

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 Проектирование системы электроснабжения магазина

Студент

М.Д.Сорокин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А.Нагаев

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

Тольятти 2021

Аннотация

Целью данной работы является разработка проекта электроснабжения магазина.

Объектом исследования является система электроснабжения магазина современного типа.

Предметом исследования являются схема электрических соединений, электрические сети и аппараты, система электрического освещения, а также технологическое оборудование системы электроснабжения магазина современного типа.

Для реализации указанной основной цели работы, в работе проведено решение основных поставленных задач:

- анализ исходных данных с характеристикой технологического процесса, оборудования и источников питания системы электроснабжения магазина;

- непосредственная разработка проекта системы электроснабжения магазина современного типа;

- анализ и разработка мероприятий по охране труда при выполнении работ в проектируемой системе электроснабжения магазина, а также мероприятий по экологической безопасности на объекте исследования.

В результате выполнения работы осуществлена комплексная разработка проекта электроснабжения магазина современного типа при неукоснительном соблюдении установленных норм качества электроэнергии, передаваемой потребителям, а также основных требований надёжности, экономичности и безопасности.

Методы исследования: анализ нормативной технической документации, анализ литературных источников, методы расчёта и проектирования электрических сетей.

Представленная работа состоит из 66 страниц машинописного текста, а также шести чертежей графической части.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Требования, предъявляемые к проектированию систем электрообеспечения торговых учреждений.....	7
1.2 Техническая характеристика помещений и оборудования магазина.....	9
2 Разработка проекта системы электрообеспечения магазина.....	15
2.1 Выбор схемы электрообеспечения магазина.....	15
2.2 Расчёт освещения помещений магазина.....	19
2.3 Расчёт электрических нагрузок.....	26
2.4 Выбор и проверка силовых трансформаторов на питающей подстанции	31
2.5 Выбор и проверка сечения проводников.....	32
2.6 Расчёт токов короткого замыкания.....	36
2.7 Расчет и выбор аппаратов защиты.....	46
2.8 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии.....	50
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда.....	57
3.1 Анализ опасных и вредных факторов.....	57
3.2 Обеспечение безопасности жизнедеятельности.....	58
3.3 Обеспечение экологической безопасности.....	61
Заключение.....	63
Список используемой литературы и используемых источников.....	65

Введение

Системы энергоснабжения современных торговых организаций и учреждений страны в условиях современного производства – это сложный комплекс теплотехнического, электрического, газового, санитарного и специального оборудования. В свою очередь, эти элементы образуют более сложные подсистемы, которые объединены в систему и подчинены общей цели.

Одним из главных направлений развития современных торговых организаций и учреждений является концентрация и специализация производства, широкое внедрение современных методов производства, а также результатов научно-технического прогресса и мирового опыта.

В настоящее время в современных торговых организациях все производственные процессы электрифицированы, так как активно внедряются и повсеместно используется прогрессивные технологии и современные машины и новейшие автоматизированные комплексы, работа которых организована по поточным линиям.

На современном этапе развитие современных торговых организаций и учреждений страны непосредственно направлена на конечный результат – получение большего количества прибыли с минимальными затратами и потерями.

Правильная организация производственного цикла, а также оптимизация систем электроснабжения, реконструкция схем электрических соединений и модернизация оборудования, является одним из способов повышения рентабельности современных торговых организаций и учреждений и всей отрасли в целом.

Кроме того, важной является проблема обеспечения высоких энергетических показателей работы всех подсистем, в том числе систем электроснабжения пищевых предприятий, при минимальных затратах.

Указанная проблема может быть решена методом оптимизации всех

энергетических подсистем на стадии проектирования. Перечисленные аспекты обуславливает актуальность данной работы.

Большинство структурных элементов систем электроснабжения являются объектами повышенной опасности, которые при процессе эксплуатации могут вызвать значительный материальный ущерб, а также повлечь иные тяжкие последствия.

Поэтому важнейшей задачей является обеспечение безаварийной эксплуатации систем электроснабжения современных торговых организаций и учреждений страны и их оборудования.

Цель работы – разработка системы электроснабжения магазина современного типа.

Объект исследования – система электроснабжения магазина современного типа.

Предмет исследования – электрические сети, аппараты, электрооборудование, а также освещение системы электроснабжения магазина современного типа.

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки систем системы электроснабжения всех типов с учётом критериев надёжности, качества передаваемой электроэнергии, экономичности и безопасности согласно требованиям [1-3].

Работа состоит из расчётно – пояснительной записки и графической части.

Структура расчётно – пояснительной записки представлена тремя главами. В графической части работы представлено шесть листов формата А1.

Исходя из поставленной цели работы, основными задачами работы являются:

– обзор и анализ систем электроснабжения современных торговых организаций и учреждений страны с рассмотрением и анализом следующих вопросов: назначение и виды систем электроснабжения современных

торговых организаций и учреждений страны, требования, предъявляемые к проектированию систем электроснабжения современных торговых организаций и учреждений;

– техническая характеристика системы электроснабжения магазина современного типа, включающая рассмотрение и анализ вопросов: общая характеристика объекта, план расположения и характеристика потребителей электроэнергии магазина современного типа;

– непосредственная разработка проекта системы электроснабжения магазина современного типа, включающая соответствующие расчёты и проверки, а именно: выбор схемы электроснабжения магазина, расчет освещения помещений магазина, расчет электрических нагрузок, выбор и проверка силовых трансформаторов на питающей подстанции, выбор и проверка сечения проводников, расчет токов короткого замыкания, расчет и выбор аппаратов защиты, выбор системы учёта и контроля электроэнергии, расчёт экономических показателей спроектированной системы электроснабжения (расчет плановой сметы затрат на выполнение монтажных работ, расчет затрат на основные и вспомогательные материалы, расчет заработной платы, анализ экономического эффекта при выполнении электромонтажных работ);

– анализ и разработка мероприятий по охране труда при выполнении работ в проектируемой системе электроснабжения магазина, а также мероприятий по экологической безопасности на объекте исследования.

В результате выполнения работы необходимо осуществить комплексную разработку проекта электроснабжения магазина современного типа при неукоснительном соблюдении установленных норм качества электроэнергии, передаваемой потребителям, а также основных требований надёжности, экономичности и безопасности.

Работа выполняется с использованием требований, норм и основных положений рекомендованной технической литературы и документов с использованием типовых проектов.

1 Анализ исходных данных

1.1 Требования, предъявляемые к проектированию систем электроснабжения торговых учреждений

Известно, что возможные сбои и аварии во многих системах электроснабжения торговых организаций и учреждений зачастую связаны с угрозой жизни и здоровью людей, возникновением опасности экологических катастроф в связи с выбросов вредных и опасных веществ в атмосферу, воду и грунт, повреждением дорогостоящего оборудования, возникновением переходных процессов в энергосистеме [1].

Надежная работа систем электроснабжения торговых организаций и учреждений в целом напрямую зависит от надёжности этих основных производственных агрегатов.

Основные производственные механизмы торговых организаций и учреждений, играющие основную роль в технологическом процессе производства и реализации готовой продукции, относятся к I категории надёжности. Питание потребителей I категории надёжности, согласно требованиям [5], должна осуществляться из двух независимых источников питания. Из этой категории также выделяется особая группа, которая дополнительно требует установки агрегатов гарантийного питания.

Производственные цеха (узлы, участки) торговых организаций и учреждений, которые играют второстепенную производственную роль и не настолько важны, как основные технологические механизмы, относятся ко II категории надёжности.

Они также требуют двух независимых источников питания, однако система автоматического включения резерва для таких потребителей не обязательна.

К III категории надёжности относятся все остальные цеха (узлы, участки) торговых организаций и учреждений, которые не участвуют в

производственном процессе, а являются вспомогательными звеньями. Такие цеха (узлы, участки) следует питать от одного источника без наличия соответствующего резервирования.

Основные требования нормативных документов к системе электроснабжения торговых организаций и учреждений заключаются в неукоснительном выполнении следующих условий [1-4]:

- максимальная близость потребителей электроэнергии к своему источнику питания;

- сквозное секционирования всех звеньев системы электроснабжения с установкой, при необходимости, устройств автоматики, обеспечивающих резервирование (например, АВР);

- обеспечение оптимального режима работы спроектированной системы электроснабжения (рекомендуется отдельный режим работы секций при установке двух трансформаторов или иных источников);

- обеспечение необходимой надёжности потребителей электроэнергии с учётом резервирования для I и II категорий в нормальном, форсированном и послеаварийном режимах;

- обеспечение наглядности, безопасности и необходимой степени защиты и автоматизации на всех уровнях системы электроснабжения;

- выбранные схемы должны обеспечивать установленное нормируемое качество электрической энергии, находящихся в достаточно жёстких лимитированных границах, установленных нормально – допустимых значений.

Известно также, что электрические сети современных торговых объектов (в частности, торговых организаций и учреждений) могут быть выполнены по радиальной, магистральной или смешанной схемам [1,3,4].

Нужная схема выбирается, исходя из критериев надёжности и мощности питаемых потребителей.

Поэтому при проектировании систем электроснабжения современных торговых объектов (в частности, торговых организаций и учреждений) на всех звеньях цепи очень важно учесть все указанные нормы [1,5,11].

На первом этапе проектирования прежде всего следует рассмотреть классификацию основных технологических механизмов, узлов и подразделений в целом, и, исходя из приведённых выше аргументов и особенностей, выбрать ту схему, которая в полной мере будет соответствовать требованиям [1-4].

Поэтому все основные производственные агрегаты (узлы) систем электроснабжения торговых организаций и учреждений требуют соответствующих проектных решений по обеспечению надёжности, качества электроэнергии и электробезопасности.

1.2 Техническая характеристика помещений и оборудования магазина

В работе рассматривается разработка системы электроснабжения магазина современного типа, в котором, помимо основного зала обслуживания клиентов (гостевого зала), есть также элементы кафе (с барной стойкой) и столовой (приготовление блюд на заказ), в которых можно заказать приготовление различных блюд и напитков по желанию и индивидуальному заказу клиента.

Заказы реализуются в зале обслуживания, имеется функция доставки готовых блюд и заказов.

Кроме того, в магазине в основном зале обслуживания клиентов (гостевом зале) можно также приобрести различную экологически чистую пищевую продукцию ведущих производителей.

Проектируемый в работе магазин является коммерческой организацией и ставит извлечение прибыли основной целью своей деятельности.

Основной вид деятельности магазина современного типа – обслуживание клиентов в сфере продажи пищевых продуктов, а также в сфере общественного питания.

В магазине предусмотрено два этажа.

Общая площадь помещений первого этажа проектируемого магазина современного типа составляет 330 м² (суммарная длина – 16,5 м, ширина – 20 м).

Общая площадь помещений второго этажа проектируемого магазина современного типа составляет 42 м² (суммарная длина составляет 6 м, ширина равна 7 м).

Общая площадь рассматриваемого магазина современного типа – 372 м².

На территории проектируемого магазина современного типа имеются следующие помещения, выполняющие непосредственную роль в рабочем процессе:

– на первом этаже: зал обслуживания клиентов (гостевой зал), кассовый зал, горячий цех, холодный цех, котломоечная, моечная столовой посуды, мясной цех, овощной цех, загрузочная, санитарный узел, зал для VIP-клиентов, два холла, барная стойка, выдача готовых блюд;

– на втором этаже: раздевалка, офис, склад, душевая, санитарный узел.

По условиям окружающей среды помещения проектируемого магазина современного типа относятся:

– к сухим отапливаемым помещениям с нормальной средой: на первом этаже: зал обслуживания клиентов, кассовый зал, зал для VIP-клиентов, два холла, барная стойка, выдача готовых блюд; на втором этаже: раздевалка, офис, склад;

– к отапливаемым помещениям с повышенной влажностью, что обусловлено требуемой технологией и характером работ на объекте: на первом этаже: горячий цех, холодный цех, котломоечная, моечная столовой

посуды, мясной цех, овощной цех, загрузочная, санитарный узел; на втором этаже: душевая, санитарный узел.

План расположения указанных помещений магазина современного типа представлен на графическом листе 1.

Обеспечение магазина современного типа водой (технической и питьевой) осуществляется из городского водопровода.

Вода поступает в помещения магазина современного типа по системе водоснабжения.

Внутренняя система водоснабжения проектируется с помощью водоснабжающих труб с разводом по стенам к технологическому оборудованию.

Современное интенсивное производство требует интенсивного воздухообмена, обеспечение которого невозможно без применения электрических вентиляторов.

Специфика технологического процесса требует регулировки микроклимата с целью создания оптимального параметра воздушной среды.

Неудовлетворительное значение температурно-влажностного режима и газового состава воздуха в помещении магазина современного типа приводит к снижению работоспособности дежурного и обслуживающего персонала в среднем на 10-15%, а также может повлечь за собой перегрев дорогостоящего оборудования вплоть до его поломки.

Для вентиляции указанных помещений в настоящее время широкое применение нашли вентиляционные установки вытяжного типа и кондиционеры, которые предназначены для обеспечения необходимого воздухообмена и микроклимата.

Параллельно с установками электрообогрева, они создают необходимый уровень влажности и температурного режима.

Поддержание заданной температуры и воздухообмен выполняется путем автоматического изменения частоты вращения приводных двигателей вытяжной вентиляции при отклонении температуры воздуха от

установившегося значения, а также установки правильного режима кондиционирования с параллельным отключением ступеней электрического обогрева в холодный период года (при необходимости).

По степени пожароопасности помещения проектируемого магазина современного типа относятся к несгораемым объектам, т.к. стены и крыша выполнены из железобетонных блоков, а полы залиты бетонной смесью. Указанные материалы не горят и не поддерживают горения.

В зависимости от вида технологической деятельности в помещениях различных категорий и возможности поражения людей электрическим током, определяются характер исполнения электрооборудования, применяемого для данной среды, виды и способы выполнения электрических сетей.

Данные аспекты необходимо учитывать при непосредственном выборе марок электрооборудования, электрических сетей, а также способов их монтажа с целью обеспечения электробезопасности людей, а также предотвращения аварийных режимов в системе электроснабжения.

По климатическим условиям в работе необходимо выбирать электрооборудование для умеренного климата (II район по климатическим данным).

Указанные задания по выбору соответствующих элементов системы электроснабжения магазина современного типа решаются в работе далее.

Проектирование системы электроснабжения магазина современного типа выполняется на основании технических условий, генерального плана расположения объекта на земельном участке города и задания на проектирование.

Основными группами потребителей электрической энергии проектируемого магазина современного типа являются:

– основное технологическое оборудование (оборудование основных производственных помещений магазина современного типа);

– технологическое оборудование собственных нужд (оборудование вентиляции, пожарной сигнализации, водоснабжения и теплоснабжения и т.д.);

– осветительные приборы (системы рабочего и аварийного освещения объекта).

Характеристика указанных потребителей магазина современного типа приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика потребителей электроэнергии магазина современного типа

Наименование электроприемника	Руст., кВт	Кол-во, шт.	Ру _Σ , кВт
Система автоматической пож.сигнализации	1	1	1
Видеонаблюдение	0,5	1	0,5
Локальная сеть (СКС)	0,5	1	0,5
Тепловые завесы	4	3	12
Нагреватели	30	2	60
Вентиляционные системы	7,5	1	7,5
Кондиционеры	4,72	2	9,44
Барное оборудование	11,5	1	11,5
Розеточные сети гостевого зала	6,5	1	6,5
Бойлер	3	1	3
Полотенцесушитель	2	1	2
Кассовое оборудование	2	6	12
Холодильная камера	1,5	2	3
Посудомойка	10,75	1	10,75
Плита	12,5	2	25
Гриль	4,5	1	4,5
Пароконвектомат	12,5	1	12,5
Расстоечный шкаф	2,53	1	2,53
Розетки в зоне выдачи блюд	2	2	4
Розетки второго этажа	2	5	10
Оборудование кухни	2	7	14
Рабочее освещение	2,92	1	2,92
Аварийное освещение	0,35	1	0,35
Итого:			215,5

План расположения потребителей электроэнергии магазина современного типа, характеристика которых приведена в таблице 1, представлен на графическом листе 1.

На основании приведённых сведений, в работе осуществляется разработка системы электроснабжения магазина.

Выводы по разделу 1:

В соответствии с поставленной целью в работе, в первом разделе решены следующие задачи:

1) проведён обзор и анализ систем электроснабжения предприятий общественного питания с рассмотрением и анализом следующих вопросов: назначение и виды систем электроснабжения предприятий общественного питания, требования, предъявляемые к проектированию систем электроснабжения предприятий общественного питания;

2) приведена характеристика системы электроснабжения магазина современного типа, включающая рассмотрение и анализ вопросов: общая характеристика объекта, план расположения и характеристика потребителей электроэнергии магазина современного типа.

На основании исходных данных далее в работе проводится непосредственное проектирование системы электроснабжения магазина современного типа.

2 Разработка проекта системы электроснабжения магазина

2.1 Выбор схемы электроснабжения магазина

Электроснабжение магазина современного типа осуществляется в соответствии с договором электроснабжения от сети $\sim 220/380\text{В}$ главного распределительного щита (ГРЩ).

Так как проектируемый магазин относится к объектам средней мощности III категории надёжности, принимается ввод на ГРЩ одним питающим силовым кабелем марки ВВГнг-LS, сечение которого выбирается и проверяется в работе далее. Такая схема соответствует требованиям [1].

Принципиальные схемы выполняют согласно требованиям [5].

На объекте предусмотрено вводное распределительное устройство (ВРУ), получающее питание на напряжении $0,38/0,22\text{ кВ}$ от трансформаторной подстанции энергосистемы по радиальной схеме. Распределительная сеть от ВРУ выполнена кабелем марки ВВГнг-LS.

На объекте необходимо предусмотреть следующие распределительные щиты согласно требований технологического процесса, получающие питание от ВРУ по радиальной схеме и располагающиеся у его стен с внешней стороны:

- ЩСК (технологическое оборудование);
- ЩСЗ (розеточные сети);
- ЩВК (вентиляция);
- ЩБ (щит бара).

От указанных щитов получают питание однофазные потребители проектируемой сети магазина современного типа.

Для защиты электрической силовой сети от ненормальных режимов (токов КЗ, перегрузки и т.д.) применяются автоматические выключатели:

- автомат ввода ВРУ (трёхфазный);

– трёхфазные автоматы ввода распределительных щитов: ЩСК, ЩСЗ, ЩВК, ЩБ;

– однофазные автоматы для защиты однофазных потребителей сети магазина современного типа.

Все перечисленные автоматы выбраны в работе и приведены на принципиальной схеме (их марки и номинальные токи представлены в таблице спецификации на схеме).

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции электрооборудования и электрических сетей применяется защитное заземление.

Согласно требованиям, предъявляемым [5], принимается система заземления TN-C-S.

Принцип действия электрической принципиальной схемы силовой сети магазина состоит в последовательной передаче напряжения от ВРУ к распределительным щитам (ЩСК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ) и далее к соответствующим потребителям этих щитов.

Для защиты и коммутации всех звеньев цепи служат автоматические выключатели, которые установлены в соответствующих щитах и ВРУ.

Причём во ВРУ установлен вводной выключатель (QF1), защищающий всю систему электроснабжения от токов внешних токов КЗ (со стороны источника питания – ТП-10/0,4 кВ), а также вводные выключатели к щитам ЩСК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ (QF-QF5), необходимые для защиты и коммутации данных щитов.

В щитах ЩСК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ для защиты и коммутации однофазных потребителей магазина современного типа (технологического оборудования) установлены линейные однофазные выключатели (QF6-QF26).

Марки всех выключателей и номинальные токи представлены в таблице на схеме.

Электрическая принципиальная схема силовой сети представлена на графическом листе 3.

В системе электроснабжения проектируемого магазина современного типа необходимо предусмотреть следующие виды освещения:

- ЩРО (рабочее освещение);
- ЩАО (аварийное освещение).

Питание каждого щитка (ЩАО и ЩО) осуществляется отдельно друг от друга по радиальной схеме от ВРУ магазина современного типа (ЩО) и дополнительного собственного источника бесперебойного питания (ЩАО), что необходимо согласно ПУЭ, так как щитки рабочего и аварийного освещения должны иметь различные источники питания.

Так как для электроснабжения магазина современного типа принят один источник питания от ТП до ВРУ (потому что магазин относится к III категории надёжности), для питания ЩАО необходимо предусмотреть однофазный источник бесперебойного питания (ИБП), выбирается однофазный ИБП марки 9130i6000T-XL.

В работе в расчётной части проводится выбор источников освещения с учётом нормированной освещённости и размеров объектов магазина современного типа. При этом к установке принимаются светодиодные источники освещения, которые разбиваются на группы (линии) с учётом размеров объекта.

В помещениях магазина современного типа устанавливаются светодиодные светильники степенью защиты IP20.

При этом светильники уличного освещения магазина имеют степень защиты IP54.

Для защиты электрической осветительной сети от ненормальных режимов (токов КЗ, перегрузки и т.д.) применяются автоматические выключатели:

- трёхфазные автоматы ввода распределительных щитов: ЩРО и ЩАО;
- однофазные автоматы для защиты распределительных линий освещения.

Марки всех выключателей и номинальные токи электрической осветительной сети магазина после их выбора представлены в таблице на схеме (графический лист 4).

Принципиальные схемы выполняются согласно требованиям [5].

Принцип действия электрической принципиальной схемы осветительной сети состоит в последовательной передаче напряжения от ВРУ к щитку рабочего освещения (ЩРО) и далее к соответствующим линиям освещения помещений магазина современного типа.

Щиток аварийного освещения (ЩАО) получает питание от однофазного источника бесперебойного питания (ИБП) и в нормальном режиме отключён (напряжение на лампы сети аварийного освещения не подаётся).

При этом в каждой линии освещения помещений магазина современного типа выделены определённые группы ламп, которые подключаются к сети аварийного освещения, получающего питание от ЩАО. Количество ламп аварийного освещения для каждого помещения (линии) магазина современного типа показано на плане расположения освещения (графический лист 2).

При исчезновении напряжения в сети рабочего освещения автоматически включается автомат аварийного освещения (QF3 на схеме), через который необходимое резервное питание от ИБП подаётся на лампы сети аварийного освещения.

В таком случае обеспечивается аварийное освещение магазина современного типа в случае исчезновения рабочего освещения.

Принятая электрическая принципиальная схема осветительной сети магазина современного типа, после выбора соответствующего оборудования (проводников и аппаратов защиты), приводится на графическом листе 4 работы.

2.2 Расчёт освещения помещений магазина

Светотехнический расчёт системы освещения магазина проводился в программе DIALux, являющейся самой совершенной и передовой программой для проектирования освещения всех типов.

Проводится расчёт наружного освещения на примере спортивной площадки магазина.

Для начала открывается DIALux 4.12 Light (рисунок 1).

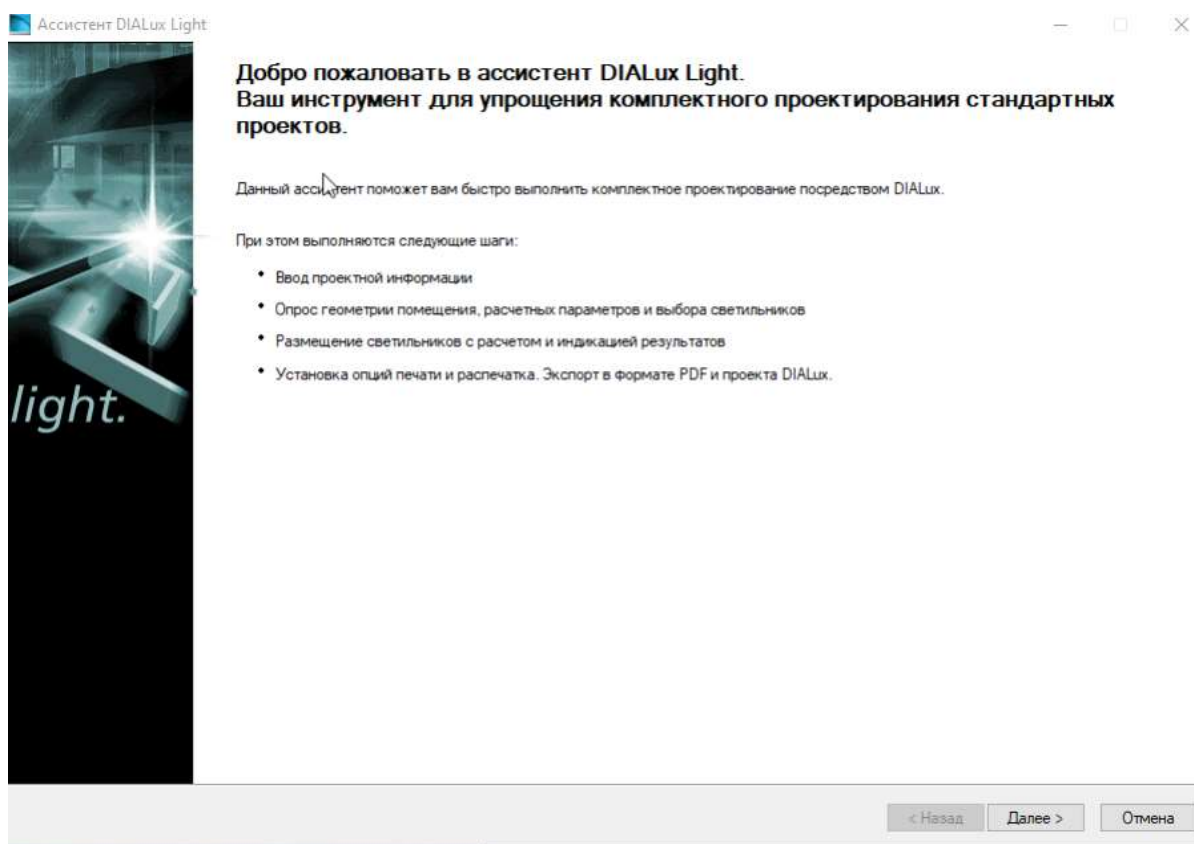


Рисунок 1 – Начало работы в DIALux 4.12 Light

В диалоговом окне вводится название проекта «ОСВЕЩЕНИЕ МАГАЗИНА». Расчёт освещения производится на примере гостевого зала (зала обслуживания клиентов). Данная информация также вводится в графу «название помещения» (рисунок 2).

Проектная информация

Введите здесь все сведения о проекте, помещении и об операторе.



Характеристики проекта		Оператор	
Название проекта:	<input type="text" value="ОСВЕЩЕНИЕ МАГАЗИНА"/>	Оператор:	<input type="text"/>
Название помещения:	<input type="text" value="ГОСТЕВОЙ ЗАЛ"/>	Телефон:	<input type="text"/>
Описание проекта:	<input type="text"/>	Факс:	<input type="text"/>
Свободно именуемые поля данных, показываемые на титульном листе проекта:		Электронная почта:	<input type="text"/>
Название поля:	Значение:	Компания:	<input type="text"/>
1. Partner for Contact	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2. Order No.	<input type="text"/>	Адрес:	<input type="text"/>
3. Company	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4. Customer No.	<input type="text"/>	Логотип:	<input type="text"/>
5. <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Нет изображения."/>	<input type="button" value="Выбрать изображение..."/>
<input type="button" value="Установить имя поля как стандарт"/>		<input type="button" value="Назначить оператора в качестве стандартного"/>	
<small>Щелкните сюда, чтобы сохранить названия полей для будущих проектов.</small>		<small>Щелкните сюда, чтобы сохранить данные для оператора для будущих проектов.</small>	

Рисунок 2 – Название проекта и ввод общих данных

Далее в диалоговых окнах программы выставляются (рисунок 8):

1) необходимые размеры (принимается прямоугольная форма), суммарная длина помещения $a = 12$ м, ширина $b=20$ м, высота – 2,8 м, при этом площадь помещения – 240 м^2 ;

2) коэффициенты отражения принимаются для стандартных условий: для пола $\lambda=20\%$, для потолка $\lambda=70\%$, для стен $\lambda=50\%$;

3) выбираются из каталога программы светильники со светодиодными лампами с параметрами:

- марка светильника – ASTZ-ДБ054-13-001 (производитель – Ардатовский светотехнический завод, Российская Федерация), применяется для общего освещения общественных зданий, магазинов, а также административных, офисных и иных помещений;

- технические данные согласно каталогу: 220 В, 50 Гц, LED модуль, 12 Вт, 4000 К, IP65, У1;

- световой поток светильника: 895 лм;

- масса: 0,59 кг;

- установка: в подвесной потолок;

Внесённые в программу данные и параметры для расчёта освещения гостевого зала магазина показаны на рисунке 3.

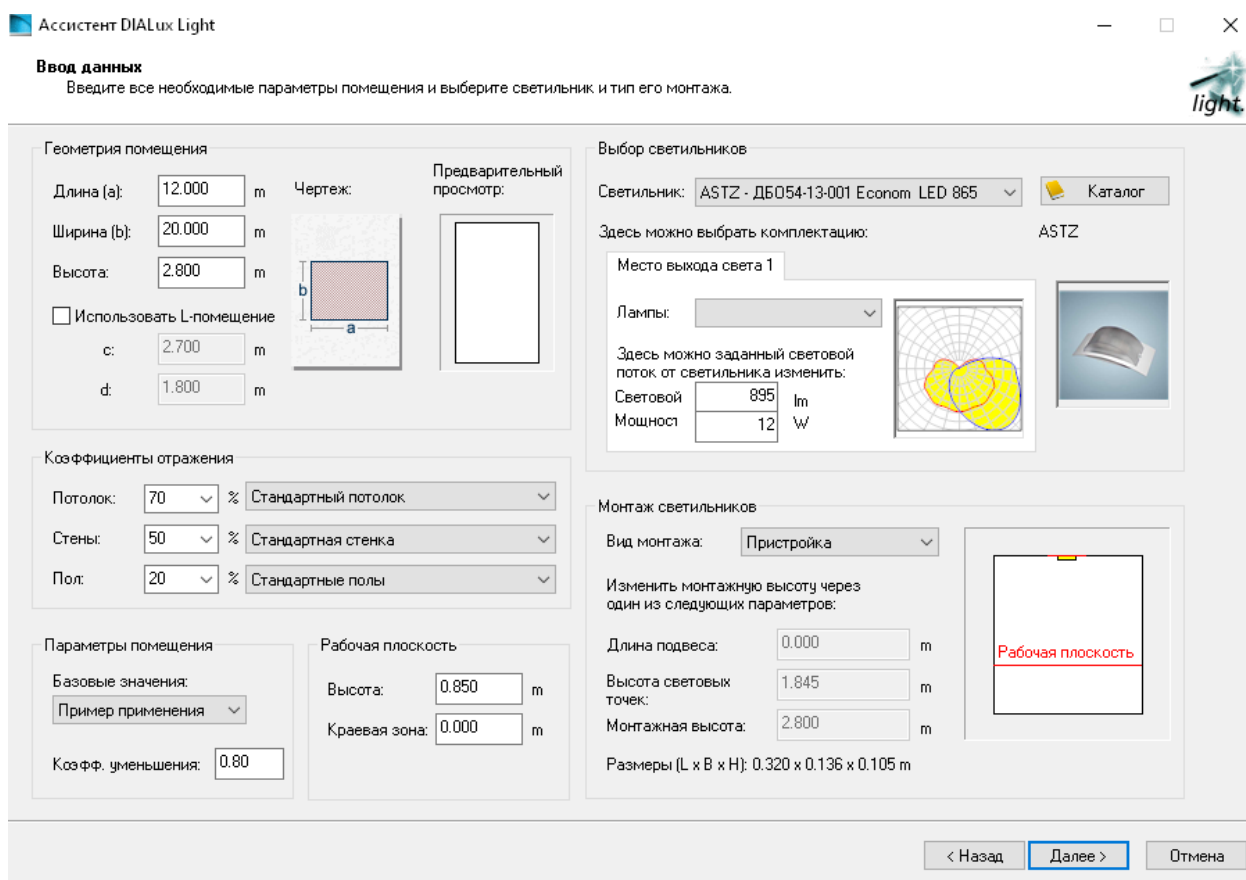


Рисунок 3 – Установка параметров и данных в DIALux 4.12 Light для расчёта освещения гостевого зала магазина

Далее определяется планируемая величина освещённости освещения гостевого зала магазина.

Принимается согласно [16] средняя освещенность в горизонтальной плоскости, не менее $E_n=250$ лк с учётом рассеивания и падения освещённости по периметру объекта.

С учётом выбранного типа светильника, а также конфигурации объекта, выбирается 110 светильников ASTZ-ДБ054-13-001 (10 рядов по 11 светильников в каждом).

Выбирается равномерное освещение светильников с расстоянием [16]:

- от светильников до боковых границ объекта: по вертикали $l=0,55$ м; горизонтальных $l=1$ м;

- расстояние: между светильниками – 1,09 м, между рядами светильников – 2 м.

Полученные в программе результаты расположения светильников гостевого зала магазина представлены на рисунке 4.

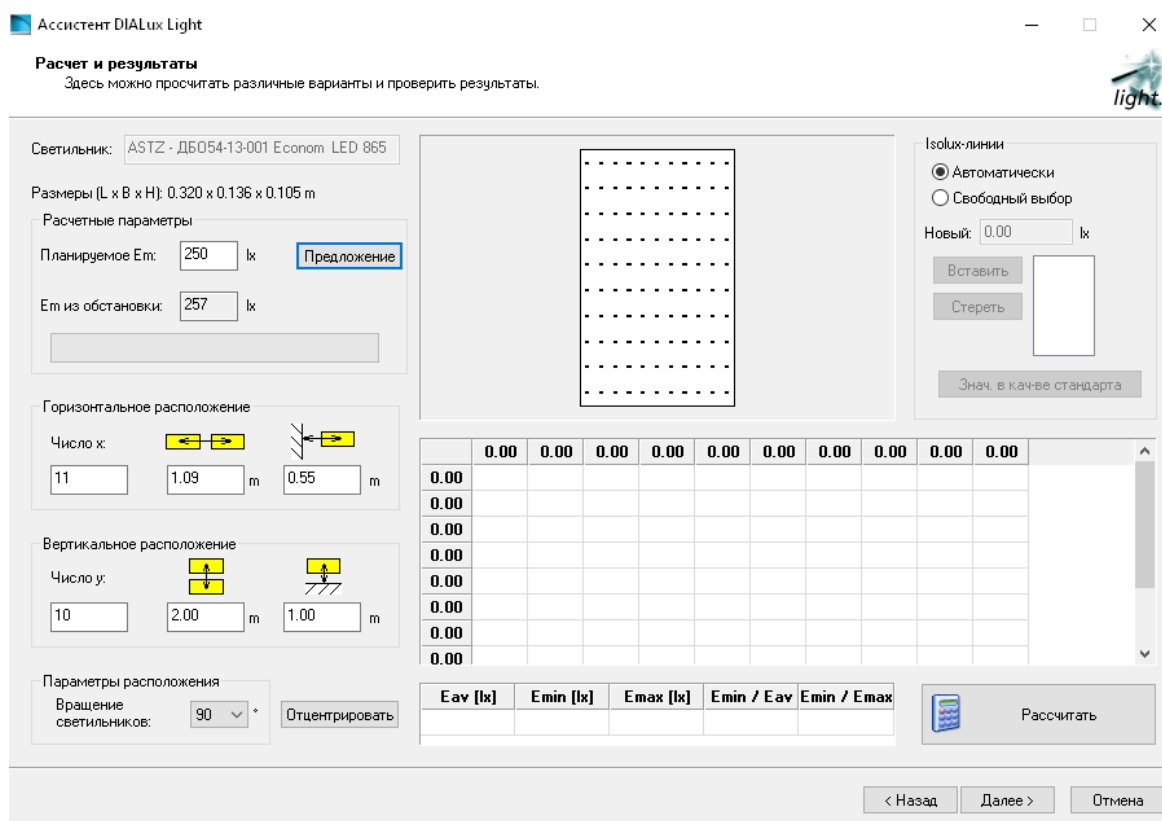


Рисунок 4 – Результаты расположения светильников гостевого зала магазина

Далее программа автоматически выдаёт результат расчёта освещения (рисунок 5).

Ассистент DIALux Light

Расчет и результаты
Здесь можно просчитать различные варианты и проверить результаты.

Светильник: ASTZ - ДБ054-13-001 Econom LED 865

Размеры (L x B x H): 0.320 x 0.136 x 0.105 m

Расчетные параметры

Планируемое Em: 250 лк

Em из обстановки: 257 лк

Горизонтальное расположение

Число к: м м

Вертикальное расположение

Число у: м м

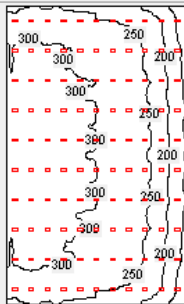
Параметры расположения

Вращение светильников: 90°

Isolux-линии

Автоматически
 Свободный выбор

Новый: 0.00 лк



	0.05	0.14	0.23	0.33	0.42	0.52	0.61	0.70	0.80	0.89	0.98	1.08
19.92	121	121	124	124	128	128	130	130	130	130	131	131
19.77	121	121	124	124	128	128	131	131	130	130	131	131
19.61	125	125	129	129	133	134	137	136	137	137	137	137
19.45	125	125	129	129	134	136	138	138	137	137	137	137
19.30	127	127	132	132	138	139	142	141	142	142	143	143
19.14	127	127	132	132	140	140	144	143	142	142	143	143
18.98	131	133	137	139	145	147	150	150	151	151	152	150

Eav [лк]	Emin [лк]	Emax [лк]	Emin / Eav	Emin / Emax
269	120	333	0.45	0.36

Рисунок 5 – Результаты расчёта наружного освещения гостевого зала магазина

Как видно из результатов расчёта освещения гостевого зала магазина, при требуемом минимальном нормируемом значении $E_n=250$ лк, фактическое значение из обстановки составляет $E_\phi=257$ лк, что полностью соответствует нормам [8,9].

Кроме того, эпюры светового потока распределены так, что максимальная освещённость в гостевом зале увеличивается, начиная от входа (на входе предусматривается наружное освещение, способное компенсировать некоторые «провалы» освещённости) [16].

Светотехнический расчёт остальных объектов магазина выполнен аналогично и результаты приведены в таблице 3.

Также согласно требованиям [8] необходимо предусмотреть аварийное освещение.

Светильники аварийного освещения выбираются из числа светильников общего освещения таким образом, чтобы их мощность и освещённость была не менее 10% от рабочего освещения.

При этом предусматривается их автоматическое включение (ЩАО) от источника бесперебойного питания (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты светотехнического расчёта помещений магазина современного типа

Помещение	Тип лампы	Площадь помещения, м ²	Нормируемая освещённость, лк	Число светильников по длине x ширине = общее число светильников, шт
1 этаж				
Гостевой зал	LED E27 12 Вт 895	240,0	250	10x11=110
Барная стойка	LED E27 12 Вт 895	12,0	250	3x2=6
Холл	LED E27 12 Вт 895	24,0	200	4x3=12
VIP-зал	LED E27 12 Вт 895	27,0	200	4x3=12
Санузел	LED E27 12 Вт 895	5,0	120	1x2=2
Горячий цех	LED E27 12 Вт 895	24,0	300	5x3=15
Холодный цех	LED E27 12 Вт 895	24,0	300	5x3=15
Котломоечная	LED E27 12 Вт 895	16,0	250	4x2=8
Моечная	LED E27 12 Вт 895	14,0	250	4x2=8
Мясной цех	LED E27 12 Вт 895	18,0	300	3x3=9
Овощной цех	LED E27 12 Вт 895	10,5	300	3x2=6
Загрузочная	LED E27 12 Вт 895	9,0	300	3x2=6
Зона выдачи блюд	LED E27 12 Вт 895	12,0	250	4x2=8
Зона кассовых аппаратов	LED E27 12 Вт 895	9,0	250	4x2=8
2 этаж				
Раздевалка	LED E27 12 Вт 895	16,0	200	3x2=6
Душевая	LED E27 12 Вт 895	12,0	200	2x2=4
Коридор	LED E27 12 Вт 895	18,0	150	2x2=4
Сан.узел	LED E27 12 Вт 895	5,0	150	1x2=2
Склад	LED E27 12 Вт 895	16,0	200	3x2=6
Офис	LED E27 12 Вт 895	16,0	200	3x2=6
Всего по магазину				253

В результате проведенного моделирования в программе DIALux 4.12 Light, выбраны типы и марки светильников для каждого объекта и помещения системы освещения магазина.

При этом суммарная расчётная нагрузка освещения магазина с учётом количества светильников и мощности ламп равна

$$P_{осв.н} = 253 \cdot 0,012 = 3,036 \text{ кВт} \approx 3,04 \text{ кВт}.$$

Для освещения магазина расчётная реактивная нагрузка с учётом выбранных источников света

$$Q_{осв.н} = P_{осв.н} \cdot \operatorname{tg}\phi, \text{ кВАр}, \quad (1)$$

где $\operatorname{tg}\phi$ - коэффициент реактивной мощности выбранных источников света, соответствующий нормируемому значению коэффициента активной мощности выбранных источников света $\cos\phi$.

$$Q_{осв.н} = 3,04 \cdot 0,33 \approx 1 \text{ квар}.$$

Полная расчётная нагрузка освещения помещений магазина

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

$$S_{осв.н} = \sqrt{3,04^2 + 1^2} = 3,2 \text{ кВА}.$$

В виду отсутствия точных данных о внешней прилегающей территории магазина, дополнительно принимается 0,5 кВт на наружное освещение магазина современного типа (вход, реклама, подсветка, освещение здания, подъездов, парковки и т.д.).

Предусматривается питание наружного освещения от щитка рабочего освещения.

С учётом предусматриваемой нагрузки наружного освещения, окончательные результаты осветительной нагрузки магазина

$$P_{осв.н} = 3,04 + 0,5 = 3,54 \text{ кВт.}$$

$$Q_{осв.н} = 3,54 \cdot 0,33 \approx 1,17 \text{ квар.}$$

$$S_{осв.н} = \sqrt{3,54^2 + 1,17^2} = 3,72 \text{ кВА.}$$

Аварийное освещение принимается 10% от рабочего освещения. Лампы аварийного освещения выделяются из состава рабочего освещения магазина современного типа. Результаты расчёта освещения учитываются при расчёте суммарной электрической нагрузки магазина далее в работе.

2.3 Расчёт электрических нагрузок

Расчетные нагрузки магазина современного типа определяется методом коэффициента спроса [7].

Активная нагрузка потребителей проектируемого магазина современного типа

$$P_p = P_{ном} \cdot k_c, \text{ кВт,} \quad (3)$$

где k_c – коэффициент спроса потребителя.

Реактивная нагрузка потребителей проектируемого магазина современного типа

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi, \text{ квар.} \quad (4)$$

Определяется полная расчётная нагрузка потребителей магазина современного типа

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{кВА.} \quad (5)$$

Расчетный ток потребителей магазина современного типа

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \text{А.} \quad (6)$$

Активная и реактивная нагрузки

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

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

Определяется полная расчётная нагрузка

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

Расчетный ток

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

Результаты расчета силовых и осветительных электрических нагрузок отдельных групп потребителей магазина современного типа приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта электрических нагрузок потребителей магазина современного типа

Наименование электроприемника	$P_{ном}$, кВт	Кол-во	$P_{у\sum}$, кВт	K_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	I_p , А
Система автоматической пож.сигнализации	1	1	1	1,0	0,98	0,20	1	0,20	1,02	1,57
Видеонаблюдение	0,5	1	0,5	1,0	0,98	0,20	0,5	0,10	0,51	0,78
Локальная сеть (СКС)	0,5	1	0,5	1,0	0,98	0,20	0,5	0,10	0,51	0,78
Тепловые завесы	4	3	12	0,9	0,85	0,62	10,8	6,69	12,71	19,55
Нагреватели (П1, П2)	30	2	60	0,8	0,95	0,33	48	15,78	50,53	77,74
Вентиляционные системы	7,5	1	7,5	0,8	0,75	0,88	6	5,29	8,00	12,31
Кондиционеры	4,72	2	9,44	0,5	0,75	0,88	4,72	4,15	6,28	9,67
Барное оборудование	11,5	1	11,5	0,7	0,93	0,40	7,774	3,07	8,36	12,86
Розеточные сети гостевого зала	6,5	1	6,5	1,0	0,95	0,33	6,5	2,14	6,84	10,52
Бойлер	3	1	3	1,0	0,95	0,33	3	0,99	3,16	4,86
Полотенцесушитель	2	1	2	0,4	0,95	0,33	0,8	0,26	0,84	1,29
Кассовое оборудование	2	6	12	0,4	0,95	0,33	4,8	1,58	5,05	7,77
Холодильная камера	1,5	2	3	0,7	0,75	0,88	2,1	1,85	2,80	4,31
Посудомойка	10,75	1	10,75	0,7	0,9	0,48	7,525	3,64	8,36	12,86
Плита	12,5	2	25	0,7	1,0	0,33	17,5	5,75	18,42	28,34
Гриль	4,5	1	4,5	0,7	0,95	0,33	3,15	1,04	3,32	5,11
Пароконвектомат	12,5	1	12,5	0,7	0,9	0,48	8,75	4,24	9,72	14,95
Расстоечный шкаф	2,53	1	2,53	0,7	1,0	0,33	1,771	0,58	1,86	2,86
Розетки в зоне выдачи блюд	2	2	4	0,7	0,95	0,33	2,8	0,92	2,95	4,54
Розетки второго этажа	2	5	10	0,7	0,95	0,33	7	2,30	7,37	11,34
Оборудование кухни	2	7	14	0,7	0,95	0,33	9,8	3,22	10,32	15,88
Рабочее освещение	2,92	1	2,92	1	0,98	0,20	2,92	0,58	2,98	4,58
Аварийное освещение	0,29	1	0,29	1	0,98	0,20	0,29	0,06	0,30	0,46
Итого:			215,4	0,71	0,99	0,07	158,0	64,5	170,7	262,2

Далее необходимо распределить потребители по соответствующим распределительным щитам и рассчитать нагрузку для каждого щита отдельно с учётом коэффициентов одновременности максимума нагрузки (K_o) [19].

В работе принимается значение K_o [19]:

- для силовых щитов – $K_o=0,9$;
- для щитов освещения – $K_o=1$.

В магазине необходимо предусмотреть распределительные щиты:

- ЩСК – щит силовой технологического оборудования;
- ЩВК – щит силовой вентиляции и кондиционирования;
- ЩСЗ – розеточные сети;
- ЩБ – щит бара;
- ЩРО – щит рабочего освещения;
- ЩАО – щит аварийного освещения.

Результаты расчёта электрических нагрузок распределительных щитов магазина современного типа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчёта электрических нагрузок распределительных щитов магазина современного типа

Наименование распределительного щита и потребителей, питающихся от него	$P_{ном}$, кВт	Кол-во	$P_{у\Sigma}$, кВт	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	I_p , А
ЩСК (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	10,75	7,525	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 ЩСК (с учётом $K_o=0,9$)				49,9	19,7	53,7	82,5

Продолжение таблицы 4

Наименование распределительного щита и потребителей, питающихся от него	Рном, кВт	Кол-во	Р _{уΣ} , кВт	Р _р , кВт	Q _р , кВар	S _р , кВА	I _р , А
ЩБ (щит бара)							
Система автоматической пож.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 ЩБ (с учётом K _о =0,9)				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 (с учётом K _о =0,9)				62,6	28,7	68,9	105,9
ЩСЗ (розеточные сети)							
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 ЩСЗ (с учётом K _о =0,9)				18,1	5,9	19,1	29,3
ЩРО (щит рабочего освещения)							
Рабочее освещение (с учётом K _о =1)	3,54	1	3,54	3,54	1,17	3,72	5,77
ЩАО (щит аварийного освещения)							
Аварийное освещение (с учётом K _о =1)	0,35	1	0,35	0,35	0,12	0,37	0,58
Итого (с учётом K _о):				142,6	58,4	154,1	237,1

Результаты, полученные при расчёте электрических нагрузок, используются в работе далее при выборе электрических аппаратов для защиты и коммутации электрической сети, а также сечения и кабелей проектируемой системы электроснабжения магазина современного типа.

2.4 Выбор и проверка силовых трансформаторов на питающей подстанции

Для питания проектируемого магазина современного типа от энергосистемы применяется понижающая трансформаторная подстанция, на которой устанавливается один силовой трансформатор, так как магазин относится к 3 категории надёжности потребителей, и, следовательно, он должен получать питание от одного источника без резервирования [18].

Выбор силовых трансформаторов для установки на питающей ПС-10/0,4 кВ магазина современного типа производится по материалам [7,8].

Мощность силового трансформатора на питающей ПС-10/0,4 кВ определяется из соотношения [17]

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.}}}{N\beta_{\text{т}}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{ном.т.р}}$ – значение полной номинальной расчетной мощности силового трансформатора, кВА;

$P_{\text{р.}}$ – значение расчетной активной нагрузки ПС-10/0,4 кВ, кВт;

N – количество силовых трансформаторов ПС-10/0,4 кВ, шт;

$\beta_{\text{т}}$ – коэффициент загрузки силового трансформатора ТП-6/0,4 кВ по [4].

По условию (7)

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{154,1}{1 \cdot 0,9} = 171,2 \text{ кВА.}$$

По [8] выбран для установки на питающей ПС-10/0,4 кВ силовой трансформатор марки ТМЗ-250/10. Для проверки выбранных трансформаторов, согласно [5], проводится проверка на допустимую

нагрузку.

Проверка в нормальном режиме [16]

$$K_3^n \leq 0,85 \leq \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{ном.т}}. \quad (8)$$

Условия проверки выполняются

$$K_3^n = \frac{171,2}{250} = 0,68 \leq 0,85.$$

Проверка в аварийном режиме для выбранного типа силового трансформатора не проводится в виду отсутствия резервирования в системе электроснабжения (второй трансформатор отсутствует).

Окончательно принимается к установке на питающей ПС-10/0,4 кВ проектируемого магазина современного типа силовой трансформатор марки ТМЗ-250/10, который обеспечит надёжную работу схемы электроснабжения магазина в нормальном режиме работы.

2.5 Выбор и проверка сечения проводников

Далее проводится выбор кабельных линий для питания системы электроснабжения магазина современного типа.

В работе выбору подлежат следующие кабельные линии:

– питающей сети внешнего электроснабжения – кабельная линия с использованием силового кабеля, питающая ГРЩ магазина современного типа от питающей ТП-10/0,4 кВ;

– питающей сети внутреннего электроснабжения – кабельные линии для питания распределительных щитов;

– распределительной сети внутреннего электроснабжения – кабельные линии для питания потребителей от распределительных щитов.

В работе применяются современные негорючие кабельные линии марки ВВГнг-LS, отлично подходящие по условиям пожаробезопасности объекта.

Все перечисленные кабели питающей сети магазина современного типа выбираются пятижильными, что связано с рекомендованным [13] режимом заземления нейтрали – TN-C-S. По этой же причине кабели распределительной сети принимаются трёхжильными.

Известно, что выбор проводников сетей низкого напряжения заключается в определении тока, протекающего по кабелю в нормальном и послеаварийном режиме [13, п.1.3.10]. Сечения кабелей должны выбираться по длительно допустимому току в нормальном и послеаварийном режимах и проверяться по допустимым отклонениям напряжения [13, п.1.3.10].

При этом необходимо учитывать:

- поправочные коэффициенты на число работающих кабелей;
- фактическую температуру окружающей среды;
- тепловое сопротивление грунта и допустимую перегрузку в послеаварийном режиме.

Согласно [5,6], при выборе поправочных коэффициентов вычисляется значение суммарного коэффициента:

$$K_{общ.} = K_{1.н} \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (9)$$

$$K_{общ.} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9.$$

Для кабелей должны выполняться условия выбора и проверки:

В нормальном режиме работы [1, п.1.3.10]:

$$I'_{дон} \geq I_p^H, A, \quad (10)$$

где I_p^H - ток нормального режима, А;

$I'_{дон}$ - длительный допустимый ток кабеля с учётом отклонений от нормальных условий прокладки, А.

Значение расчетного тока в нормальном режиме в работе определено ранее. При этом длительный допустимый ток кабеля с учётом отклонений от нормальных условий прокладки определяется так [1, п.1.3.10]

$$I'_{дон} = K_{общ} I_{дон}, \text{ А}, \quad (11)$$

где $K_{общ}$ - суммарный поправочный коэффициент, $K_{общ.} = 0,9$;

$I_{дон}$ - длительный допустимый ток кабеля, табл.1.3.4 [1].

Проводится расчёт и выбор кабельной линии, питающей ГРЩ магазина современного типа от ТП-10/0,4 кВ. Расчётный ток нормального режима рассчитан ранее и равен 237,1 А. Принимается два кабель марки ВВГнг-LS 5х95, $I_{дон} = 259$ А, прокладка – в земле. Выбор – по каталогу [19].

Проверка выполняется

$$259 \cdot 0,95 = 246,1 \text{ А} > 237,1 \text{ А}.$$

Выбранный кабель для питания ГРЩ от ТП-10/0,4 кВ марки ВВГнг-LS 5х95 с $I_{дон} = 259$ А удовлетворяют условиям выбора и проверки.

Аналогичные расчеты проведены для линий питающей и распределительной сети и результаты представлены в таблице 5 [12].

При этом в работе принимается по условиям согласования проводников и аппаратов в системе электроснабжения (селективности):

– вводных щитов силовой нагрузки распределительной сети внешнего электроснабжения напряжением 0,38/0,22 кВ – не менее 4 мм², для питания вводных щитков освещения – не менее 2,5 мм² [1];

– отдельных потребителей (групп потребителей) распределительной сети – не менее 2,5 мм², для питания линий освещения – не менее 1,5 мм² [1].

Таблица 5 – Результаты выбора кабельных линий питающей и распределительной сети внутреннего электроснабжения магазина современного типа

Наименование распредел. щита и потребителей, питающихся от него	Sp, кВА	Ip, А	Г _{доп} , А	Марка кабеля
ЩСК (щит силовой технологического оборудования)				
Кассовое оборудование	5,05	7,77	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Холодильная камера	2,80	4,31	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Посудомойка	8,36	12,86	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Плита	18,42	28,34	34,2	ВВГнг-LS 3x4
Гриль	3,32	5,11	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Пароконвектомат	9,72	14,95	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Расстоечный шкаф	1,86	2,86	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Оборудование кухни	10,32	15,88	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
ЩСК (вводной кабель)	53,7	82,5	98,8	ВВГнг-LS 5x25
ЩБ (щит бара)				
Система автоматической пож.сигнализации	1,02	1,57	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Видеонаблюдение	0,51	0,78	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Локальная сеть (СКС)	0,51	0,78	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Барное оборудование	8,36	12,86	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
ЩБ (вводной кабель)	9,34	14,4	32,8	ВВГнг-LS 5x4
ЩВК (щит силовой вентиляции и кондиционирования)				
Тепловые завесы	12,71	19,55	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Нагреватели (П1, П2)	50,53	77,74	79,8	ВВГнг-LS 3x16
Вентиляционные системы	8,00	12,31	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Кондиционеры	6,28	9,67	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
ЩВК (вводной кабель)	68,9	105,9	120,7	ВВГнг-LS 5x35
ЩСЗ (розеточные сети)				
Розеточные сети гостевого зала	6,84	10,52	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5

Продолжение таблицы 5

Наименование распредел. щита и потребителей, питающихся от него	S_p , кВА	I_p , А	$I_{доп}$, А	Марка кабеля
Бойлер	3,16	4,86	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Полотенцесушитель	0,84	1,29	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Розетки в зоне выдачи блюд	2,95	4,54	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
Розетки второго этажа	7,37	11,34	25,7	ВВГнг-LS 3x2,5
ЩСЗ (вводной кабель)	19,1	29,3	32,8	ВВГнг-LS 5x4
ЩРО (щит рабочего освещения)				
Рабочее освещение (вводной кабель)	2,98	4,58	27,6	ВВГнг-LS 5x2,5
ЩАО (щит аварийного освещения)				
Аварийное освещение (вводной кабель)	0,30	0,46	27,6	ВВГнг-LS 3x2,5

Также для питания всех групп распределительной сети рабочего и аварийного освещения помещений магазина современного типа принимаются кабели марки ВВГнг-LS 3x1,5 [6]. Выбранные сечения с соответствующими марками проводников магазина наносятся на графические листы 3 (силовая сеть) и 4 (осветительная сеть).

2.6 Расчёт токов короткого замыкания

Задача расчёта токов КЗ – рассчитать токи трёхфазного, двухфазного и величину ударных токов КЗ в сети 10 кВ и на вводе 0,4 кВ. Величина базисного напряжения принимается выше номинального напряжения сети на 5%.

Исходные данные для проведения расчёта:

- $L_c = 2,4$ км; где L_c – длина линии от ГПП до ТП;
- $L_{кл1} = 30$ м, где $L_{кл1}$ – длина линии от ТМ 250 – до ГРЩ;
- $L_{кл2} = 5$ м, где $L_{кл2}$ – длина линии от ГРЩ до ЩВК;
- $L_{кл3} = 11$ м, где $L_{кл3}$ – длина линии от ЩВК до потребителя (двигатель вентиляционной системы).

Составляется расчётная схема (рисунок 6) и нумеруется на ней точки КЗ. На рисунке 6 показаны расчётные точки, в которых необходимо определить токи короткого замыкания (КЗ).

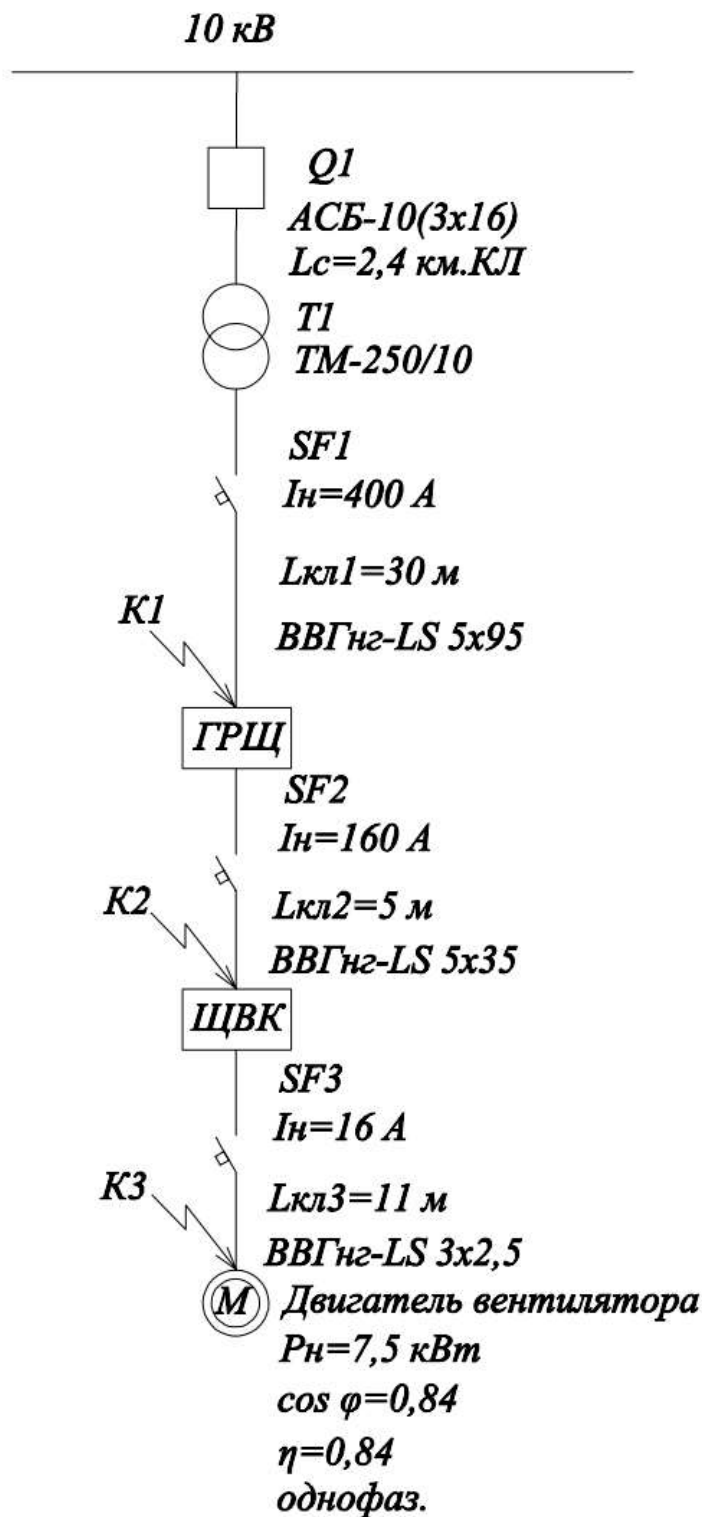


Рисунок 6 – Расчётная схема ЭСН

Исходя из расчётной схемы, составляется схема замещения (рисунок 7).

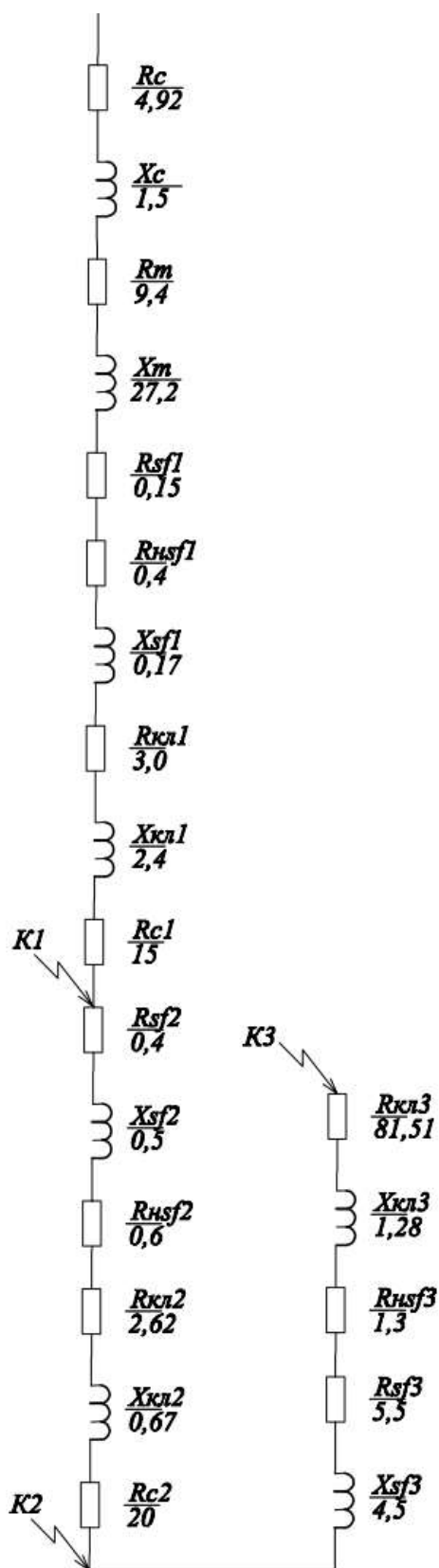


Рисунок 7 – Схема замещения первичная

Вычисляются сопротивления элементов и наносятся на схему замещения.

Для системы:

$$I_c = S_T / \sqrt{3} U_c, \text{ А.} \quad (12)$$

$$I_c = 250 / 1,73 \cdot 10 = 14,4 \text{ А.}$$

По [8, с. 71] удельное индуктивное сопротивление КЛ марки АСБ-6(3·16): $x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$; $r_0 = 1,28 \text{ Ом/км}$.

$$X'_c = x_0 \cdot L_c, \text{ Ом;} \quad (13)$$

$$R'_c = r_0 \cdot L_c, \text{ Ом;} \quad (14)$$

$$X'_c = 0,4 \cdot 2,4 = 0,96 \text{ Ом};$$

$$R'_c = 1,28 \cdot 2,4 = 3,07 \text{ Ом};$$

Сопротивления приводятся к низкому напряжению (НН):

$$R_c = R'_c \cdot (U_{НН} / U_{ВН})^2, \text{ мОм;} \quad (15)$$

$$X_c = X'_c \cdot (U_{НН} / U_{ВН})^2, \text{ мОм.} \quad (16)$$

$$R_c = 3,072 \cdot (0,4/10)^2 \cdot 10^3 = 4,92 \text{ мОм};$$

$$X_c = 0,96 \cdot (0,4/10)^2 \cdot 10^3 = 1,5 \text{ мОм.}$$

Для трансформатора [7, с.61, табл.1.9.1]:

$$R_T = 9,4 \text{ мОм,}$$

$$X_T = 27,2 \text{ мОм};$$

$$Z_T^{(1)} = 312 \text{ мОм};$$

$$Z_T = 28,7 \text{ мОм.}$$

Для автоматов [7, с.61, табл.1.9.3]:

$$SF_1: R_{SF1} = 0,15 \text{ мОм}; X_{SF1} = 0,17 \text{ мОм}; R_{HSF1} = 0,4 \text{ мОм};$$

$$SF_2: R_{SF3} = 0,4 \text{ мОм}; X_{SF3} = 0,5 \text{ мОм}; R_{HSF3} = 0,6 \text{ мОм};$$

$$SF_3: R_{SF5} = 5,5 \text{ мОм}; X_{SF5} = 4,5 \text{ мОм}; R_{HSF5} = 1,3 \text{ мОм}.$$

Для кабельных линий [7, с.62, табл. 1.9.5]

$$\text{КЛ1 (ВВГнг-LS 5x95): } r_{01} = 0,1 \text{ мОм/м}; x_{01} = 0,08 \text{ мОм/м};$$

$$R_{\text{кл1}} = r_{01} \cdot L_{\text{кл1}}, \text{ мОм}, \quad (17)$$

где $R_{\text{кл1}}$ – активное сопротивление КЛ;

$$X_{\text{кл1}} = x_{01} \cdot L_{\text{кл1}}, \text{ мОм}, \quad (18)$$

где $X_{\text{кл1}}$ – индуктивное сопротивление КЛ.

$$R_{\text{кл1}} = 0,1 \cdot 30 = 3,0 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кл1}} = 0,08 \cdot 30 = 2,4 \text{ мОм}.$$

$$\text{КЛ2 (ВВГнг-LS 5x35): } r_{02} = 0,524 \text{ мОм/м}; x_{02} = 0,133 \text{ мОм/м}.$$

$$R_{\text{кл2}} = 0,524 \cdot 5 = 2,62 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кл2}} = 0,133 \cdot 5 = 0,67 \text{ мОм}.$$

$$\text{КЛ3 (ВВГнг-LS 3x2,5): } r_{03} = 7,41 \text{ мОм}; x_{03} = 0,144 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{кл3}} = 7,41 \cdot 11 = 81,51 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кл3}} = 0,116 \cdot 11 = 1,28 \text{ мОм}.$$

Для ступеней распределения по [7, с.62, табл. 1.9.4]:

$$R_{c1} = 15 \text{ мОм};$$

$$R_{c2} = 20 \text{ мОм}.$$

Упрощается схема замещения, вычисляются эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ и наносятся на схему (рисунок 8).

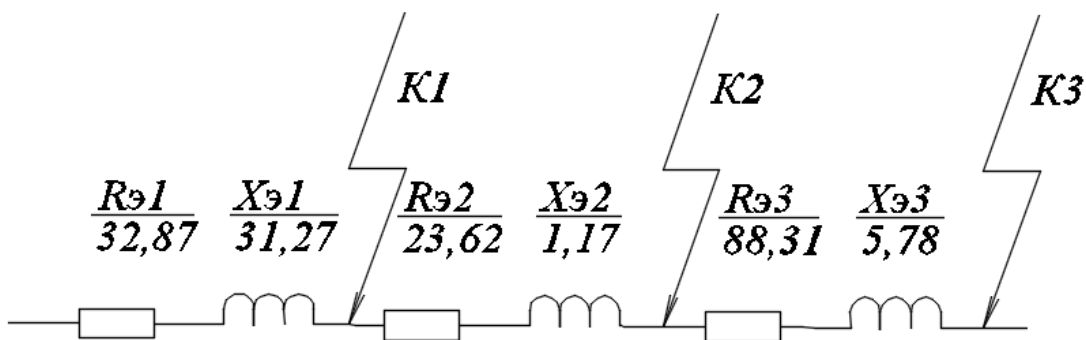


Рисунок 8 – Схема замещения упрощенная

Выполняется расчёт эквивалентных сопротивлений для упрощённой схемы замещения

$$R_{э1} = R_c + R_T + R_{SF1} + R_{HSF1} + R_{c1} + R_{кл1}, \text{ мОм.} \quad (19)$$

$$R_{э1} = 4,92 + 9,4 + 0,15 + 0,4 + 15 + 3 = 32,87 \text{ мОм.}$$

$$X_{э1} = X_c + X_T + X_{SF1} + X_{кл1}, \text{ мОм.} \quad (20)$$

$$X_{э1} = 1,5 + 27,2 + 0,17 + 2,4 = 31,27 \text{ мОм.}$$

$$R_{э2} = R_{SF2} + R_{HSF2} + R_{кл2} + R_{c2}, \text{ мОм.} \quad (21)$$

$$R_{э2} = 0,4 + 0,6 + 2,62 + 20 = 23,62 \text{ мОм.}$$

$$X_{э2} = X_{SF2} + X_{кл2}, \text{ мОм.} \quad (22)$$

$$X_{э2} = 0,5 + 0,67 = 1,17 \text{ мОм.}$$

$$R_{э3} = R_{SF3} + R_{HSF3} + R_{кл3}, \text{ мОм.} \quad (23)$$

$$R_{э3} = 5,5 + 1,3 + 81,51 = 88,31 \text{ мОм.}$$

$$X_{э3} = X_{SF3} + X_{кл3}, \text{ мОм.} \quad (24)$$

$$X_{э3} = 4,5 + 1,28 = 5,78 \text{ мОм.}$$

Вычисляются сопротивления до каждой точки КЗ и заносятся в таблицу 3.5:

$$R_{к1} = R_{\vartheta 1}, \text{ МОм.} \quad (25)$$

$$R_{к1} = 32,87 \text{ МОм.}$$

$$X_{к1} = X_{\vartheta 1}, \text{ МОм.} \quad (26)$$

$$X_{к1} = 31,27 \text{ МОм.}$$

$$Z_{к1} = \sqrt{R_{к1}^2 + X_{к1}^2}, \text{ МОм.} \quad (27)$$

$$Z_{к1} = \sqrt{32,87^2 + 31,27^2} = 45,37 \text{ МОм.}$$

$$R_{к2} = R_{\vartheta 1} + R_{\vartheta 2}, \text{ МОм.} \quad (28)$$

$$R_{к2} = 32,87 + 23,62 = 56,48 \text{ МОм.}$$

$$X_{к2} = X_{\vartheta 1} + X_{\vartheta 2}, \text{ МОм.} \quad (29)$$

$$X_{к2} = 31,27 + 1,17 = 32,44 \text{ МОм.}$$

$$Z_{к2} = \sqrt{R_{к2}^2 + X_{к2}^2}, \text{ МОм.} \quad (30)$$

$$Z_{к2} = \sqrt{56,48^2 + 32,44^2} = 65,13 \text{ МОм.}$$

$$R_{к3} = R_{к2} + R_{\vartheta 3}, \text{ МОм.} \quad (31)$$

$$R_{к3} = 56,48 + 88,31 = 144,79 \text{ МОм.}$$

$$X_{к3} = X_{к2} + X_{\vartheta 3}, \text{ МОм.} \quad (32)$$

$$X_{к3} = 32,44 + 5,78 = 38,22 \text{ МОм.}$$

$$Z_{к3} = \sqrt{R_{к3}^2 + X_{к3}^2}, \text{ МОм.} \quad (33)$$

$$Z_{к3} = \sqrt{144,79^2 + 38,22^2} = 149,75 \text{ МОм.}$$

Определяются отношения активных и индуктивных сопротивлений в расчётных точках схемы

$$R_{к1} / X_{к1} = 32,87 / 31,27 = 1,05;$$

$$R_{к2} / X_{к2} = 56,48 / 32,44 = 1,74;$$

$$R_{к3} / X_{к3} = 144,79 / 38,22 = 3,79.$$

Определяются ударные коэффициенты по [7, с.59, рис.1.9.1].

$$K_{y1} = F (R_k / X_k). \quad (34)$$

$$K_{y1} = F (1,05) = 1,0,$$

$$K_{y2} = F (1,74) = 1,0;$$

$$K_{y3} = F (3,79) = 1,0;$$

Коэффициент действующего ударного тока равен

$$q_1 = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{y1} - 1)^2}. \quad (35)$$

$$q_1 = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,0 - 1)^2} = 1.$$

$$q_2 = q_3 = 1.$$

Определяются 3-фазные и 2-фазные токи КЗ, а также ударные токи в расчётных точках схемы.

Значение токов трёхфазного КЗ

$$I_{k1}^{(3)} = U_k / (\sqrt{3} \cdot Z_k), \text{ кА}. \quad (36)$$

$$I_{k1}^{(3)} = 0,4 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot 45,37) = 5,09 \text{ кА};$$

$$I_{k2}^{(3)} = 0,38 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot 65,13) = 3,37 \text{ кА};$$

$$I_{k3}^{(3)} = 0,22 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot 149,75) = 0,85 \text{ кА}.$$

Значение ударных токов трёхфазного КЗ

$$i_{yк1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_k^{(3)}, \text{ кА}. \quad (37)$$

где K_y - ударный коэффициент.

$$i_{yк1} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 5,09 = 7,18 \text{ кА};$$

$$i_{yк2} = 1,41 \cdot 1 \cdot 3,37 = 4,75 \text{ кА};$$

$$i_{ук3} = 1,41 \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,20 \text{ кА.}$$

Значение токов двухфазного КЗ

$$I_{к}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{к1}^{(3)}, \text{ кА.} \quad (38)$$

$$I_{к1}^{(2)} = 0,87 \cdot 5,09 = 4,43 \text{ кА;}$$

$$I_{к2}^{(2)} = 0,87 \cdot 3,37 = 2,93 \text{ кА;}$$

$$I_{к3}^{(2)} = 0,87 \cdot 0,85 = 0,74 \text{ кА.}$$

Составляется схема замещения для расчета однофазных токов КЗ (рисунок 9) и определяются сопротивления схемы.

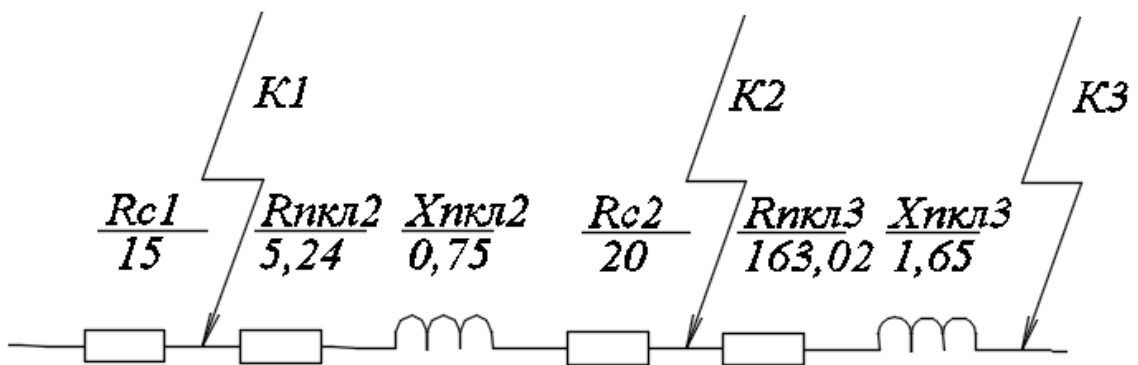


Рисунок 9 – Схема замещения для расчета однофазных токов КЗ

Для кабельных линий

$$R_{пкл2} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{кЛ2}, \text{ мОм.} \quad (39)$$

$$R_{пкл2} = 2 \cdot 0,524 \cdot 5 = 5,24 \text{ мОм.}$$

$$X_{пкл2} = x_{0п} \cdot L_{кЛ2}, \text{ мОм.} \quad (40)$$

$$X_{пкл2} = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ мОм.}$$

$$R_{пкл3} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{кЛ3}, \text{ мОм.} \quad (41)$$

$$R_{\text{пкл}3} = 2 \cdot 7,41 \cdot 11 = 163,02 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{пкл}3} = X_{0\text{п}} \cdot L_{\text{кл}3}, \text{ мОм.} \quad (42)$$

$$X_{\text{пкл}3} = 0,15 \cdot 11 = 1,65 \text{ мОм.}$$

Определяются сопротивления петли «фаза-ноль» ко всем точкам схемы

$$Z_{\text{п1}} = 15 \text{ мОм.}$$

$$R_{\text{п2}} = R_{\text{с1}} + R_{\text{пкл}2} + R_{\text{с2}}, \text{ мОм.} \quad (43)$$

$$R_{\text{п2}} = 15 + 5,24 + 20 = 35,24 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{п2}} = X_{\text{пкл}2}, \text{ мОм.} \quad (44)$$

$$X_{\text{п2}} = 0,75 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\text{п2}} = \sqrt{R_{\text{п2}}^2 + X_{\text{п2}}^2}, \text{ мОм.} \quad (45)$$

$$Z_{\text{п2}} = \sqrt{35,24^2 + 0,75^2} = 35,25 \text{ мОм.}$$

$$R_{\text{п3}} = R_{\text{п2}} + R_{\text{пкл}3}, \text{ мОм.} \quad (46)$$

$$R_{\text{п3}} = 35,24 + 163,02 = 198,26 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{п3}} = X_{\text{п2}} + X_{\text{пкл}3}, \text{ мОм.} \quad (47)$$

$$X_{\text{п3}} = 0,75 + 1,65 = 2,4 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\text{п3}} = \sqrt{R_{\text{п3}}^2 + X_{\text{п3}}^2}, \text{ мОм.} \quad (48)$$

$$Z_{\text{п3}} = \sqrt{198,26^2 + 2,4^2} = 198,27 \text{ мОм.}$$

Значение тока однофазного короткого замыкания в расчётных точках

$$I_{\text{кi}}^{(1)} = U_{\text{кф}} / (Z_{\text{пi}} + Z_{\text{T}}/3). \quad (49)$$

$$I_{\text{к1}}^{(1)} = 0,22 \cdot 10^3 / (15 + 312/3) = 1,85 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = 0,22 \cdot 10^3 / (35,25 + 312/3) = 1,57 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к3}}^{(1)} = 0,22 \cdot 10^3 / (198,27 + 312/3) = 0,73 \text{ кА.}$$

Все полученные результаты расчёта токов КЗ заносятся в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчёта токов КЗ

Точка КЗ	R_k , МОм	X_k , МОм	Z_k , МОм	R_k / X_k	K_y	q	$I_k^{(3)}$, кА	i_y , кА	$I_k^{(2)}$, кА	$Z_{п}$, МОм	$I_k^{(1)}$, кА
К1	32,87	31,27	45,37	1,05	1,0	1	5,09	7,18	4,43	15	1,85
К2	56,48	32,44	65,13	1,74	1,0	1	3,37	4,75	2,93	35,25	1,57
К3	144,79	38,22	149,75	3,79	1,0	1	0,85	1,20	0,74	198,27	0,73

В результате произведенных вычислений была составлена схема замещения, где были выбраны и пронумерованы точки КЗ, рассчитаны сопротивления и нанесены на схему замещения. Также определены токи КЗ в каждой точке и результаты внесены в сводную таблицу.

Полученные значения токов КЗ используются в работе далее при проверке электрических аппаратов в системе электроснабжения магазина.

2.7 Расчет и выбор аппаратов защиты

Проводится выбор аппаратов защиты в сети 0,38/0,22 кВ магазина современного типа.

Защита от ненормальных режимов работы и коммутация электрооборудования магазина современного типа выполняется современными марками автоматических выключателей отечественного производства, которые монтируются непосредственно в распределительных шкафах.

Условия выбора автоматических выключателей [8]:

- по напряжению, кВ

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.с}, \quad (50)$$

где $U_{ном.а}$, $U_{ном.с}$ – соответственно значение номинального (паспортного) напряжения аппарата (автомата) и сети, кВ.

- по току, А

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ф}}, \quad (51)$$

где $I_{\text{ф}}$ – тока форсированного режима, А;

- по току уставки теплового расцепителя, А

$$I_{\text{у.т.р}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{ф}}. \quad (52)$$

- по току уставки электромагнитного расцепителя, А

$$I_{\text{у.э.р}} \geq K \cdot I_{\text{у.т.р}}, \quad (53)$$

где K – кратность отношения токов уставки теплового и ЭМ расцепителя автомата (в зависимости от марки и типа).

- для автомата ввода на питающей ПС-10/0,4 кВ, $I_{\text{у.э.р}}$, А

$$I_{\text{у.э.р}} \geq 6 - 10 \cdot I_{\text{ном.т}} \quad (54)$$

где $I_{\text{ном.т}}$ – номинальный ток силового трансформатора ПС-10/0,4 кВ, А;

- по отключающей способности, А

$$I_{\text{ном.выкл}} \geq I_{\text{к}}. \quad (55)$$

Проводится выбор автомата ввода на питающей ПС-10/0,4 кВ (таблица 7) по каталогу [13].

Таблица 7 – Выбора автомата ввода питающей ПС-10/0,4 кВ

Условие выбора	Параметры электрической сети	Каталожные данные автомата марки ВА52-39
$U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.с}=380 \text{ В}$	$U_{ном.а}=380 \text{ В}$
$I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{\phi} = K_{рез} I_{ном.т} = 1 \cdot 384,6 = 384,6 \text{ А}$	$I_{ном.а}=630 \text{ А}$
$I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_{\phi}$	$1,1 \cdot I_{\phi} = 1,1 \cdot 384,6 = 423,1 \text{ А}$	$I_{у.т.р}=500 \text{ А}$
$I_{у.э.р} \geq 6 - 10 \cdot I_{ном.т}$	$10 \cdot I_{ном.т} = 10 \cdot 384,6 = 3846 \text{ А}$	$I_{у.э.р}=K \cdot I_{у.т.р} = 10 \cdot 500 = 5000 \text{ А}$
$I_{ном.выкл} \geq I_{к}$	$I_{к2} = 3,12 \text{ кА}$	$I_{ном.выкл} = 45 \text{ кА}$

Выбор остальных автоматических выключателей проведён аналогично выбору вводного автомата по указанным выше условиям выбора и проверки по каталогам [13,14], и результаты представлены приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты выбора автоматов для защиты питающей и распределительной сети внутреннего электроснабжения магазина современного типа

Наименование распред. щита и его потребителей	S_p , кВА	I_p , А	Марка автомата	$I_{ном.а}$, А	$I_{у.т.р}$, А	$I_{у.э.р}$, А
ГРЩ	154,1	237,1	ВА52-37	400	320	960
ЩСК (щит силовой технологического оборудования)						
Кассовое оборудование	5,05	7,77	ВА47-29-2С10-УХЛ3	10	10	30
Холодильная камера	2,80	4,31	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Посудомойка	8,36	12,86	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
Плита	18,42	28,34	ВА47-29-2С32-УХЛ3	32	32	96
Гриль	3,32	5,11	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Пароконвектомат	9,72	14,95	ВА47-29-2С25-УХЛ3	25	25	25
Расстоечный шкаф	1,86	2,86	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Оборудование кухни	10,32	15,88	ВА47-29-2С25-УХЛ3	25	25	25

Продолжение таблицы 8

Наименование распредел. щита и его потребителей	S_p , кВА	I_p , А	Марка автомата	$I_{ном.а}$, А	$I_{у.т.р.}$, А	$I_{у.э.р.}$, А
ЩСК (вводной автомат)	53,7	82,5	ВА 52-31	100	100	300
ЩБ (щит бара)						
Система пож. сигнализации	1,02	1,57	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6,3	6,3	18,9
Видеонаблюдение	0,51	0,78	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6,3	6,3	18,9
Локальная сеть (СКС)	0,51	0,78	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6,3	6,3	18,9
Барное оборудование	8,36	12,86	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16	16	48
ЩБ (вводной автомат)	9,34	14,4	ВА 52-31	100	25	75
ЩВК (щит силовой вентиляции и кондиционирования)						
Тепловые завесы	12,71	19,55	ВА47-29-2С25-УХЛЗ	25	25	25
Нагреватели (П1, П2)	50,53	77,74	ВА47-100 2Р 100 А	100	100	300
Вент. системы	8,00	12,31	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16	16	48
Кондиционеры	6,28	9,67	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16	16	48
ЩВК (вводной автомат)	68,9	105,9	ВА 52-33	160	125	480
ЩСЗ (розеточные сети)						
Розетки гостевого зала	6,84	10,52	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16	16	48
Бойлер	3,16	4,86	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6,3	6,3	18,9
Полотенцесушитель	0,84	1,29	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6,3	6,3	18,9
Розетки (выдача блюд)	2,95	4,54	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6,3	6,3	18,9
Розетки второго этажа	7,37	11,34	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16	16	48
ЩСЗ (вводной автомат)	19,1	29,3	ВА 52-31	100	40	120
ЩРО (щит рабочего освещения)						
Рабочее освещение	2,98	4,58	ВА47-29-3С6-УХЛЗ	6,3	6,3	18,9
ЩРО (щит аварийного освещения)						
Аварийное освещение	0,30	0,46	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6,3	6,3	18,9

Для защиты всех групп распределительной сети рабочего и аварийного освещения помещений магазина современного типа принимаются автоматы марки ВА47-29-2С6-УХЛЗ с $I_{ном.а} = 6,3$ А, $I_{у.т.р.} = 6,3$ А, $I_{у.э.р.} = 18,9$ А [14].

2.8 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии

Для проектируемого магазина необходима система учёта и контроля электроэнергии на базе современных технологий. В связи с этим, в работе выбирается система АСКУЭ с применением электронного счётчика Меркурий.

Организация системы контроля и учёта потребления электроэнергии (коммерческого и технического учета потребления электрической энергии на нужды магазина) предусматривается во ВРУ-0,4 кВ [14].

В состав учёта и контроля электроэнергии входят [15]:

- трансформаторы тока марки Т-0,66-1, 5ВА, класс точности - 0,5s, 400/5 А УЗ – 6 шт;

- счетчик трехфазный, трансформаторного включения типа Меркурий-234 ARTM-03 РВ.Г, 3х230/400В, 5(10) А, класс точности – 0,5s/1,0 – 2шт;

- цепи от трансформаторов тока до счетчика выполнены кабелем ВВГнг(4х2,5);

- цепи от ИКК до счетчика выполнены проводом ПВЗ-2,5.

Подключение счетчика к трансформаторам тока выполнить посредством испытательной клеммной колодки (ИКК) – 2 шт.

Счетчик настроен в однотарифный режим с возможностью использования многотарифного режима.

Счетчик должен иметь дату Государственной проверки не более двенадцати месяцев [14], так как прибор учета установлен не на границе балансовой принадлежности (граница балансовой принадлежности - контактные присоединения КЛ-0,4 кВ от ТП-19 в РУ-0,4 кВ).

Счетчик Меркурий 234 ARTM производства «Инкотекс» используется для учета потребления активной и реактивной электроэнергии в трехфазных сетях переменного тока (как в трёхпроводных, так и четырехпроводных) напряжением 380В и частотой 50 Гц.

Основные особенности и характеристики электросчетчика Меркурий-234 ARTM-03 РВ.Г [13]:

- класс точности измерения активной энергии - 0.5s, реактивной - 1.0;
- интерфейсы обмена данными: IrDA (Ик порт), RS-485; GSM/GPRS/RS-485;
- напряжение резервного питания $U_{рез} = 5-12$ В;
- два телеметрических выхода для активной и реактивной энергии (DIN 43864);
- защита от взлома, счетчик работает всегда в сторону увеличения, в независимости от подключения;
- самодиагностика счетчика с индикацией ошибок;
- наличие электронной пломбы.

Основные функции счетчика Меркурий 234 ARTM [13]: измерение потребляемой энергии, учёт, запись в энергонезависимую память, хранение, вывод на ЖКИ и передача по интерфейсам следующей информации: количество учтённой активной и реактивной электроэнергии отдельно по каждому тарифу и сумму по всем тарифам за следующие периоды времени:

- всего от сброса показаний;
- за текущие сутки и на начало суток;
- за 120 предыдущих суток;
- за текущий месяц и на начало месяца;
- за каждый из 36 предыдущих месяцев;
- за текущий год и на начало года;
- за предыдущий год и на начало года.

На основе данного счётчика Меркурий 234 ARTM далее описывается структура автоматизированного учета с выбранными функциями.

Внешний вид и габаритные размеры счетчика Меркурий 234 ARTM производства «Инкотекс» [13] показаны на рисунке 3.

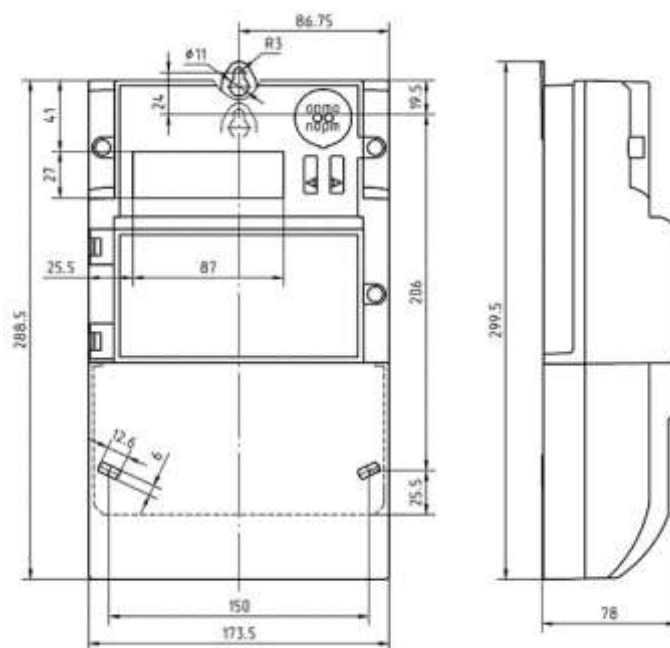


Рисунок 3 – Внешний вид и габаритные размеры счетчика марки Меркурий 234 ARTM

Согласно утвержденным техническим требованиям, структура разрабатываемой автоматизированной системы является территориально распределенной, иерархической (т.е. систему условно можно разделить на несколько уровней или подсистем) структурой, а именно [13]:

- информационно-измерительный канал (ИИК) – включает в себя измерительные трансформаторы, вторичные измерительные цепи, счетчик электрической энергии;

- информационно-вычислительный комплекс электроустановки (ИВКЭ) – включает в себя преобразующее и передающее оборудование (преобразователи интерфейсов, каналобразующее оборудование, подсистему электропитания комплекса технических средств);

- информационно-вычислительный комплекс (ИВК) - совокупность программных, информационных и технических средств, предназначенная для решения задач диагностики состояний средств и объектов измерений, а также сбора, обработки и хранения результатов измерений;

– ИВК центра сбора и обработки данных (ЦСОД), включает в себя комплекс программно-аппаратных средств обеспечения необходимых вычислительных мощностей и средств долговременного хранения и резервирования обработанных данных, разграничения доступа к информации и каналообразующего оборудования. Данный уровень выполняет функцию консолидации и долговременного хранения информации по всем точкам учета, входящим в состав автоматизированной системы, а также расчет и формирование отчетов, на основе собранных данных по потреблению электроэнергии и мощности по отдельной точке учета или по группе соединений, в зависимости от требуемого состава данных.

Корректировка времени счетчика, также возможна при работе со счетчиком по оптическому порту.

При этом необходимо синхронизировать с астрономическим время переносного компьютера, с установленным наладочным ПО для работы по оптопорту счетчика [14].

Программное обеспечение уровня точки учета, состоит из системного и прикладного ПО счетчиков и каналообразующей аппаратуры (модемов) «прошито» в ПЗУ устройств.

На этапе параметрирования в счетчике «прошиваются» тип и количество измеряемых величин, глубина хранения, очередность отображения на ЖКИ и необходимые опции связи - адрес устройства (счетчика) в системе, скорость работы интерфейса ввода-вывода.

Передача данных в разрабатываемой системе предусматривается по каналу оператора сотовой связи.

Каналы связи, предоставляемые сотовыми операторами, должны обеспечивать обмен данными.

Для исключения проблем, связанных с установлением соединения коммутируемых модемов центров сбора данных с мобильными терминалами, заключающихся в возможных сложностях при идентификации типа входящего вызова, рекомендуется использовать специально выделенный

оператором сотовой связи «дополнительный номер для приема и передачи данных» по стандартному GSM-каналу [14].

При заключении с сотовыми операторами договора на обслуживание абонентов, необходимо оговорить подключения к абонентским SIM картам услуги предоставления дополнительного номера на прием и передачу данных по стандартному GSM каналу.

Для организации надежного резервирования каналов передачи банных, предусматривается использование услуг операторов сотовой связи, обеспечивающих уверенный прием на территории расположения энергообъекта и удовлетворяющих вышеуказанным требованиям.

Данным требованиям удовлетворяют крупнейшие мобильные операторы, работающие в регионе (ЗАО «Мегафон», ЗАО «МТС» ОАО «Вымпелком»-БиЛайн).

Конкретный выбор операторов возлагается на организацию-владельца АС (потребителя электроэнергии), на стадии монтажа-наладки системы.

Организация каналов связи, в том числе сотовой, возлагается на организацию-владельца АС (потребителя электроэнергии) [13].

Структурная схема и схема подключения системы учёта и контроля потребления электроэнергии системы электроснабжения магазина приведены на графическом листе 6.

Выводы по разделу 2:

В результате выполнения второго раздела работы осуществлена непосредственная разработка системы электроснабжения магазина современного типа.

В соответствии с поставленной целью в разделе решены основные задачи:

1) осуществлена разработка, описание принципа действия электрической принципиальной схемы силовой сети и ее спецификация, разработка, описание электрической принципиальной схемы осветительной сети и ее спецификация. Для защиты от поражения электрическим током в

случае повреждения изоляции электрооборудования и электрических сетей применяется защитное заземление. В работе для всех помещений магазина современного типа принята система заземления TN-C-S;

2) проведены соответствующие расчёты и проверки, а именно: расчет освещенности методом коэффициента использования светового потока, определение расчетных электрических нагрузок, расчет и выбор силового трансформатора, выбор и проверка сечения проводников, расчет токов короткого замыкания (КЗ), расчет и выбор аппаратов защиты. На объекте предусмотрено вводное распределительное устройство (ВРУ), получающее питание на напряжении 0,38/0,22 кВ от трансформаторной подстанции энергосистемы по радиальной схеме. Для распределения электроэнергии использованы следующие распределительные щиты согласно требований технологического процесса, получающие питание от ВРУ по радиальной схеме и располагающиеся у его стен с внешней стороны: ЩСК (технологическое оборудование); ЩСЗ (розеточные сети); ЩВК (вентиляция); ЩБ (щит бара). От указанных щитов получают непосредственное питание однофазные потребители электроэнергии магазина современного типа;

3) выбраны электрические проводники принятой схемы электроснабжения магазина современного типа: так как проектируемый магазин относится к объектам средней мощности III категории надёжности, в работе принята радиальная схема питания ГРЩ магазина современного типа одним питающим силовым кабелем без резервирования марки ВВГнг-LS 5x95 от ТП-10/0,4 кВ. Такая схема соответствует требованиям основных нормативных документов. Для питания распределительной щитов магазина современного типа от ГРЩ принята радиальная схема без резервирования с использованием пятижильных кабелей марки ВВГнг-LS 5x95 различных сечений. Для питания потребителей магазина современного типа от указанных щитов используются трёхжильные кабели марки ВВГнг-LS.

4) для защиты питающей и распределительной сети магазина современного типа от ненормальных режимов (токов КЗ, перегрузки и т.д.) в работе используются современные автоматические выключатели марки ВА, выбранные по каталогу заводов – изготовителей.

4) для каждого помещения магазина современного типа на основании светотехнического расчёта в работе выбрано количество светодиодных светильников с соответствующими лампами, а также их расположение по площади объектов (с учётом количества рядов и светильников в каждом ряду). В системе электроснабжения магазина современного типа предусматривается рабочее и аварийное освещение, щитки которых получают питание от разных источников согласно требованиям основных нормативных документов. При этом для питания аварийного освещения в работе используется дополнительный собственный источник бесперебойного питания (ИБП).

3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

3.1 Анализ опасных и вредных факторов

Опасные и вредные производственные факторы в системе электроснабжения магазина имеют различную природу возникновения. Однако среди всех прочих факторов, фактор поражения электрическим током является одним из самых опасных. Как правило, поражение электрическим током в сетях магазина возникает в таких случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям под напряжением (токоведущие силовые цепи электроустановок, оперативные цепи релейной защиты и автоматики);

- при приближении на недопустимое расстояние к токоведущим частям электроустановок понизительной подстанции в системе электроснабжения магазина;

- при прикосновении к заземленным нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (напряжение прикосновения);

- при нахождении человека вблизи заземления, с которого проходит ток в землю (напряжение шага или иного возможного замыкания на землю) на питающей понизительной подстанции в системе электроснабжения магазина.

Кроме того, существует вероятность прочих производственных видов опасности:

- опасность возможных ожогов электрической дугой, которая возникла в результате неправильных оперативных действий с разъединителями, заземляющими ножами;

- возможность ушибов и переломов конечностей вследствие падений при движении по неровной или скользкой, или неосвещённой поверхности;

- опасность повреждения организма вследствие попадания конечностей под трущиеся и вращающиеся объекты электрооборудования.

Возникновения пожара на объектах магазина возможно при следующих обстоятельствах:

- при коротких замыканиях;
- при прямых попаданиях молнии;
- при перегреве и внутренних коротких замыканиях масляных трансформаторов на подстанции;
- при разрушении и перегрева изоляции с последующим возгорания;
- при перегреве токоведущих частей от перегрузки при неправильном их выборе.

3.2 Обеспечение безопасности жизнедеятельности

Обеспечение безопасности жизнедеятельности в системе электроснабжения магазина заключается в знании и соблюдении персоналом мероприятий по технике безопасности и охране труда.

Мероприятия по охране труда и технике безопасности при выполнении работ должны осуществляться при выполнении монтажных, эксплуатационных работ во системе электроснабжения объекта.

Допуск, как первичный, так и ежедневный в зону монтажа, выполняется представителем эксплуатации, имеющим право единоличного осмотра электроустановки.

Проход электромонтажников и проезд машин и механизмов к месту монтажа осуществляется в сопровождении наблюдающего.

Персонал, допускаемый к работе в электроустановке, проходит инструктажи, вводной, общий и на рабочем месте. Инструктаж непосредственно проводится ответственным лицом с последующей проверкой знаний и соответствующей записью в специальном журнале утверждённой формы.

При проведении монтажных работ применяются такелажные приспособления (тали, телефера, подъёмные устройства и др.). Для подъёма

грузов со сложной конфигурацией с несимметричным расположением центра тяжести необходимо использовать траверсы [12].

При выполнении любых видов работ необходимо пользоваться только исправным ручным и автоматизированным инструментом.

Все деревянные рукоятки ручных инструментов должны быть изготовлены из сухой древесины твёрдых и вязких пород без сучков или заусенцев. Все электроинструменты должны быть заземлены, повреждение изоляции на их корпусе не допускается.

Кроме того, все инструменты должны быть поверены с указанием времени поверки и контролирующего органа, осуществившего данную поверку. Просроченный и неисправный инструмент применять в любых видах работ запрещается.

Согласно требованиям [14], перед началом любого вида работ на электрооборудовании, электроустановках и в электрических сетях системы электроснабжения, необходимо провести организационные и технические мероприятия по технике безопасности.

Необходимо помнить, что в электроустановках всех типов и классов напряжения, согласно требований [15], должен быть обеспечен видимый разрыв.

В электроустановках и электрической сети напряжением до 1 кВ проектируемой системы электроснабжения объекта, видимый разрыв обеспечивают рубильники (при их отключении) и предохранители (при их снятии).

Кроме всего прочего, при выполнении работ в электроустановках необходимо пользоваться специальными защитными средствами:

- специальной одеждой и обувью (выдаётся работодателем);
- специальными техническими инструментами и приспособлениями (обязательно должны быть поверены);
- специальными устройствами и приспособлениями индивидуальной защиты (диэлектрические коврики, подставки, перчатки, каски и др.).

До выполнения работ в электроустановках допускаются лица, достигшие 18 летнего возраста и прошедшие соответствующее обучение согласно требований [11]. При этом всем прошедшим обучение присваивается соответствующая группа допуска по электробезопасности. Всего существует пять групп по электробезопасности. Каждая последующая группа включает в себя знание предыдущей, а также новые знания и навыки, присущие данной группе. При назначении ответственных за безопасное проведение работ обязательно должна учитываться группа по электробезопасности (не ниже установленной). Также при работе в электроустановках необходимыми являются навыки оказания первой медицинской помощи до приезда врача.

Каждый член бригады должен владеть навыками выполнения искусственного дыхания, непрямого массажа сердца, освобождения пострадавшего от электрического напряжения и т.д. Все данные мероприятия обязательны к выполнению при любых видах работ.

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Система пожарной безопасности объекта должна характеризоваться высоким уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей и выполнять следующие основные задачи:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;
- обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно.

Система электроснабжения объекта должна иметь систему пожарной безопасности, направленную на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений.

Пожарная безопасность электрических сетей и электроустановок в работе обеспечивается:

- применением негорючих конструкций;
- применением негорючих кабелей (ВВГнг);
- выбором оборудования и электроустановочных изделий, соответствующих условиям окружающей среды, номинальному напряжению и току;
- выбором марок и сечений проводников, способов их прокладки, удовлетворяющих требованиям [11];
- автоматическим отключением токов короткого замыкания аппаратами защиты (автоматами);
- применением защитного заземления.

3.3 Обеспечение экологической безопасности

При организации системы электроснабжения на объекте необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей природной среды, которые должны исключать рекультивацию земель, предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение или очистку вредных выбросов в почву, водоемы и атмосферу [10].

Охрана окружающей среды при сооружении системы электроснабжения объекта осуществляется путем выполнения природоохранных мероприятий, которые снижают или ликвидируют отрицательное воздействие на природную среду, на сохранение природных ресурсов.

Воздействие на атмосферный воздух в процессе сооружения системы электроснабжения объекта относится к кратковременному и продолжается вплоть до окончания монтажных работ.

Если в процессе работы оборудования образуются отходы, не подлежащие сбросу в общую канализационную систему, то для них

предусматривают специальные герметичные резервуары согласно требованиям [20].

Проектируемые объекты магазина не являются источниками загрязнения окружающей среды.

Процесс передачи электроэнергии на напряжении 0,38/0,22 кВ для питания системы электроснабжения магазина является безотходным, не сопровождается никакими вредными выбросами в окружающую среду.

По условию допустимых уровней радиопомех, проектируемая система электроснабжения объекта удовлетворяют требованиям действующих нормативных документов.

В работе при проектировании схемы электроснабжения магазина современного типа непосредственно учтены и согласованы все требования законодательства по охране природных ресурсов, земельного законодательства и охраны памятников культурного наследия.

Выводы по разделу 3:

В соответствии с поставленной целью в работе, в третьем разделе проведена разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда в системе электроснабжения магазина.

Приведены требования охраны труда при проведении электромонтажных работ, включающие общие требования охраны труда, требования охраны труда перед началом работ, при проведении электромонтажных работ, при аварийных ситуациях, по завершению работ.

Также рассмотрены мероприятия по обеспечению экологической безопасности на объекте.

Перечисленные мероприятия обязательны к исполнению во время проведения работ.

Заключение

В результате выполнения работы осуществлена разработка системы электроснабжения магазина современного типа.

В соответствии с поставленной целью в работе решены основные задачи:

1) проведён обзор и анализ систем электроснабжения предприятий общественного питания с рассмотрением и анализом следующих вопросов: назначение и виды систем электроснабжения предприятий общественного питания, требования, предъявляемые к проектированию систем электроснабжения предприятий общественного питания;

2) приведена характеристика системы электроснабжения магазина современного типа, включающая рассмотрение и анализ вопросов: общая характеристика объекта, план расположения и характеристика потребителей электроэнергии магазина современного типа;

3) осуществлена разработка, описание принципа действия электрической принципиальной схемы силовой сети и ее спецификация, разработка, описание электрической принципиальной схемы осветительной сети и ее спецификация. Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции электрооборудования и электрических сетей применяется защитное заземление. В работе принята система заземления TN-C-S;

4) проведены соответствующие расчёты и проверки, а именно: расчет освещенности методом коэффициента использования светового потока, определение расчетных электрических нагрузок, расчет и выбор силового трансформатора, выбор и проверка сечения проводников, расчет токов короткого замыкания (КЗ), расчет и выбор аппаратов защиты. На объекте предусмотрено вводное распределительное устройство (ВРУ), получающее питание на напряжении 0,38/0,22 кВ от трансформаторной подстанции энергосистемы по радиальной схеме. Для распределения электроэнергии

использованы следующие распределительные щиты согласно требований технологического процесса, получающие питание от ВРУ по радиальной схеме и располагающиеся у его стен с внешней стороны: ЩСК (технологическое оборудование); ЩСЗ (розеточные сети); ЩВК (вентиляция); ЩБ (щит бара). От указанных щитов получают питание однофазные потребители электроэнергии магазина современного типа;

5) выбраны электрические проводники принятой схемы электроснабжения магазина современного типа: так как проектируемый магазин относится к объектам средней мощности III категории надёжности, в работе принята радиальная схема питания ГРЩ магазина современного типа одним питающим силовым кабелем без резервирования марки ВВГнг-LS 5x95 от ТП-10/0,4 кВ. Такая схема соответствует требованиям основных нормативных документов. Для питания распределительной щитов магазина современного типа от ГРЩ принята радиальная схема без резервирования с использованием пятижильных кабелей марки ВВГнг-LS 5x95 различных сечений. Для питания потребителей магазина современного типа от указанных щитов используются трёхжильные кабели марки ВВГнг-LS.

6) для защиты питающей и распределительной сети магазина современного типа от ненормальных режимов (токов КЗ, перегрузки и т.д.) в работе используются современные автоматические выключатели марки ВА, выбранные по каталогу заводов – изготовителей.

7) для каждого помещения магазина современного типа на основании светотехнического расчёта в работе выбрано количество светодиодных светильников с соответствующими лампами, а также их расположение по площади объектов (с учётом количества рядов и светильников в каждом ряду). В системе электроснабжения магазина современного типа предусматривается рабочее и аварийное освещение, щитки которых получают питание от разных источников согласно требованиям основных нормативных документов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Автоматический выключатель серии ВА47-29 Руководство по эксплуатации. Паспорт. [Электронный ресурс]: URL: <https://tdme.ru/upload/pasport/VA47-29.pdf> (дата обращения: 15.08.2021).
2. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. М. : Форум, НИЦ ИНФРА. 2016. 416 с.
3. Вахнина В. В. Электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы: электронное учебно-методическое пособие. - Тольятти [Электронный ресурс]: URL: <https://dspace.tltsu.ru/xmlui/handle/123456789/18603/> (дата обращения: 15.08.2021).
4. Виноградова А. В. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений. М. : Интермет Инжиниринг, 2017. 672 с.
5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. 28 с.
6. Кабели ВВГнг-LS - Расшифровка, Характеристики и все сечения. [Электронный ресурс]: URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/vvgng-ls/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/vvgng-ls/) (дата обращения: 15.08.2021).
7. Каталог автоматических выключателей Ново Вятка. [Электронный ресурс]: URL: http://www.expoelectro.ru/netcat_files/104/42/Katalog_avtomaticheskie_vyklyuch_ateli_Novo_vyatka_.pdf (дата обращения: 15.08.2021).
8. Кудрин Б. И. Электроснабжение. М. : Academia, 2018. 352 с.
9. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. М. : Колос, 2016. 184 с.
10. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности

при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001). М. : ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2016. 208 с.

11. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 2017. 174 с.

12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. М. : ЗАО «Энергосервис», 2017. 256 с.

13. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / 7-е изд-е. М. : Альвис, 2018. 632 с.

14. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. Вологда : Инфра-Инженерия, 2015. 464 с.

15. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.

16. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 15.08.2021).

17. Справочник по проектированию электрических сетей. 4-е изд., перераб. и доп. М. : ЭНАС, 2018. 312 с.

18. Справочник по проектированию электроснабжения. М. : Энергоатомиздат, 2016. 576 с.

19. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М. : Форум, 2018. 142 с.

20. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. М. : Форум, Инфра. 2015. 136 с.