчётом расчётных параметров, на питающей ТП 10/0,4 кВ системы

электроснабжения столовой, предварительно выбран силовой трансформатор марки ТМГ-250/10.

Важным фактором при выборе трансформатора является его загрузка в нормальном режиме эксплуатации, оптимальное значение которой согласно рекомендациям и нормативным документам должно составлять от 60 до 80 % от номинальной мощности. Указанный диапазон обеспечивает необходимый запас мощности для кратковременных колебаний нагрузки и возможного роста потребления электроэнергии в перспективе. Загрузка трансформатора ниже рекомендуемого уровня является экономически нецелесообразной из-за неоправданно высоких эксплуатационных затрат, в то время как загрузка выше допустимой может привести к ускоренному износу оборудования и рискам аварийного отключения объекта.

С учётом приведённых факторов, после выбора номинальной мощности проводится обязательная проверка соответствия трансформатора требованиям оптимальной загрузки. Данная проверка выполняется путём сопоставления расчётной полной мощности столовой с номинальной мощностью выбранного трансформатора.

Если полученная загрузка соответствует нормативным диапазонам, подтверждается правильность выбранной мощности трансформатора, а значит обеспечивается достаточный уровень надёжности и безопасности энергоснабжения столовой.

Данная проверка проводится по следующему условию [3]:

$$K_{з.н} = \frac{0,5 \cdot S_{P.\Sigma}}{S_{ном.т}} \leq 0,8. \quad (24)$$

Условие проверки по формуле (24) выполняется:

$$K_{з.н} = \frac{154,1}{250} = 0,62 \leq 0,8.$$

Таким образом, на питающей ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой окончательно принят к установке один силовой трансформатор марки ТМГ-250/10.

Показано, что данный трансформатор рационально выбран по номинальной мощности и проверен по нагрузочной способности в нормальном режиме, что обеспечит надёжную и стабильную работу системы электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс» при оптимальной загрузке в нормальном эксплуатационном режиме, полностью удовлетворяя требованиям нормативных документов, регламентирующих электроснабжение объектов III категории надёжности без дополнительного резервирования.

3.2 Расчёт токов короткого замыкания

Известно, что расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения проектируемой столовой выполняется с целью определения уровней токов аварийного режима, на основании которых осуществляется выбор и проверка коммутационных и защитных аппаратов, кабельных линий и прочего оборудования.

Первоначальным этапом расчёта является построение расчётной схемы, упрощённо отражающей топологию системы электроснабжения после проведения её реконструкции.

В схеме отображаются все основные элементы и их характеристики: силовой трансформатор питающей ТП 10/0,4 кВ, параметры питающей энергосистемы, питающие и отходящие линии, а также точки, в которых предполагается проведение расчёта токов короткого замыкания.

Исходная упрощённая схема для расчёта токов КЗ представлена в работе на рисунке 4.

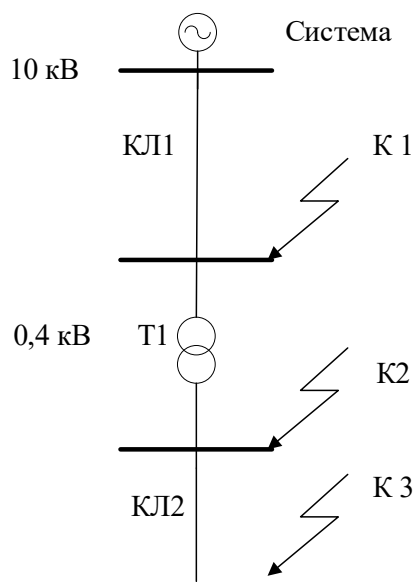


Рисунок 4 – Исходная упрощённая схема для расчёта токов КЗ

На схеме рисунка 4, определены расчётные точки, в которых планируется провести расчёт токов КЗ и ударных токов:

- точка К1 – выводы 10 кВ силового трансформатора питающей ТП-10/0,4 кВ;
- точка К2 – выводы 0,4 кВ силового трансформатора питающей ТП-10/0,4 кВ;
- точка К3 – выводы 0,4 кВ ШРЩ 0,4 кВ столовой.

Такая расстановка расчётных точек на исходной схеме, позволит провести расчёт максимальных значений аварийных токов короткого замыкания в сетях 10 кВ и 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс».

После построения расчётной схемы, составляется эквивалентная схема замещения, представленная на рисунке 5.

В данной схеме замещения, каждый элемент расчётной схемы заменяется соответствующим сопротивлением.

При этом расчётные точки КЗ переносятся на схему замещения без изменения их расположения.

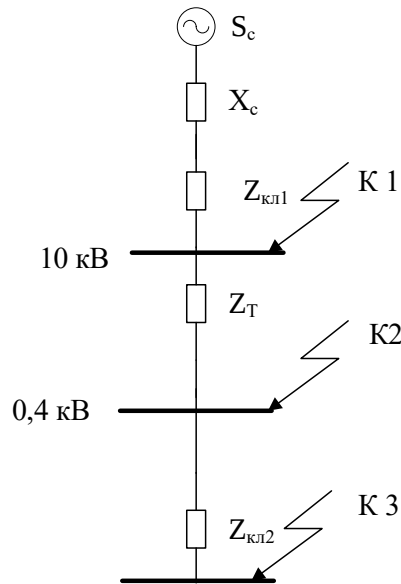


Рисунок 5 – Исходная схема замещения для расчёта токов КЗ

Далее производится расчёт параметров схемы замещения. На данном этапе определяются активные и индуктивные сопротивления трансформаторов, линий электропередачи, а также энергосистемы. На конечном этапе определяются полные сопротивления элементов.

Расчёты проводятся в именованных единицах. В качестве базисного напряжения принимается высшее напряжение силового трансформатора питающей ТП 10/0,4 кВ, равное 10,5 кВ в максимальном режиме.

«Сопротивление энергосистемы (на напряжение 10 кВ)» [13]:

$$X_c = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot I_{к.макс}^{(3)}}, \quad (25)$$

«Обобщённое сопротивление энергосистемы по формуле (25)» [13]:

$$X_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,5} = 4,04 \text{ Ом.}$$

«Сопротивление кабельных линий» [13]:

$$R_{кл} = r_{уд} \cdot L, \quad (26)$$

$$X_{кл} = x_{уд} \cdot L, \quad (27)$$

где « $r_{уд}$, $x_{уд}$ - удельные сопротивления линии, Ом/км;

L - суммарная длина линии, км» [13].

Для питающей кабельной линии 10 кВ КЛ1 по формулам (26) и (27):

$$R_{кл1} = 0,46 \cdot 6 = 2,76 \text{ Ом},$$

$$X_{кл1} = 0,4 \cdot 6 = 2,4 \text{ Ом}.$$

Для кабельной линии 0,4 кВ КЛ2 по формулам (26) и (27):

$$R_{кл2} = 0,62 \cdot 0,15 = 0,09 \text{ Ом},$$

$$X_{кл2} = 0,09 \cdot 0,15 = 0,014 \text{ Ом}.$$

«Активное сопротивление трансформатора питающей ТП 10/0,4 кВ»
[13]:

$$R_{m.n} = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_n^2}{S_{ном.т.}^2}, \quad (28)$$

$$R_{m.n} = \frac{3900 \cdot 10,5^2}{250^2} = 6,88 \text{ Ом}.$$

«Индуктивное сопротивление трансформатора питающей ТП 10/0,4 кВ»
[13]:

$$X_{m.n} = \frac{U_{\kappa.\%} \cdot U_n^2}{100 \cdot S_{ном.т.}^2}, \quad (29)$$

$$X_{m.n} = \frac{10 \cdot 10,5^2}{100 \cdot 0,25^2} = 176,4 \text{ Ом.}$$

Следующий этап заключается в упрощении схемы замещения путём последовательного и параллельного соединения сопротивлений, с целью свести её к эквивалентной форме, позволяющей определить результирующее сопротивление к точке короткого замыкания.

Для каждой расчётной точки определяется общее приведённое сопротивление всей сети.

Полное сопротивление цепи КЗ до расчётной точки К1 [13]:

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(X_c + X_{KL1})^2 + R_{KL1}^2}, \quad (30)$$

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(4,04 + 2,4)^2 + 2,76^2} = 7,01 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление цепи КЗ до расчётной точки К2 [13]:

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{(X_c + X_{KL1} + X_T)^2 + (R_{KL1} + R_T)^2}, \quad (31)$$

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{(4,04 + 2,4 + 176,4)^2 + (2,76 + 6,88)^2} = 183,09 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление цепи КЗ до расчётной точки К3 [13]:

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{(X_c + X_{KL1} + X_T + X_{KL2})^2 + (R_{KL1} + R_T + R_{KL2})^2}, \quad (32)$$

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{(4,04 + 2,4 + 176,4 + 0,014)^2 + (2,76 + 6,88 + 0,09)^2} = 185,12 \text{ Ом.}$$

После нахождения результирующих сопротивлений выполняется непосредственный расчёт токов короткого замыкания.

Для этого применяются классические выражения, основанные на законе Ома для цепей переменного тока, где ток короткого замыкания определяется

как отношение номинального фазного напряжения к модулю результирующего сопротивления.

При этом расчёт проводится для трёхфазного короткого замыкания, так как он считается максимальным.

«Ток трехфазного короткого замыкания» [13]:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}, A, \quad (33)$$

«Ток трехфазного короткого замыкания в расчётной точке К1» [13]:

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 7,01} = 0,86 \text{ кА}.$$

«Ток трехфазного короткого замыкания в расчётных точках К2 и К3 рассчитывается с учётом того, что данная точка не находится на основной ступени напряжения, следовательно, полученный результат умножается на квадрат коэффициента трансформации» [13]:

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 183,09} \cdot \left(\frac{10,5}{0,4}\right)^2 = 0,87 \text{ кА},$$

$$I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 185,12} \cdot \left(\frac{10,5}{0,4}\right)^2 = 0,86 \text{ кА}.$$

На заключительном этапе рассчитываются ударные токи, определяющие механическое и термическое воздействие на оборудование в первые секунды после возникновения короткого замыкания.

Ударный ток трёхфазного КЗ является важнейшим параметром при проверке электродинамической стойкости элементов сети, в том числе аппаратов защиты и коммутации.

Ударный ток определяется с использованием нормативного ударного коэффициента, учитывающего асимметрию начального периода тока и переходный процесс в системе [13]:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{уд} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \text{ кА}, \quad (34)$$

где « $\kappa_{уд}$ » – ударный коэффициент тока короткого замыкания» [13].

«Значение ударного тока в расчётных точках схемы замещения по формуле (34)» [13]:

$$i_{уд.к1} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 0,86 = 1,7 \text{ кА},$$

$$i_{уд.к1} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 1,23 \text{ кА},$$

$$i_{уд.к1} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 0,86 = 1,21 \text{ кА}.$$

Результаты расчётов токов КЗ приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчётов токов трёхфазного КЗ

Параметр, единица измерения	Точка КЗ		
	К1 (10 кВ)	К2 (0,4 кВ)	КЗ (0,4 кВ)
$I_{\kappa}^{(3)}$, кА	0,86	0,87	0,86
$i_{уд}$, кА	1,70	1,23	1,21

Таким образом, расчёт токов короткого замыкания включает в себя строго последовательный и взаимосвязанный комплекс инженерных операций, обеспечивающих достоверность результатов и позволяющих сформировать технически обоснованные решения при проектировании защитных и коммутационных устройств системы электроснабжения проектируемой столовой.

Полученные в результате расчёта токов короткого замыкания данные являются основополагающими при выборе оборудования электрических установок в работе далее.

3.3 Выбор и проверка проводников

Исходя из выбранных ранее схемных решений, обеспечивающих условия надёжности и экономичности в проектируемой системе электроснабжения столовой, в работе планируется осуществить выбор следующих проводников:

- питающей линии напряжением 10 кВ для обеспечения питания силового трансформатора марки ТМГ-250/10 питающей ТП 10/0,4 кВ столовой от РП 10 кВ предприятия;
- питающей линии внешней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания ГРЩ 0,4 кВ от шин РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ;
- питающей линии внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания распределительных щитов от ГРЩ 0,4 кВ;
- распределительных линий внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания отдельных потребителей и их групп от распределительных щитов.

Для решения поставленной задачи, с целью обеспечения надёжного электроснабжения потребителей рабочей столовой ООО «Стелс», в работе предлагается выбрать и проверить силовые кабели следующих марок:

- на питающей линии напряжением 10 кВ для обеспечения питания силового трансформатора марки ТМГ-250/10 ТП 10/0,4 кВ столовой от РП 10 кВ предприятия, предлагается проверить возможность применения силового кабеля марки АСБ-10, проложенных в земляной траншее [1];
- на питающей линии внешней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания ГРЩ 0,4 кВ от шин РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ, предлагается выбрать современный

пятижильный силовой кабель марки ВВГнг-LS, проложенный в земляной траншее [4];

- на питающей линии внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания распределительных щитов от ГРЩ 0,4 кВ, а также распределительных линий внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания отдельных потребителей и их групп от распределительных щитов, предлагается применить современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS, проложенные в закрытых кабельных каналах [4].

Проводится обоснование принятых решений.

Выбор силовых кабелей для обеспечения надёжного и безопасного электроснабжения потребителей рабочей столовой ООО «Стелс» производится на основе комплексного анализа требований нормативно-технической документации, условий эксплуатации и специфики объекта проектирования.

Для линии напряжением 10 кВ, обеспечивающей питание трансформатора марки ТМГ-250/10 питающей трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ, проверяется возможность использования силового кабеля марки АСБ-10 с алюминиевыми жилами и бумажной пропитанной изоляцией.

Кабели данного типа традиционно используются для наружных прокладок в земляных траншеях, благодаря высокой надёжности и устойчивости к внешним воздействиям, таким как механические повреждения, перепады температур, а также прочие агрессивные условия среды.

Применение кабеля АСБ-10, конструкция которого представлена на рисунке 6, позволяет обеспечить необходимый уровень электрической прочности, защиту от влаги и механическую прочность, а также надёжность работы на длительный период эксплуатации при условии качественной прокладки и соблюдении всех нормативных требований к глубине траншеи и защитным мероприятиям.



Рисунок 6 – Кабель АСБ-10

На питающей линии внешней системы электроснабжения напряжением 0,38/0,22 кВ, соединяющей шины распределительного устройства питающей трансформаторной подстанции с главным распределительным щитом столовой, обосновано применение современного пятижильного силового кабеля марки ВВГнг-LS.

Кабели данного типа характеризуются высоким уровнем пожарной безопасности за счёт пониженного выделения дыма и отсутствия распространения горения, что особенно важно при использовании на объектах общественного питания с высокой плотностью посетителей и персонала.

Кабели марки ВВГнг-LS обладают отличными эксплуатационными характеристиками: высокой стойкостью к механическим нагрузкам, стабильными электрическими параметрами в процессе длительной эксплуатации и удобством монтажа, что в совокупности делает их оптимальным выбором для внешних линий питания, прокладываемых в земляных траншеях.

Внутренняя система электроснабжения столовой, включающая линии питания распределительных щитов от главного распределительного щита, а также линии питания отдельных групп потребителей, также выполнена с применением пятижильных силовых кабелей марки ВВГнг-LS.

Для внутренней прокладки кабелей в закрытых кабельных каналах важным критерием является высокая степень пожарной безопасности, низкое дымовыделение и отсутствие выделения токсичных продуктов при горении, что обеспечивается именно указанной маркой кабеля.

Конструкция кабелей ВВГнг-LS, представленных на рисунке 7, позволяет выполнять безопасную и компактную прокладку в закрытые кабельные каналы, при этом соблюдаются нормативные требования по тепловому режиму эксплуатации, электромагнитной совместимости и надёжности соединений.



Рисунок 7 – Кабель ВВГнг-LS

Таким образом, выбранные марки кабелей АСБ-10 для линии 10 кВ и ВВГнг-LS для внешних и внутренних сетей 0,38/0,22 кВ, а также способы их прокладки, полностью соответствуют предъявляемым нормативным и техническим требованиям, обеспечивают высокую степень надёжности, пожарной безопасности и долговечности, способствуют экономичности и удобству обслуживания всей системы электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс».

«Проводится выбора сечения кабеля 10 кВ, который питает ТП 10/0,4 кВ столовой от РП 10 кВ предприятия, по экономической плотности тока» [12]:

$$F_9 = \frac{I_{p.}}{j_9}, \quad (35)$$

где « j_9 – экономическая плотность тока, А/мм²» [12].

Расчётный ток нормального режима на стороне ТП 10/0,4 кВ столовой определяется номинальным током силового трансформатора:

$$I_{p.} = \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}}. \quad (36)$$

Ток нормального режима на стороне 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ столовой по формуле (36):

$$I_{p.} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,45 \text{ A.}$$

Выбор кабеля 10 кВ по экономической плотности тока по формуле (35):

$$F_3 = \frac{14,45}{1,4} = 10,32 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение кабеля – 16 мм², что соответствует стандартному сечению силового кабеля марки АСБ-10 (3×16) с предельным допустимым током 74 А.

«Проверка кабеля в нормальном режиме» [5]:

$$I_{дон} \geq I_{p.}, \quad (37)$$

где « $I_{дон}$ – предельное допустимое значение тока проводника, А» [5].

Проверка по формуле (37) выполняется:

$$74 \text{ A} \geq 14,45 \text{ A.}$$

Проверка кабеля в послеаварийном режиме не проводится, так как резервирование в схеме электроснабжения питающей сети 10 кВ столовой не предусмотрено. Результаты выбора сечения кабельных линий системы электроснабжения столовой представлены в таблице 5.

По условиям селективности, минимально-допустимое сечение кабелей распределительной сети 0,4 кВ должно быть не менее 4 мм², что учтено при выборе.

Таблица 5 – Результаты выбора сечения кабельных линий системы электроснабжения столовой

Наименование кабельной линии	I_p , А	Параметры выбранного кабеля	
		Марка	$I_{доп}$, А
Питающая сеть 10 кВ			
РП 10 кВ – Т1 ТП 10/0,4 кВ	14,45	АСБ-10 (3×16)	74,0
Внешняя питающая сеть 0,4 кВ			
РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ – ГРЩ 0,4 кВ	237,1	ВВГнг-LS 5×95	242,0
Внутренняя питающая сеть 0,4 кВ			
ГРЩ 0,4 кВ – ЩТО	82,5	ВВГнг-LS 5×25	104,0
ГРЩ 0,4 кВ – ЩБО	14,4	ВВГнг-LS 5×4	32,0
ГРЩ 0,4 кВ – ЩВК	105,9	ВВГнг-LS 5×35	127,0
ГРЩ 0,4 кВ – ЩРС	29,3	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Распределительная сеть 0,4 кВ			
Кассовое оборудование	7,77	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Холодильная камера	4,31	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Посудомойка	12,86	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Плита	28,34	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Гриль	5,11	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Пароконвектомат	14,95	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Расстоечный шкаф	2,86	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Оборудование кухни	15,88	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Система автоматической пожарной сигнализации	1,57	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Видеонаблюдение	0,78	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Локальная сеть (СКС)	0,78	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Барное оборудование	12,86	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Тепловые завесы	19,55	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Нагреватели (П1, П2)	77,74	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Вентиляционные системы	12,31	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Кондиционеры	9,67	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Розеточные сети гостевого зала	10,52	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Бойлер	4,86	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Полотенцесушитель	1,29	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Розетки в зоне выдачи блюд	4,54	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Розетки второго этажа	11,34	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Рабочее освещение	4,58	ВВГнг-LS 5×4	32,0
Аварийное освещение	0,46	ВВГнг-LS 5×4	32,0

Таким образом, с целью обеспечения надёжного электроснабжения потребителей рабочей столовой ООО «Стелс», в работе выбраны и проверены силовые кабели следующих марок:

- на питающей линии напряжением 10 кВ для обеспечения питания силового трансформатора марки ТМГ-250/10 ТП 10/0,4 кВ столовой

- от РП 10 кВ предприятия, выбран силовой кабель марки АСБ-10 (3×16), проложенный в земляной траншее;
- на питающей линии внешней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания ГРЩ 0,4 кВ от шин РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ, выбран современный пятижильный силовой кабель марки ВВГнг-LS 5×95, проложенный в земляной траншее;
 - на питающей линии внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания распределительных щитов от ГРЩ 0,4 кВ, а также распределительных линий внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания отдельных потребителей и их групп от распределительных щитов, выбраны современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS разных сечений, проложенные в закрытых кабельных каналах.

3.4 Выбор конструктивного выполнения электроустановок

В проектируемой системе электроснабжения столовой необходимо применять современные типы электроустановок.

Исходя из этого, в результате разработки системы электроснабжения столовой, выбраны следующие типы и марки электроустановок:

- в качестве питающей ТП 10/0,4 кВ столовой, предлагается применить блочную комплектную трансформаторную подстанцию (БКТП) с одним силовым трансформатором марки ТМГ-250/10, выбранным для применения на объекте ранее [2];
- в качестве ГРЩ 0,4 кВ, а также РЩ 0,4 кВ столовой, выбраны шкафы распределительные низкого напряжения ШРНН, укомплектованные автоматическими воздушными выключателями [19].

Далее проводится аргументация и обоснование выбранных типов и марок данных электроустановок.

Выбор БКТП с одним силовым трансформатором марки ТМГ-250/10 в качестве питающей ТП 10/0,4 кВ столовой, внешний вид которой представлен на рисунке 8, является оправданным решением ввиду сочетания ряда важных эксплуатационных, технических и экономических факторов.



Рисунок 8 – Конструктивное выполнение БКТП 10/0,4 кВ

Выбор блочной комплектной трансформаторной подстанции (БКТП) с одним силовым трансформатором марки ТМГ-250/10 для питающей трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ столовой является рациональным и технически обоснованным решением, продиктованным спецификой объекта и действующими нормативными требованиями.

Применение БКТП в качестве питающей установки обусловлено целесообразностью сокращения времени монтажных и пуско-наладочных работ, так как такие подстанции представляют собой заранее изготовленные и проверенные заводские изделия, полностью готовые к эксплуатации. Блочная конструкция обеспечивает минимальные трудозатраты при строительстве, компактное размещение оборудования на территории предприятия, удобство обслуживания и эксплуатации.

Силовой трансформатор марки ТМГ-250/10, входящий в состав блочной комплектной подстанции, характеризуется высокими показателями

эффективности, низкими потерями холостого хода и нагрузки, а также увеличенным сроком службы при минимальном обслуживании.

Использование трансформатора с указанной мощностью позволяет обеспечить оптимальную загрузку электрооборудования в нормальном режиме эксплуатации, избегая излишнего резервирования мощности и, следовательно, дополнительных экономических затрат. Так как столовая относится к объектам III категории надёжности электроснабжения, одного трансформатора достаточно для покрытия всех потребностей в электроснабжении без необходимости резервного источника питания.

В качестве главного распределительного щита (ГРЩ 0,4 кВ), а также распределительных щитов (РЩ 0,4 кВ) внутри столовой выбраны современные шкафы распределительные низкого напряжения ШРНН, оснащённые автоматическими воздушными выключателями. Внешний вид и компоновка панелей данных шкафов представлены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Шкаф распределительный низкого напряжения серии ШРНН

Применение таких шкафов позволяет обеспечить надёжную и безопасную работу сети благодаря высокой коммутационной способности и

функциональности воздушных выключателей, способных эффективно защищать электрооборудование от токов короткого замыкания и перегрузок.

Автоматические воздушные выключатели характеризуются широким диапазоном регулировок защитных уставок, что способствует точной настройке селективности между различными уровнями распределения, тем самым минимизируя последствия аварийных режимов и обеспечивая бесперебойность электроснабжения наиболее важных потребителей столовой.

Кроме того, ШРНН отличаются удобством монтажа, компактностью размещения аппаратуры и простотой технического обслуживания. Они отвечают современным стандартам безопасности, пожаробезопасности и энергоэффективности, что является крайне важным для помещений общественного питания с высоким уровнем эксплуатационных требований.

Внедрение данных моделей распределительных шкафов ШПНН в составе системы электроснабжения столовой обеспечивает эффективное управление электрическими нагрузками, оперативность переключений, а также удобство учёта и контроля электроэнергетических параметров.

Таким образом, использование блочной комплектной трансформаторной подстанции с трансформатором ТМГ-250/10 и шкафов распределительных низкого напряжения ШРНН с воздушными автоматическими выключателями представляет собой оптимальное техническое решение, полностью соответствующее современным требованиям надёжности, безопасности, удобства эксплуатации и экономической целесообразности, необходимым для обеспечения стабильного электроснабжения столовой ООО «Стелс».

Далее в работе проводится выбор рациональной компоновки электрическими аппаратами выбранных модификаций электроустановок.

Все электрические аппараты должны быть проверены по условиям установки в системе электроснабжения столовой с целью обеспечения надёжности и безопасности принятых решений.

3.5 Выбор электрических аппаратов

Далее в работе проводится выбор и проверка электрических аппаратов с учетом рассчитанных ранее расчётных параметров системы электроснабжения столовой.

Все электрические аппараты выбираются и проверяются по условиям установки в соответствующих распределительных устройствах столовой напряжением 10 кВ и 0,4 кВ, включая их оценку климатических и эксплуатационных факторов, расчётных токов короткого замыкания и возможных перегрузок токами электроустановок.

Такие виды проверок являются важным завершающим шагом в обосновании принятых технических решений, исключающим вероятность отказов и обеспечивающим повышенную надёжность, соответствующую требованиям к объектам критической инфраструктуры.

Ранее в работе были выбраны типы и марки электроустановок для применения на объекте исследования. Проводится их компоновка электрическими аппаратами.

Выбор аппаратов проводится по методике и справочникам [6].

Для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ типа БКТП, выбираются и проверяются на соответствие расчётных параметров системы электроснабжения столовой, следующие коммутационные и защитные аппараты:

- выключатели нагрузки – 1 единица;
- предохранители – 3 единицы.

Максимальный расчётный ток на стороне 10 кВ рассчитан в работе ранее и равен рабочему току нормального режима трансформатора подстанции 10/0,4 кВ на стороне высшего напряжения.

Результаты выбора и проверки оборудования для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой, представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты выбора оборудования для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой

Наименование и место установки аппарата	Условие выбора	Расчетные данные сети	Паспортные технические данные
Выключатели нагрузки марки ВНА СЭЩ 80-10/630-20	$U_{сети} \leq U_{ном}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{max} \leq I_{ном}$	$I_{max} = 14,45 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 1,70 \text{ кА}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$B_K = 0,86^2 \cdot 3 = 2,22 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2\text{с}$
Предохранители марки ПКТ-101-10-25-31,5-УЗ-КЭАЗ	$U_{сети} \leq U_{ном}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
	$1,5I_{ном.т} \leq I_{ном.вст}$	$1,5I_{ном.т} = 1,5 \times 14,45 = 21,68 \text{ А}$	$I_{ном.вст} = 25 \text{ А}$
	$I_{ном.п} \geq I_{ном.вст}$	$I_{ном.п} = 100 \text{ А}$	$I_{ном.вст} = 25 \text{ А}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$B_K = 0,86^2 \cdot 3 = 2,22 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 31,5^2 \cdot 3 = 2976,75 \text{ кА}^2\text{с}$

Таким образом, для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой, выбраны и проверены выключатель нагрузки марки ВНА СЭЩ 80-10/630-20 и предохранители марки ПКТ-101-10-25-31,5-УЗ-КЭАЗ.

Далее в работе проводится выбор автоматических выключателей для установки в распределительных устройствах напряжением 0,4 кВ объекта исследования.

Ранее в работе было установлено, что РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ, а также в ГРЩ 0,4 кВ и РЩ 0,4 кВ питающей и распределительной сетей столовой должны быть укомплектованы автоматическими выключателями (автоматами) отечественной серии ВА.

Проводится их непосредственный выбор и проверка.

Номинальные токи автомата, а также, соответственно, уставки теплового и электромагнитного расцепителей автомата выбираются, исходя из следующих условий [6]:

$$I_{ном.а} \geq I_{р.}, \quad (38)$$

$$I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_{р.}, \quad (39)$$

$$I_{у.э.р} \geq K_{то} \cdot I_{р} \geq I_{к}, \quad (40)$$

где $I_{у.т.р.}$, $I_{у.э.р.}$ – «соответственно, токи уставки теплового и электромагнитного расцепителей автомата, А;
 $K_{то}$ – коэффициент токовой отсечки, о.е.;
 $I_{к}$ – значение трёхфазного тока КЗ, А» [6].

«В случае, если автоматический выключатель выполнен с регулируемым электромагнитным расцепителем, зависящим от тока уставки теплового расцепителя» [6]:

$$I_{у.э.р} \geq K \cdot I_{у.т.р.}, \quad (41)$$

где « K – кратность тока уставки электромагнитного расцепителя» [11].

«Выбор автоматических выключателей проводится по условиям (38) – (41) на примере вводного автомата питающей ТП 10/0,4 кВ. Номинальные значения тока автомата, а также токов уставок его расцепителей» [6]:

$$I_{ном.а} = 630 \text{ А} \geq I_{р.} = 1,4 \cdot 384,6 = 538,5 \text{ А},$$

$$I_{у.т.р} = 630 \text{ А} \geq 1,1 \cdot 538,5 = 592,35 \text{ А},$$

$$I_{у.э.р} = 1890 \text{ А} = 3 \cdot 630 = 1890 \text{ А}.$$

Для применения в качестве автомата ввода на питающей ТП 10/0,4 кВ, выбран автомат марки ВА 57-39 с $I_{ном.а} = 630 \text{ А}$, $I_{у.т.р.} = 630 \text{ А}$, $I_{у.э.р.} = 1890 \text{ А}$.

Результаты выбора остальных автоматических выключателей 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения столовой осуществлён аналогично и результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты выбора автоматических выключателей 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения столовой

Наименование линии	I_p , А	Параметры выбранного автомата			
		Марка	$I_{ном.а}$, А	$I_{у.т.р.}$, А	$I_{у.э.р.}$, А
Питающая ТП 10/0,4 кВ					
Вводной автомат ТП 10/0,4 кВ	538,50	ВА 57-39	630	630	1890
ГРЩ 0,4 кВ					
Вводной автомат ГРЩ 0,4 кВ	237,1	ВА 57-37	400	300	900
РЩ 0,4 кВ					
ЩТО	82,5	ВА 52-31	100	100	300
ЩБО	14,4	ВА 52-31	100	25	75
ЩВК	105,9	ВА 52-33	160	120	240
ЩРС	29,3	ВА 52-31	100	40	120
Распределительная сеть 0,4 кВ					
Кассовое оборудование	7,77	ВА 47-29-2С10	10	10	30
Холодильная камера	4,31	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Посудомойка	12,86	ВА 47-29-2С16	16	16	48
Плита	28,34	ВА 47-29-2С32	32	32	96
Гриль	5,11	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Пароконвектомат	14,95	ВА 47-29-2С25	25	25	75
Расстоечный шкаф	2,86	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Оборудование кухни	15,88	ВА 47-29-2С25	25	25	75
Система автоматической пожарной сигнализации	1,57	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Видеонаблюдение	0,78	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Локальная сеть (СКС)	0,78	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Барное оборудование	12,86	ВА 47-29-2С16	16	16	48
Тепловые завесы	19,55	ВА 47-29-2С25	25	25	75
Нагреватели (П1, П2)	77,74	ВА 47-29-2С100	100	100	300
Вентиляционные системы	12,31	ВА 47-29-2С16	16	16	48
Кондиционеры	9,67	ВА 47-29-2С16	16	16	48
Розеточные сети гостевого зала	10,52	ВА 47-29-2С16	16	16	48
Бойлер	4,86	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Полотенцесушитель	1,29	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Розетки в зоне выдачи блюд	4,54	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Розетки второго этажа	11,34	ВА 47-29-2С16	16	16	48
Рабочее освещение	4,58	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9
Аварийное освещение	0,46	ВА 47-29-2С6	6,3	6,3	18,9

Таким образом, для применения в РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ, а также во ГРЩ 0,4 кВ и РЩ 0,4 кВ питающей и распределительной сетей столовой, выбраны надёжные автоматические выключатели серии ВА различных типономиналов.

Все выбранные аппараты показаны в графической части работы.

Выводы по разделу.

С целью обеспечения надёжного электроснабжения потребителей рабочей столовой ООО «Стелс», в работе выбраны и проверены силовые кабели следующих марок:

- на питающей линии напряжением 10 кВ для обеспечения питания силового трансформатора марки ТМГ-250/10 ТП 10/0,4 кВ столовой от РП 10 кВ предприятия, выбран силовой кабель марки АСБ-10 (3×16), проложенный в земляной траншее;
- на питающей линии внешней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания ГРЩ 0,4 кВ от шин РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ, выбран современный пятижильный силовой кабель марки ВВГнг-LS 5×95, проложенный в земляной траншее;
- на питающей линии внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания распределительных щитов от ГРЩ 0,4 кВ, а также распределительных линий внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания отдельных потребителей и их групп от распределительных щитов, выбраны современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS разных сечений, проложенные в закрытых кабельных каналах.

Таким образом, выбранные марки кабелей АСБ-10 для линии 10 кВ и ВВГнг-LS для внешних и внутренних сетей 0,38/0,22 кВ, а также способы их прокладки, полностью соответствуют предъявляемым нормативным и техническим требованиям, обеспечивают высокую степень надёжности, пожарной безопасности и долговечности, способствуют экономичности и удобству обслуживания всей системы электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс».

Показано, что использование блочной комплектной трансформаторной подстанции с трансформатором ТМГ-250/10 и шкафов распределительных низкого напряжения ШРНН с воздушными автоматическими выключателями представляет собой оптимальное техническое решение, полностью

соответствующее современным требованиям надёжности, безопасности, удобства эксплуатации и экономической целесообразности, необходимым для обеспечения стабильного электроснабжения столовой ООО «Стелс».

Для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой, выбраны и проверены выключатель нагрузки марки ВНА СЭЩ 80-10/630-20 и предохранители марки ПКТ-101-10-25-31,5-УЗ-КЭАЗ.

Для применения в РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ, а также во ГРЩ 0,4 кВ и РЩ 0,4 кВ питающей и распределительной сетей столовой, выбраны надёжные автоматические выключатели серии ВА различных типономиналов.

Показано, что выбранное электрооборудование отвечает всем необходимым требованиям безопасности, экономичности и надёжности работы, что позволяет обеспечить бесперебойность технологического процесса, минимизировать риски аварий и отказов электрооборудования, а также существенно снизить эксплуатационные и капитальные затраты в системе электроснабжения столовой.

4 Выбор системы контроля и управления электроэнергией столовой

Система контроля и управления электроэнергией в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» должна обеспечивать оперативный мониторинг и контроль всех электрических параметров, связанных с процессами электропотребления, с возможностью удалённого доступа и анализа полученных данных.

Важными требованиями являются высокая точность измерений, надёжность функционирования в непрерывном режиме, гибкость и масштабируемость системы, способность интеграции с другими инженерными системами здания, а также соответствие действующим нормативным требованиям в области энергоэффективности и безопасности.

В качестве такой системы для внедрения на объекте проектирования, предложена автоматизированная система управления электропотреблением (АСУЭ) [16].

Применение АСУЭ в столовой обусловлено необходимостью повышения эффективности использования электроэнергии, оперативного выявления и устранения внештатных ситуаций, снижения эксплуатационных расходов и обеспечения надёжного электроснабжения потребителей.

АСУЭ позволяет оптимизировать режимы работы электрических устройств и оборудования, контролировать и корректировать потребление энергии в соответствии с реальной нагрузкой, что приводит к снижению потребления и уменьшению расходов на эксплуатацию.

Кроме того, внедрение автоматизированной системы способствует улучшению оперативности управления энергетическими ресурсами, минимизации ошибок человеческого фактора и повышению общей надёжности функционирования электрооборудования столовой.

Структура выбранной АСУЭ для применения в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» [16] представлена на рисунке 10.

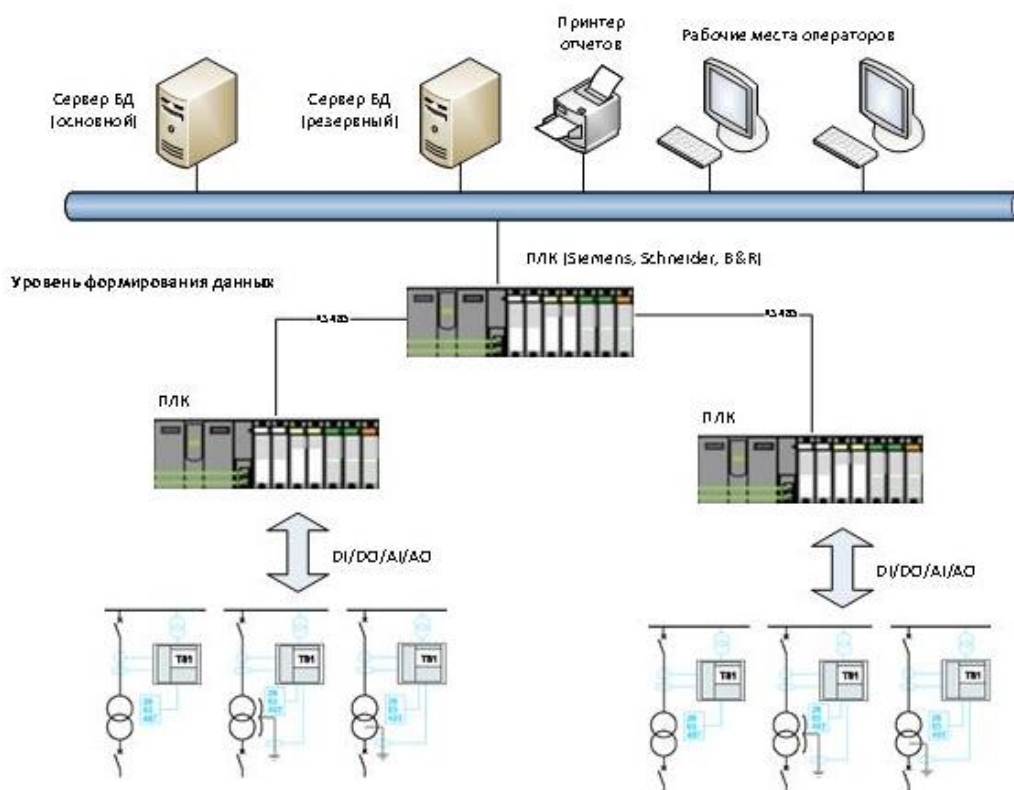


Рисунок 10 – Структура выбранной АСУЭ для применения в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс»

В качестве автоматизированной системы управления электропотреблением на объекте предлагается использовать систему Siemens Desigo CC, являющуюся современным и высокотехнологичным решением, широко применяемым для комплексного управления и мониторинга энергоэффективности зданий [9].

Выбор именно этой системы обусловлен её высокой надёжностью, функциональностью и способностью интегрировать в единый интерфейс не только системы электропотребления, но и другие инженерные сети здания, такие как вентиляция, отопление, кондиционирование и освещение, что существенно упрощает управление всем инженерным хозяйством столовой.

Система Siemens Desigo CC, структурная схема которой представлена на рисунке 11, отличается гибкостью конфигурирования, позволяющей легко адаптировать её под конкретные технические и эксплуатационные требования объекта, а также возможностью масштабирования при расширении инфраструктуры или изменении состава оборудования.

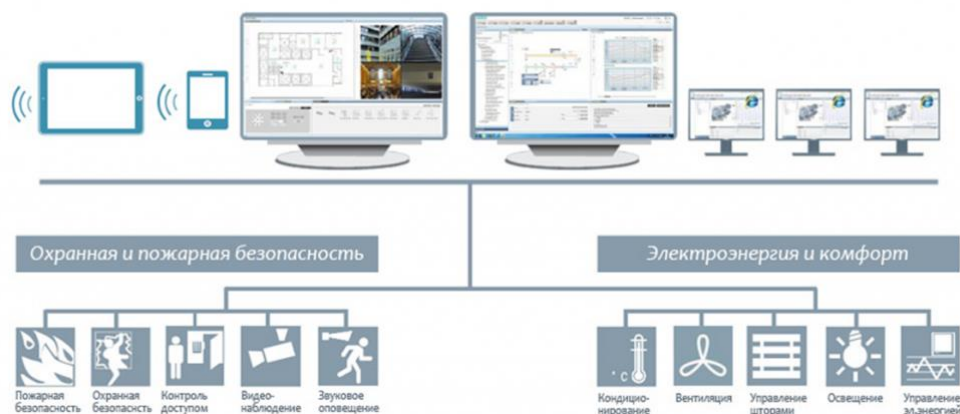


Рисунок 11 – Структурная схема АСУЭ Siemens Desigo CC

Важным преимуществом такой системы является интуитивно понятный пользовательский интерфейс, обеспечивающий удобный мониторинг текущего состояния энергосистемы и оперативное управление параметрами потребления электроэнергии.

Применение данной системы позволяет повысить энергоэффективность объекта за счёт реализации режимов энергосбережения, оптимизации потребления электроэнергии в периоды максимальной загрузки и минимизации избыточного потребления в часы минимальной нагрузки.

Кроме того, Siemens Desigo CC обеспечивает высокую точность и надёжность измерений и контроля электрических параметров благодаря использованию современных датчиков и устройств сбора данных. Также данная система предоставляет возможность подробного анализа и отчётности по энергопотреблению, что позволяет своевременно выявлять тенденции и принимать меры по дальнейшему совершенствованию энергоэффективности столовой.

Выводы по разделу.

Показано, что внедрение на объекте автоматизированной системы управления электропотреблением Siemens Desigo CC является технически обоснованным и экономически целесообразным решением, обеспечивающим значительное повышение эффективности эксплуатации электроустановок и снижение эксплуатационных расходов рабочей столовой ООО «Стелс».

5 Мероприятия по охране труда и экологической безопасности

Анализ опасных и вредных факторов в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», который проводится на первом этапе разработки комплекса мероприятия по охране труда и экологической безопасности на объекте проектирования, представляет собой важный этап обеспечения производственной и электробезопасности объекта, направленный на выявление потенциальных рисков и угроз для жизни и здоровья работников, а также посетителей предприятия.

В процессе эксплуатации электроустановок столовой, включая питающую трансформаторную подстанцию, распределительные щиты и сети электроснабжения, могут возникать ситуации, обусловленные воздействием электрического тока, высокими напряжениями, возможными короткими замыканиями и перегрузками, а также рисками возникновения пожара вследствие повреждений кабельных линий или электрооборудования.

Основные неблагоприятные факторы производственной среды и трудового процесса, имеющие место в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», представлены на рисунке 12.

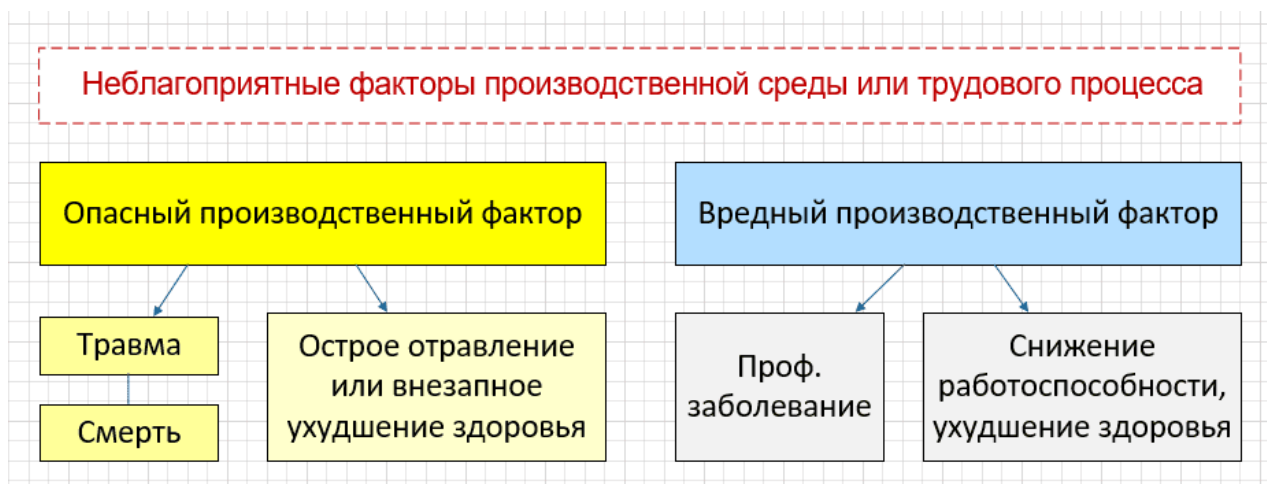


Рисунок 12 – Основные неблагоприятные факторы производственной среды и трудового процесса в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс»

К наиболее распространённым опасным факторам относится риск поражения электрическим током, связанный с неисправностью оборудования, нарушением изоляции электрических проводников и кабелей, а также случайным прикосновением персонала к токоведущим частям оборудования.

Помимо этого, при перегрузках и коротких замыканиях в электрической сети возникает угроза термического и механического повреждения кабелей и коммутационных устройств, сопровождаемая риском возгорания изоляции и распространением пожара.

Кроме электрических факторов, вредными являются также электромагнитные излучения от трансформаторного и коммутационного оборудования, а также воздействие шума и вибраций, исходящих от работающих трансформаторов и электроустановок.

На основании проведённого анализа потенциальных рисков разработан комплекс мероприятий по охране труда, включающий организационные, технические и профилактические меры, направленные на минимизацию или полное исключение указанных опасных и вредных факторов в процессе эксплуатации системы электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс».

Важным условием обеспечения безопасности является строгое соблюдение правил эксплуатации электроустановок, регулярное проведение инструктажей и обучение персонала навыкам безопасной работы с электрооборудованием.

Все сотрудники, ответственные за эксплуатацию электроустановок, должны иметь соответствующую квалификацию, подтверждённую аттестацией, и допуск к работе в электроустановках до 1000 В.

В числе технических мероприятий предусмотрено использование защитного заземления и зануления для всех металлических корпусов электрооборудования и распределительных щитов.

Особое внимание уделяется монтажу защитных устройств автоматического отключения питания при возникновении коротких замыканий и перегрузок, а также устройств защитного отключения (УЗО),

предназначенных для предотвращения поражения персонала электрическим током при утечке тока на землю.

Регулярный контроль состояния изоляции проводников и кабелей осуществляется посредством профилактических измерений сопротивления изоляции и проверки исправности коммутационных аппаратов.

План реализации разработанного комплекса мероприятий, направленного на повышение уровня техники безопасности и охраны труда при выполнении работ в системе электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс», представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – План реализации разработанного комплекса мероприятий, направленного на повышение уровня техники безопасности и охраны труда при выполнении работ в системе электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс»

В целях профилактики пожаров предусматривается применение кабельной продукции с негорючей изоляцией, маркированной индексом «нг-LS», а также регулярные проверки состояния кабельных трасс и кабельных каналов. Обязательно наличие первичных средств пожаротушения в электрощитовых и на территории питающей подстанции, а также обеспечение

помещения автоматической системой пожарной сигнализации с возможностью автоматического отключения электроснабжения при возникновении пожара.

Дополнительно необходимо обеспечить чёткую маркировку оборудования и кабельных трасс, размещение предупреждающих знаков и информационных табличек на электроустановках, а также наличие свободного и безопасного доступа к распределительным устройствам и коммутационной аппаратуре.

Работникам, обслуживающим электроустановки, должны быть предоставлены индивидуальные средства защиты, включая диэлектрические перчатки, обувь и защитные каски, с регулярным контролем их исправности и годности к применению.

Анализ экологических опасностей в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс» основывается на выявлении потенциально негативного воздействия электрооборудования и сопутствующих материалов на окружающую среду при нормальных и аварийных режимах эксплуатации.

К числу основных факторов риска относятся возможные утечки трансформаторного масла из маслонаполненного силового трансформатора питающей ТП 10/0,4 кВ, попадание в окружающую среду токсичных отходов при небрежном демонтаже или утилизации, а также негативное влияние шумового фона и электромагнитного излучения от высоковольтного оборудования РУ 10 кВ питающей подстанции столовой на персонал, а также флору и фауну.

Кроме того, при неправильной эксплуатации и хранении отработанных ламп и электротехнических приборов может возникать риск попадания в окружающую среду опасных химических соединений и тяжёлых металлов, используемых в элементах осветительных устройств.

В случае короткого замыкания либо аварийной ситуации, сопровождающейся возгоранием кабельных линий, возможно выделение вредных газов и дыма, способных оказывать токсичное воздействие на

окружающую среду и людей. Помимо этого, применение кабелей и электрооборудования с неэкологичными изоляционными материалами или некачественной защитой может приводить к постепенному высвобождению вредных веществ и нарушению экологического баланса на территории предприятия.

На основании выявленных угроз разработан комплекс мероприятий по экологической безопасности на объекте, охватывающий организационные, технологические и профилактические аспекты эксплуатации системы электроснабжения. Он представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Комплекс мероприятий по обеспечению экологической безопасности в системе электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс»

При сооружении питающей трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ и распределительных устройств 10 кВ и 0,4 кВ, необходимо предусмотреть герметизацию мест соединений и вводов для предотвращения утечек и загрязнения почвы либо грунтовых вод.

При утилизации отработанных электротехнических компонентов необходимо строго соблюдать нормативы по разделению отходов и обеспечивать передачу ламп, содержащих опасные вещества, специализированным предприятиям для их безопасной переработки.

В структуре электроснабжения была выбрана система мониторинга и контроля параметров сети в виде АСУЭ, позволяющая оперативно реагировать на возможные отклонения и предотвращать опасные ситуации до возникновения аварий. Для снижения шумового воздействия и электромагнитных помех следует грамотно организовывать размещение и экранирование соответствующего оборудования в зависимости от его мощности и конструктивных особенностей.

Проведение регулярных инструктажей для персонала, ответственного за эксплуатацию электроустановок, и обучение экологической безопасности способствует повышению ответственности при работе с оборудованием и обеспечивает соблюдение правил при обращении с отходами. Внедрение энергоэффективных решений, таких как светодиодные осветительные системы и системы автоматизации управления энергоресурсами, позитивно сказывается на общем уровне экологической безопасности и способствует снижению негативного влияния на окружающую среду.

Выводы по разделу.

Установлено, что реализация предложенного комплекса мероприятий по охране труда в системе электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс» позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности и свести к минимуму риск воздействия опасных и вредных факторов на персонал и посетителей объекта в процессе эксплуатации электрооборудования.

Показано, что комплексный подход к экологической безопасности в системе электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс» сводит к минимуму риски негативного воздействия на окружающую среду и способствует созданию экологически безопасных условий функционирования предприятия.

Заключение

В работе проведена разработка мероприятий по проектированию системы электроснабжения рабочей столовой на 200 посадочных мест ООО «Стелс» в связи с производственной необходимостью.

Приведена техническая и экономическая характеристика предприятия ООО «Стелс».

Показано, что надежность и стабильность электроснабжения являются ключевыми факторами, способствующими повышению эффективности технологических процессов, снижению технологических потерь и достижению высоких показателей качества выпускаемой продукции, что в совокупности способствует устойчивому развитию предприятия и укреплению его позиций на рынке пищевых продуктов и в сфере услуг.

Приведены исходные технические характеристики объектов системы электроснабжения столовой на 200 мест ООО «Стелс», состоящие из 23 объектов.

Установлено, что каждый из данных объектов, функционирующих в рамках единой системы электроснабжения, играет решающую роль в обеспечении непрерывности и качества производственного процесса рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс».

Таким образом, все перечисленные элементы инфраструктуры и оборудования рабочей столовой взаимосвязаны и служат для достижения ключевых целей – обеспечения безопасности, повышения уровня комфорта для посетителей и персонала, улучшения качества обслуживания и соблюдения санитарно-гигиенических требований.

Комплексный подход к проектированию и оснащению столовой, включающий системы пожарной сигнализации, видеонаблюдения, вентиляции, освещения, кассового оборудования и специализированной кухонной техники, позволяет создать условия для её бесперебойной и эффективной работы.

Внедрение современных технологических решений способствует повышению надёжности работы всех систем, снижению эксплуатационных затрат и повышению общего уровня удовлетворённости посетителей, что в совокупности делает проект столовой перспективным, соответствующим требованиям времени и готовым к возможному расширению или модернизации в будущем.

В результате выбора схемных решений в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», были приняты следующие технические решения, обеспечивающие требуемые условия для данного потребителя III категории надёжности:

- для приёма электроэнергии от системы электроснабжения указанного предприятия, на территории столовой устанавливается ГРЩ, получающий питание одной кабельной линией напряжением 0,38/0,22 кВ от ТП 10/0,4 кВ данной организации, образуя питающую сеть наружного электроснабжения столовой;
- питающая сеть внутреннего электроснабжения столовой формируется четырьмя силовыми распределительными щитами, расположенными в непосредственной близости от ГРЩ столовой, от которого они получают питание по радиальной схеме без наличия резервирования, что характерно для питания потребителей, относящихся к III категории надёжности;
- распределительная сеть внутреннего электроснабжения столовой, включает совокупность однофазных потребителей сети 0,22 кВ, получающих питание от силовых распределительных щитов в зависимости от групповой принадлежности;
- осветительная сеть столовой состоит из рабочего и аварийного освещения с соответствующими отдельными щитками.

Таким образом, все схемные решения, принятые в работе для системы электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», которая

относится к III категории надежности, соответствуют требованиям нормативных документов по надёжности, безопасности и экономичности.

Проведены расчёты максимальной нагрузки в системе электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс»:

- осветительной нагрузки помещений;
- силовой нагрузки отдельных потребителей с учётом количества их однотипных групп;
- силовой нагрузки распределительных щитов;
- суммарной нагрузки всей системы электроснабжения столовой.

Полученные результаты расчёта электрических нагрузок позволяют сформировать уточнённую нагрузочную модель системы электроснабжения рабочей столовой на 200 мест ООО «Стелс», а также дают основание для дальнейшего выбора рациональных сечений кабельных линий, электрических аппаратов, мощности трансформаторов на питающей ТП 10/0,4 кВ объекта исследования.

С целью обеспечения надёжного электроснабжения потребителей рабочей столовой ООО «Стелс», в работе выбраны и проверены силовые кабели следующих марок:

- на питающей линии напряжением 10 кВ для обеспечения питания силового трансформатора марки ТМГ-250/10 ТП 10/0,4 кВ столовой от РП 10 кВ предприятия, выбран силовой кабель марки АСБ-10 (3×16), проложенный в земляной траншее;
- на питающей линии внешней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания ГРЩ 0,4 кВ от шин РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ, выбран современный пятижильный силовой кабель марки ВВГнг-LS 5×95, проложенный в земляной траншее;
- на питающей линии внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания распределительных щитов от ГРЩ 0,4 кВ, а также распределительных линий внутренней системы электроснабжения столовой напряжением 0,38/0,22 кВ для питания

отдельных потребителей и их групп от распределительных щитов, выбраны современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS разных сечений, проложенные в закрытых кабельных каналах.

Таким образом, выбранные марки кабелей АСБ-10 для линии 10 кВ и ВВГнг-LS для внешних и внутренних сетей 0,38/0,22 кВ, а также способы их прокладки, полностью соответствуют предъявляемым нормативным и техническим требованиям, обеспечивают высокую степень надёжности, пожарной безопасности и долговечности, способствуют экономичности и удобству обслуживания всей системы электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс».

Показано, что использование блочной комплектной трансформаторной подстанции с трансформатором ТМГ-250/10 и шкафов распределительных низкого напряжения ШРНН с воздушными автоматическими выключателями представляет собой оптимальное техническое решение, полностью соответствующее современным требованиям надёжности, безопасности, удобства эксплуатации и экономической целесообразности, необходимым для обеспечения стабильного электроснабжения столовой ООО «Стелс».

Для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ системы электроснабжения столовой, выбраны и проверены выключатель нагрузки марки ВНА СЭЩ 80-10/630-20 и предохранители марки ПКТ-101-10-25-31,5-УЗ-КЭАЗ.

Для применения в РУ 0,4 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ, а также во ГРЩ 0,4 кВ и РЩ 0,4 кВ питающей и распределительной сетей столовой, выбраны надёжные автоматические выключатели серии ВА различных типономиналов.

Показано, что выбранное электрооборудование отвечают всем необходимым требованиям безопасности, экономичности и надёжности работы, что позволяет обеспечить бесперебойность технологического процесса, минимизировать риски аварий и отказов электрооборудования, а также существенно снизить эксплуатационные и капитальные затраты в системе электроснабжения столовой.

Показано, что внедрение на объекте автоматизированной системы управления электропотреблением Siemens Desigo CC является технически обоснованным и экономически целесообразным решением, обеспечивающим значительное повышение эффективности эксплуатации электроустановок и снижение эксплуатационных расходов рабочей столовой ООО «Стелс».

Установлено, что реализация предложенного комплекса мероприятий по охране труда в системе электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс» позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности и свести к минимуму риск воздействия опасных и вредных факторов на персонал и посетителей объекта в процессе эксплуатации электрооборудования.

Показано, что комплексный подход к экологической безопасности в системе электроснабжения рабочей столовой ООО «Стелс» сводит к минимуму риски негативного воздействия на окружающую среду и способствует созданию экологически безопасных условий функционирования предприятия.

Таким образом, реализация предложенных решений по проектированию системы электроснабжения столовой, обеспечит высокий уровень надежности и безопасности, а также создаст условия для эффективного управления энергоресурсами и экономии эксплуатационных расходов на объекте исследования.

Список используемых источников

1. АСБ длительно допустимый ток. [Электронный ресурс]: URL: <https://elmarts.ru/blog/spravochnik/asb-dlitelno-dopustimyy-tok/> (дата обращения: 04.04.2025).
2. БКТП 250 6(10) 0,4. [Электронный ресурс]: URL: <https://nipo-rusenergo.ru/blochnye-komplektnye-transformatornye-podstantsii/bktp/bktp-250-610-04> (дата обращения: 04.04.2025).
3. ГОСТ 14209–85 Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки (с Изменением № 1). [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012414> (дата обращения: 04.04.2025).
4. Кабель ВВГнг-LS. [Электронный ресурс]: URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66%3B-1kv\)/vvgng-ls/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66%3B-1kv)/vvgng-ls/) (дата обращения: 04.04.2025).
5. Киреева Э.В. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений. М.: КноРус, 2019. 236 с.
6. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 174 с.
7. ООО «СТЕЛС» [Электронный ресурс]: URL: <https://spark-interfax.ru/samarskaya-oblast-tolyatti/ooo-stels-inn-6321251568-ogrn-1106320016428-8cab050214cd4e6da35cb7eff8ddd132> (дата обращения: 07.04.2025).
8. ООО «СТЕЛС» [Электронный ресурс]: URL: https://zachestnyibiznes.ru/company/ul/1106320016428_6321251568_OOO-STELS (дата обращения: 07.04.2025).
9. Платформа Desigo CC. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.skm-electro.ru/services/avtomatozaciya/platform-desigo-cc/> (дата обращения: 07.04.2025).
10. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок

(Приказ от 15 декабря 2020 г. № 903н / Приказ от 29 апреля 2022 г. № 279н).
Изд-во Мини-Тайп, 2023. 216 с.

11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.
Изд-во ДЕАН, 2022. 192 с.

12. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. Изд-во
ЦентрМаг, 2022. 584 с.

13. РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов
короткого замыкания и выбору электрооборудования» [Электронный ресурс]:
URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817179.htm> (дата обращения:
04.04.2025).

14. Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное
освещение» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-
коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777/пр) [Электронный
ресурс]: URL:
https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf
(дата обращения: 07.04.2025).

15. Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию
электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских
объектов. Учебное пособие. М.: Форум, 2021. 383 с.

16. Сибикин Ю.Д. Технология энергосбережения. М.: Инфра-М, 2022.
336 с.

17. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских
зданий. Учебное пособие. М.: Форум, Инфра-М, 2022. 406 с.

18. СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных
зданий. Правила проектирования и монтажа» (Приказ Минстроя России от 29
августа 2016 г. № 602/пр). [Электронный ресурс]: URL:
<https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/12544/> (дата обращения: 04.04.2025).

19. Шкафы распределительные низкого напряжения ШРНН.
[Электронный ресурс]: URL: <https://www.220energy.ru/collection/shkafy-raspredelitelnye-nizkogo-napryazheniya-serii-shrnn> (дата обращения:

04.04.2025).

20. Щербаков Е.Ф., Александров Д.С. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях. М.: Форум, Инфра-М, 2019. 495 с.