

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 Модернизация системы электроснабжения предприятия ООО «Ресурс Групп»

Обучающийся

Б. М. Шакиров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к. п. н., доцент, М. Н. Третьякова

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

Консультант

к. п. н., доцент, А. В. Кириллова

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

Тольятти 2023

## Аннотация

В работе проведена модернизация системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», являющегося составной частью бизнес-центра.

Для качественной реализации указанной основной цели, в данной работе осуществлено решение следующих основных поставленных задач:

- приведена краткая техническая характеристика основных офисных помещений и потребителей электрической энергии организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»;
- на основе технических характеристик помещений и потребителей электрической энергии офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», разработаны и обоснованы мероприятия по модернизации системы электроснабжения объекта проектирования;
- осуществлён выбор мощности и количества трансформаторов питающей понизительной трансформаторной подстанции объекта проектирования с учётом компенсации реактивной мощности в питающей и распределительной сетях объекта;
- произведён выбор марок и сечений проводников и электрических аппаратов системы электроснабжения объекта проектирования;
- проведён анализ технико-экономической эффективности модернизации системы электроснабжения ООО «Ресурс групп».

## **Abstract**

The work carried out the modernization of the power supply system of office premises of the organization for temporary employment of the population LLC «Resource Group», which is an integral part of the business center.

For the qualitative implementation of this main goal, in this work the solution of the following main tasks was carried out:

- a brief technical description of the main office premises and consumers of electric energy of the organization for temporary employment of the population LLC «Resource Group» is given;
- on the basis of the technical characteristics of the premises and consumers of electric energy of the office premises of the organization for temporary employment of the population LLC «Resource Group», measures were developed and justified to modernize the power supply system of the design object;
- the choice of power and number of transformers of the supply step-down transformer substation of the design object was carried out, taking into account reactive power compensation in the supply and distribution networks of the object;
- selection of grades and cross-sections of conductors and electrical devices of the power supply system of the design object;
- technical and economic indicators of the modernized power supply system for office premises of the organization for temporary employment of the population LLC «Resource Group» were calculated.

## Содержание

Введение .....	5
1 Анализ характеристик системы электроснабжения ООО «Ресурс групп» ....	8
1.1 Краткая характеристика деятельности организации .....	8
1.2 Техническая характеристика помещений и потребителей организации .....	11
1.3 Обоснование проведения модернизации объекта .....	17
2 Модернизация системы электроснабжения ООО «Ресурс групп» .....	20
2.1 Выбор схемы электроснабжения .....	20
2.2 Определение расчётных электрических нагрузок .....	25
2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов на питающей подстанции .....	32
2.4 Выбор и проверка проводников 0,38/0,22 кВ .....	36
2.5 Выбор и проверка сечения проводников 10 кВ .....	40
2.6 Расчёт токов короткого замыкания .....	42
2.7 Выбор электрических аппаратов 10 кВ .....	51
2.8 Выбор электрических аппаратов 0,4 кВ .....	56
3 Анализ технико-экономической эффективности модернизации системы электроснабжения ООО «Ресурс групп» .....	61
3.1 Расчёт капитальных вложений .....	61
3.2 Расчёт сметной стоимости проекта .....	66
Заключение .....	70
Список используемых источников .....	73

## **Введение**

В настоящей работе детально разрабатывается проект модернизации системы электроснабжения гражданского объекта – офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», в которых предоставляется комплекс соответствующих услуг для населения и организаций.

Известно, что системы электроснабжения современных офисных помещений организаций по временному трудоустройству населения, один из которых рассматривается в работе, являются важным звеном экономики регионов и страны в целом, так как предполагает предоставления комплекса услуг, которые будут приносить денежные отчисления в бюджет города, региона и страны в целом.

Фактически, современные гражданские сооружения в полной мере должны быть оборудованы качественными системами электроснабжения, водоотведения, водоснабжения, газоснабжения. Помимо этого, в качестве резервных источников питания для современных гражданских сооружений, рекомендуется использовать собственные независимые системы электроснабжения и обеспечения в целом, которые должны включаться автоматически при исчезновении централизованного питания потребителей. По этой же причине, также в современных гражданских сооружениях, должны быть предусмотрены системы пожарной сигнализации, видеонаблюдения, оповещения, а также другие аналогичные системы и службы.

На основании перечисленных аспектов можно сделать вывод, что современные гражданские сооружения требуют комплексного и квалифицированного подхода к проектированию всех систем обеспечения жизнедеятельности, в особенности системы электроснабжения.

Целью данной работы является разработка проекта модернизации системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» в составе бизнес-центра.

Объектом исследования в данной работе является система электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», рассматриваемая неразрывно с электрической системой бизнес-центра, в состав которого входят данные офисные помещения организации.

Предметом исследования являются схема электрических соединений системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также элементы системы электроснабжения объекта исследования, а именно: электрические сети питающей и распределительной сети, силовые трансформаторы питающей подстанции, электрические аппараты и оборудование всех рассматриваемых в работе номинальных классов напряжения бизнес-центра, в состав которого входят офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Для качественной реализации указанной основной цели, в данной работе целесообразно и необходимо осуществить решение следующих основных поставленных задач, в частности:

- привести краткую техническую характеристику основных помещений и потребителей электрической энергии офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также всех помещений бизнес-центра, в котором расположена система электроснабжения данной организации;
- провести анализ основных требований, предъявляемых к системам электроснабжения гражданских сооружений положениями нормативных документов;
- на основе технических характеристик помещений и потребителей электрической энергии организации, с учётом основных требований, предъявляемых к системам электроснабжения гражданских сооружений положениями нормативных документов, разработать и

обосновать мероприятия по модернизации схемы электроснабжения объекта проектирования;

- осуществить выбор мощности и количества трансформаторов питающей понизительной трансформаторной подстанции объекта проектирования с учётом компенсации реактивной мощности в питающей и распределительных сетях объекта проектирования;
- на основе основных технических характеристик и требований нормативных документов, осуществить выбор схемы и конструктивного выполнения и способов прокладки питающих и распределительных сетей объекта проектирования;
- произвести выбор марок и сечений проводников объекта проектирования;
- выполнить расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения объекта проектирования;
- осуществить выбор и проверку электрических аппаратов системы электроснабжения объекта проектирования;
- провести анализ технико-экономической эффективности модернизации системы электроснабжения ООО «Ресурс групп».

Выбор оптимальных технических решений по модернизации объекта в работе проводятся, исходя из нормативно–технических источников с использованием рекомендованной технической нормативной и учебной литературы и типовых проектов.

# 1 Анализ характеристик системы электроснабжения ООО «Ресурс групп»

## 1.1 Краткая характеристика деятельности организации

Рассматриваемая в работе организация по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», территориально расположена в городе Москва, на улице Пресненская набережная, д. 12 [7].

Организация снимает офисные помещения в современном высотном бизнес-центре (основной офис - № 23, а также несколько вспомогательных офисов для работы с клиентами и работы персонала организации).

Расположение организации ООО «Ресурс Групп» на карте г. Москвы представлено на рисунке 1 [7].

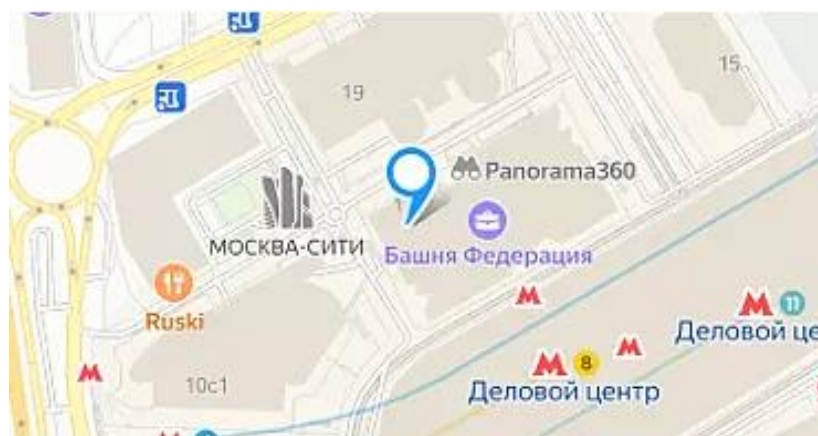


Рисунок 1 – Расположение организации ООО «Ресурс Групп» на карте г. Москвы

Основной вид деятельности предприятия ООО «Ресурс Групп» - работа с населением и организациями по оказанию услуг временного трудоустройства [7]. Компания по данному направлению является одним из лидеров отечественного рынка услуг. Согласно экономическим данным из открытых источников, выручка ООО «Ресурс Групп» постоянно увеличивается. Организация постоянно расширяет логистические и деловые связи. Уставной капитал организации составляет 1 млн. руб. [7].



Как было указано ранее, ООО «Ресурс Групп» занимает одно из ведущих мест по Московской области по оказанию услуг временного трудоустройства для населения и организаций [7].

Выручка ООО «Ресурс Групп» на протяжении 2017-2021 гг., согласно данным из открытых источников, приведена на рисунке 2 [7].



Рисунок 2 – Выручка ООО «Ресурс Групп» на протяжении 2017-2021 гг., согласно данным из открытых источников

Как видно из графика рисунка 1, выручка ООО «Ресурс Групп» на конец 2021 гг. составила 0,67 млрд. руб., что более чем вдвое превышает уровень выручки предприятия за 2020 г.

График прибыли ООО «Ресурс Групп» на протяжении 2017-2021 гг., согласно данным из открытых источников, представлен на рисунке 3 [7].

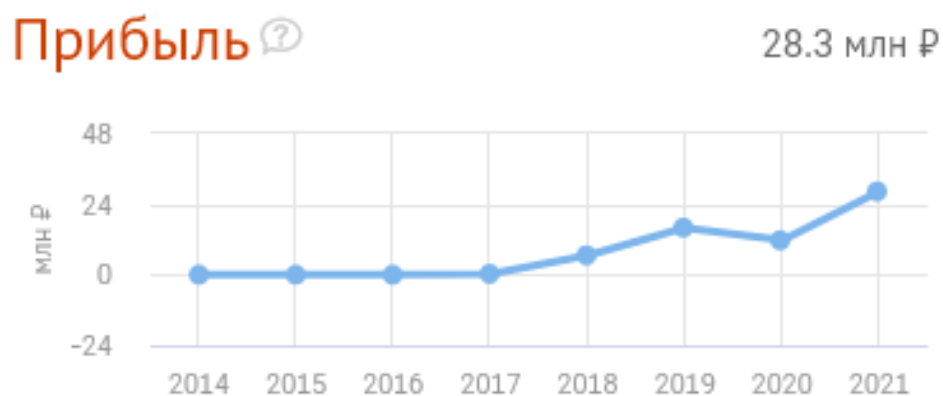


Рисунок 3 – Прибыль ООО «Ресурс Групп» на протяжении 2017-2021 гг., согласно данным из открытых источников

Как видно из графика рисунка 2, прибыль ООО «Ресурс Групп» на конец 2021 гг. составила 28,3 млн. руб., что более чем вдвое превышает уровень прибыли организации за 2020 г.

Рыночная стоимость компании ООО «Ресурс Групп» на протяжении 2017-2021 гг., согласно данным из открытых источников, представлена на рисунке 4 [7].



Рисунок 4 – Рыночная стоимость ООО «Ресурс Групп» на протяжении 2017-2021 гг., согласно данным из открытых источников

Как видно из графика рисунка 3, рыночная стоимость ООО «Ресурс Групп» на конец 2021 гг. составила 109,1 млн. руб., что более чем вдвое превышает уровень прибыли предприятия за 2020 г.

Рыночная стоимость организации увеличилась за счёт покупки новых объектов недвижимости и расширения деятельности. Помимо основного офиса, организацией были выкуплены дополнительные офисные помещения в бизнес-центре.

Таким образом, анализ финансовой и организационной отчётности организации ООО «Ресурс Групп», находящийся в свободном доступе, позволяет сделать предположение о значительной перспективе развития данной организации в условиях современности, при условии расширения рынков оказания услуг, увеличения спроса на услуги, а также налаживанию и восстановления логистических связей.

## **1.2 Техническая характеристика помещений и потребителей организации**

Занимаемые площади организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп») состоят из совокупности офисных помещений, которые расположены в одном высотном многоэтажном здании бизнес-центра.

В здании бизнес-центра, помимо офисных помещений рассматриваемой организации, также расположены другие потребители разного типа, торговые потребители и потребители сферы обслуживания, а также прочие потребители: конференц-зал бизнес-класса улучшенной планировки и повышенной потребляемой мощности.

В виду того, что рассматриваемые в работе занимаемые площади организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» состоят из десяти офисов и помещений, которые распределены неравномерно по данному высотному многоэтажному зданию, а также имеют небольшую суммарную нагрузку, в работе принято решение рассмотреть все потребители и всю систему электроснабжения данного многоэтажного сооружения бизнес-центра.

Данное многоэтажное сооружение относится к объектам бизнес-класса, и, согласно современных требований [2], должно быть оснащено полным комплексом системы жизнеобеспечения (бойлерная, компрессорная, вентиляция). Все технические системы данного комплекса жизнеобеспечения размещается в подвальном помещении объекта.

По степени надежности электроснабжения, сооружение бизнес-центра, в котором расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», относится ко II категории потребителей.

В состав современного сооружения (бизнес-центра), в который также входит система электроснабжения офисных помещений организации по

временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», входят некоторые потребители, имеющие значительные электрические нагрузки и работающие на номинальном напряжении 0,38/0,22 кВ.

Основой для проектирования объекта являются максимальные значения установленных нагрузок, согласованные с энергоснабжающей организацией и внесённых в проект.

Рассматриваемый бизнес-центр полностью газифицирован, что учтено при выборе электрических нагрузок потребителей.

Автомобильные дороги и подъезды находятся в хорошем состоянии, препятствий, затрудняющих прокладку трасс линий и требующих специальных переходов или конструкций линий, нет.

Объект представляет собой строение из девяти этажей, собранных из железобетонных сборных панелей современного типа.

Далее в работе приводятся основные сведения по строительным материалам и коммуникациям объекта.

Управление вентиляцией офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также других объектов бизнес-центра, осуществляется автоматически. Пульт управления вентиляцией и остальными коммуникациями размещается в специализированном техническом помещении в подвале данного объекта.

Система отопления в помещениях бизнес-центра, в котором также расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» - водяная с применением принудительной циркуляции теплоносителя под давлением с использованием мощных насосных установок.

В помещениях бизнес-центра, в котором также расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», также должна быть предусмотрена автоматическая регулировка температуры воздуха в зависимости от внешних метеорологических условий.

Подача воды осуществляется от центрального городского водопровода по магистральной ветке водоснабжения. Также существует резервный источник воды, который связан с артезианской скважиной, подача воды из которой регулируется водонапорной станцией городского водоканала, находящейся в непосредственной близости к объекту.

Система водоотведения на объекте – централизованная с резервированием дополнительной веткой (магистралью).

Электроснабжение проектируемого бизнес-центра, в котором также расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», осуществляется от понизительной трансформаторной подстанции напряжением ТП-10/0,4 кВ.

В данном строении бизнес-центра предусмотрено наличие пяти парадных. При этом коммуникации всех парадных разделены с целью обеспечения надёжности схемы.

Современные многоэтажные гражданские сооружения обустраиваются таким образом, чтобы обеспечить максимальную независимость от внешних факторов и условий [7].

При этом элитные помещения, которые расположены в данном бизнес-центре, отличаются повышенной комфортностью, так как в систему жизнеобеспечения входят дополнительные коммуникации, которые должны быть учтены при проектировании и полностью автоматизированы:

- автономная система отопления;
- система кондиционирования и увлажнения воздуха;
- система пожаротушения;
- система фильтрации воздуха;
- система нагрева воды;
- система резервного водообеспечения;
- система резервного водоотведения;
- лифты (пассажирские и грузовые);

- системы телекоммуникаций (видеодомофоны, связь с охраной, сигнализация).

Кроме того, на территории объекта есть подземный и наземный паркинги.

Также предусматривается освещение коридоров и лестничных клеток (по 0,2 кВт), а также наружное освещение парадных (по 0,5 кВт). Всё освещение на объекте выполнено с применением инновационных современных светодиодных ламп.

Все системы коммуникаций офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» должны быть полностью автоматизированы и работать абсолютно бесшумно по мере необходимости. Для непосредственного контроля коммуникационной системы бизнес-центра, в котором также расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», создаётся диспетчерский центр, который располагается на первом этаже сооружения в непосредственной близости к посту охраны. Оператор указанного диспетчерского центра полностью контролирует параметры всех коммуникаций, приведённых выше.

На первых этажах бизнес-центра непосредственно располагаются также нежилые потребители офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» в виде офисных помещений.

С учётом этого, к данной группе потребителей относятся:

- офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» (всего – десять офисов);
- ресторан;
- продуктовый магазин.

В связи с этим, в работе для удобства предлагается систематизировать потребители бизнес-центра на следующие основные группы:

- помещения свободного назначения;
- коммуникации (электрифицируемые).

Состав и характеристики помещений свободного назначения бизнес-центра, в котором расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», в работе представлены в форме таблицы 1.

Таблица 1 – Состав и характеристики помещений свободного назначения бизнес-центра, в котором расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Потребитель (коммуникация)	Этаж	Номинальная мощность потребителя, $P_{ном}$ , кВт	Кол-во потребителей, шт.	Суммарная установленная проектная нагрузка, $P_{уст}$ , кВт	Категория надежности и
Офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»	1	5,0	10	50	II
Ресторан	1	40,0	1	40	II
Продуктовый магазин	1	120,0	1	120	II
Всего по 1 этажу			12	210	II
Конференц-зал (малый)	2-4	8,0	60	480	II
Конференц-зал (средний)	5-6	10,0	30	300	II
Конференц-зал (большой)	7	12,0	15	180	II
Конференц-зал (просторный)	8	15,0	10	150	II
Выставочный центр	9	20,0	5	100	II
Всего по 2-9 этажам			120	1210	II
Всего по бизнес-центру			132	1690	II

Также в состав бизнес-центра входят различные коммуникации, необходимые для обеспечения нормальной жизнедеятельности и функционирования объектов.

Состав и характеристики электрифицируемых коммуникаций бизнес-центра, в котором расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», в работе представлены в форме таблицы 2.

Таблица 2 – Состав и характеристики электрифицируемых коммуникаций бизнес-центра, в котором расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Потребитель (коммуникация)	Номинальная мощность потребителя, $P_{ном}$ , кВт	Кол-во потребителей, шт.	Суммарная установленная проектная нагрузка, $P_{уст}$ , кВт	Категория надежности
Лифты грузовые	7,5	5	37,5	I
Лифты пассажирские	4,5	5	22,5	I
Автономная система отопления	22,0	5	110,0	II
Система кондиционирования и увлажнения воздуха	3	5	15,0	II
Система пожаротушения	2,0	5	10,0	I
Система фильтрации воздуха	1,2	5	6,0	II
Система нагрева воды	3,0	5	15,0	II
Система резервного водообеспечения	3,0	5	15,0	II
Система резервного водоотведения	3,0	5	15,0	II
Системы телекоммуникаций	0,5	5	2,5	I
Пост охраны	5,0	5	25,0	II
Диспетчерский центр	5,0	1	5,0	II
Освещение коридоров и лестничных клеток	0,2	45	9,0	II
Наружное освещение парадных	0,5	5	2,5	II
Подземный паркинг	12,0	1	12,0	II
Наземный паркинг	5,0	1	5,0	II
Всего		108	307,0	I, II

Основные данные и характеристики помещений, а также условий и коммуникаций в них, используются в работе далее при разработке системы электроснабжения бизнес-центра, в который также входят рассматриваемые офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Поэтому далее в работе, на основании приведённых технических исходных данных объекта проектирования, проводится выбор схемы электроснабжения, а также расчёт нагрузок с последующим выбором



кабельных линий, электрических аппаратов и силовых трансформаторов питающей подстанции объекта проектирования.

План расположения объектов и сетей бизнес-центра, в который входят офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», представлен на графическом листе 1.

Таким образом, приведённая информация по проектным нагрузкам бизнес-центра, в который входят офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», является основой для принятия технических решений по модернизации данного объекта в целом.

### **1.3 Обоснование проведения модернизации объекта**

Проводится техническое обоснование внедрения мероприятий по модернизации в системе электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Установлено, что в связи с модернизацией электрифицируемых коммуникаций и оборудования бизнес-центра, в котором расположены офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», необходимо также провести модернизацию данных офисных помещений рассматриваемой организации.

Установлено, что модернизация системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» включает в себя следующие основные направления:

- модернизацию устаревших питающих кабельных линий 0,38/0,22 кВ офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»;
- модернизацию распределительной сети 0,38/0,22 кВ офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»;

– модернизацию электрических аппаратов (автоматов) питающей и распределительной сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Также установлено, что данные мероприятия по модернизации оборудования и сетей системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», необходимо решать в комплексе с другими потребителями в рамках всей системы электроснабжения бизнес-центра, в который входят офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Кроме того, необходимо проверить все схемные решения, так как системе электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» относится ко II категории и требует двух независимых источников питания.

Следовательно, основываясь на приведённой информации, в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», в рамках всей системы электроснабжения бизнес-центра, в состав которого входит рассматриваемый в работе объект проектирования.

Данные предложения принимаются за основу.

При выполнении указанных мероприятий, основная цель работы будет достигнута.

Выводы по разделу.

В разделе приведена исходная характеристика системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также краткая технико-экономическая характеристика данной организации.

Описано оборудование и приведены характеристики системы электроснабжения бизнес-центра, в котором расположен объект проектирования.

Установлено, что на балансе организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» состоит десять офисов, которые распределены неравномерно по высотному многоэтажному зданию бизнес-центра, а также имеют относительно небольшую суммарную проектную нагрузку.

Основываясь на приведённой информации, установлено, что в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», по следующим основным направлениям:

- модернизация устаревших питающих кабельных линий и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»;
- модернизация электрических аппаратов (автоматов) питающей и распределительной сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Установлено, что данные мероприятия по модернизации оборудования и сетей системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», необходимо решать в комплексе с другими потребителями в рамках всей системы электроснабжения бизнес-центра, в который входит рассматриваемый в работе объект проектирования.

Данные предложения принимаются за основу и подтверждаются расчётно-аналитическим путём в работе далее.

## **2 Модернизация системы электроснабжения ООО «Ресурс групп»**

### **2.1 Выбор схемы электроснабжения**

Рассматриваемые в работе площади организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», представляющий собой совокупностью офисных помещений на территории бизнес-центра, по надёжности электроснабжения относится ко II категории надёжности по классификации [5].

Известно, что гражданские объекты, относящиеся к этой категории, должны иметь два независимых источника питания с обеспечением необходимого резервирования [5].

Поэтому для питания офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» обязательно должен быть предусмотрен второй источник питания с наличием резервирования.

По этой причине на питающей понизительной подстанции бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», должны быть установлены два силовые трансформатора согласно принятым нормам и требованиям [5].

Электроснабжение бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», осуществляется от ТП-10/0,4 кВ, расположенном в непосредственной близости от объекта проектирования (расстояние – 50 м).

Как было указано ранее, согласно требованиям [5], бизнес-центр, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», относится ко II категории надёжности, поэтому питание системы электроснабжения всех

потребителей данного объекта осуществляется по радиальной схеме двумя кабельными линиями от разных секций шин 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ.

В виду этого, в работе принимается схема электрических соединений ТП-10/0,4 кВ для питания бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» с необходимым уровнем резервирования – двухлучевая схема с двухсторонним питанием с устройством автоматического включения резерва (АВР) на шинах низкого напряжения. Схема электрических соединений ТП-10/0,4 кВ бизнес-центра представлена на рисунке 5.

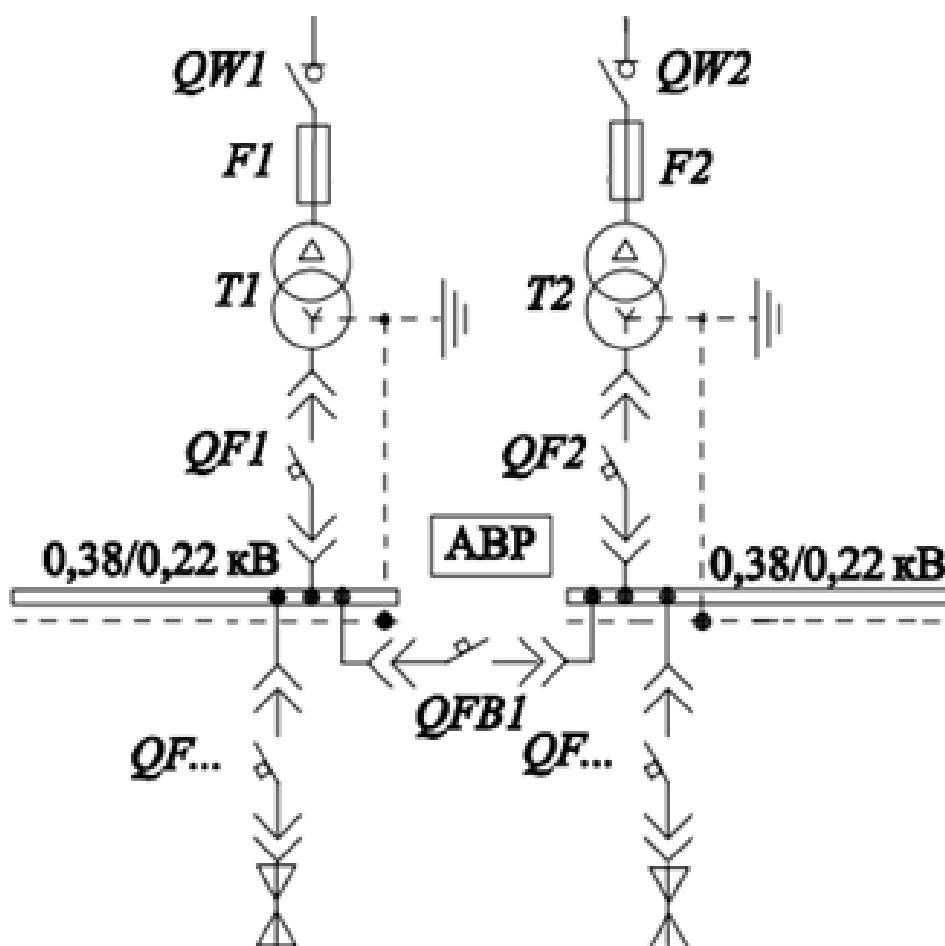


Рисунок 5 – Схема электрических соединений ТП-10/0,4 кВ бизнес-центра: T1, T2 – силовые трансформаторы, QW1, QW2 – выключатели нагрузки, F1, F2 – предохранители, QF1, QF2– вводные автоматы, QFB1 – секционный автомат, QF... – линейные автоматы

Для приёма и распределения электроэнергии в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», предусматривается вводное распределительное устройство 0,4 кВ (далее – ВРУ), непосредственно устанавливаемый в подвальном помещении данного объекта.

От ВРУ получают питание силовые распределительные шкафы (далее – СРШ) потребителей. При этом каждый из СРШ потребителей I и II категорий надёжности, к которым относятся подавляющее большинство потребителей объекта, питается по радиальной схеме кабельными линиями от шин ВРУ согласно основным положениям [5].

Также для обеспечения надёжности согласно [5] в схеме предусматривается автоматическое включение резерва (АВР) на секциях шин СРШ потребителей.

В схеме электроснабжения бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», предусмотрены автоматы ввода, устанавливаемые во ВРУ, а также линейные автоматы, обеспечивающие защиту и коммутацию кабельных линий, питающих СРШ от шин ВРУ.

От СРШ непосредственно получают питание потребители офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также других потребителей бизнес-центра.

На вводе этих линий (в их распределительных щитках) устанавливаются автоматические выключатели для защиты кабельных линий, питающих их от соответствующих СРШ.

Принятая и обоснованная выше в работе схема электроснабжения бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», показана в работе на графическом листе 2.

Далее рассматривается непосредственно разработка самостоятельных схем для объекта проектирования (офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»).

План питающей сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», показан на рисунке 6.

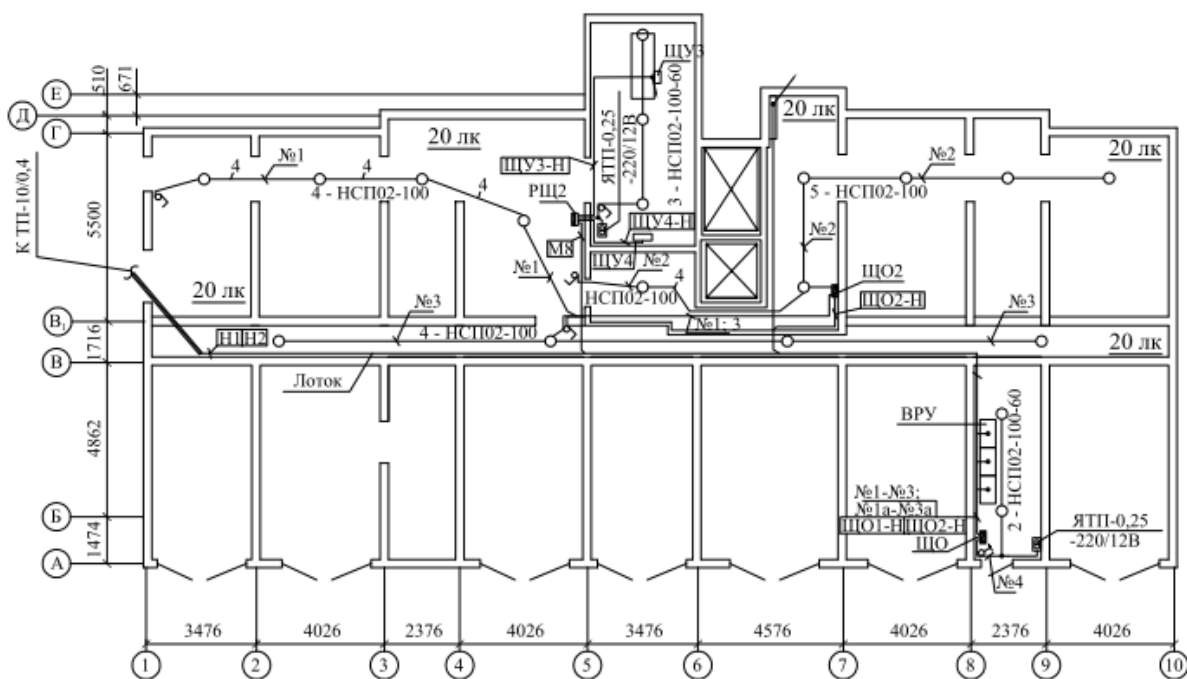


Рисунок 6 – План питающей сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Результаты выбора кабелей, трансформаторов и электрических аппаратов непосредственно наносятся на данную схему после их выбора и проверки, которые осуществляются в работе далее.

План распределительной сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», показан на рисунке 7.

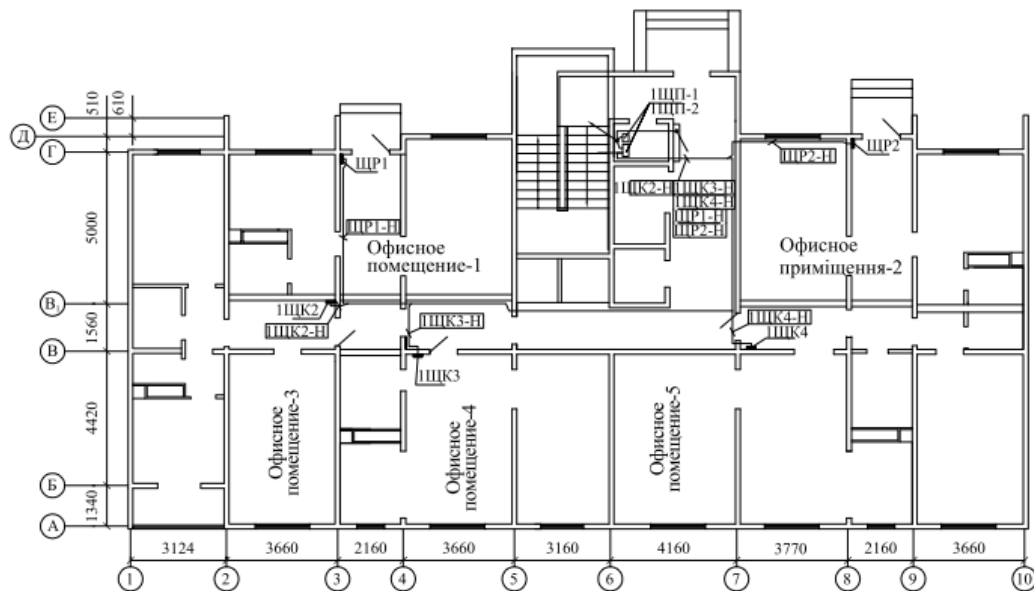


Рисунок 7 – План распределительной сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Электрическая схема вводного щита питающей сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» представлена на рисунке 8.

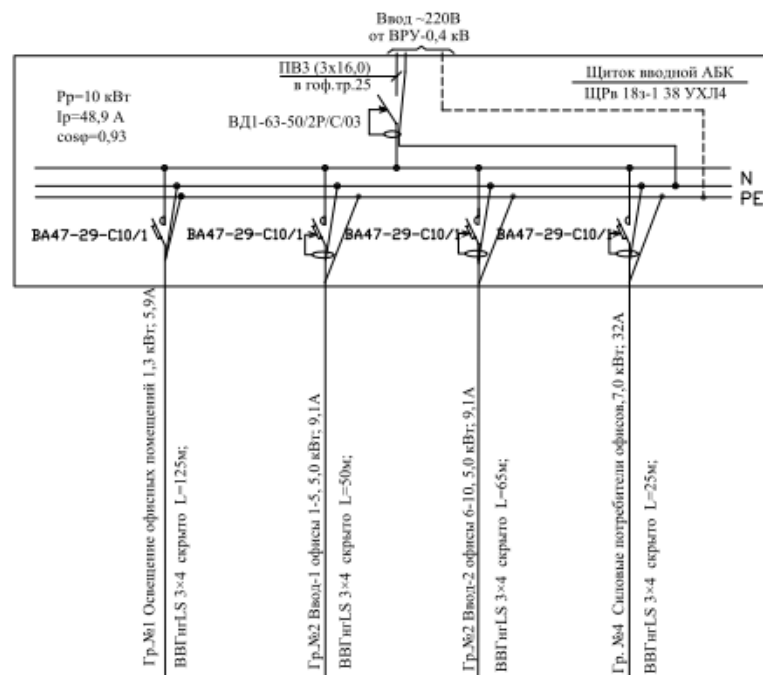


Рисунок 8 – Электрическая схема вводного щита питающей сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»



Электрическая схема подключения распределительной сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» показана на рисунке 9.

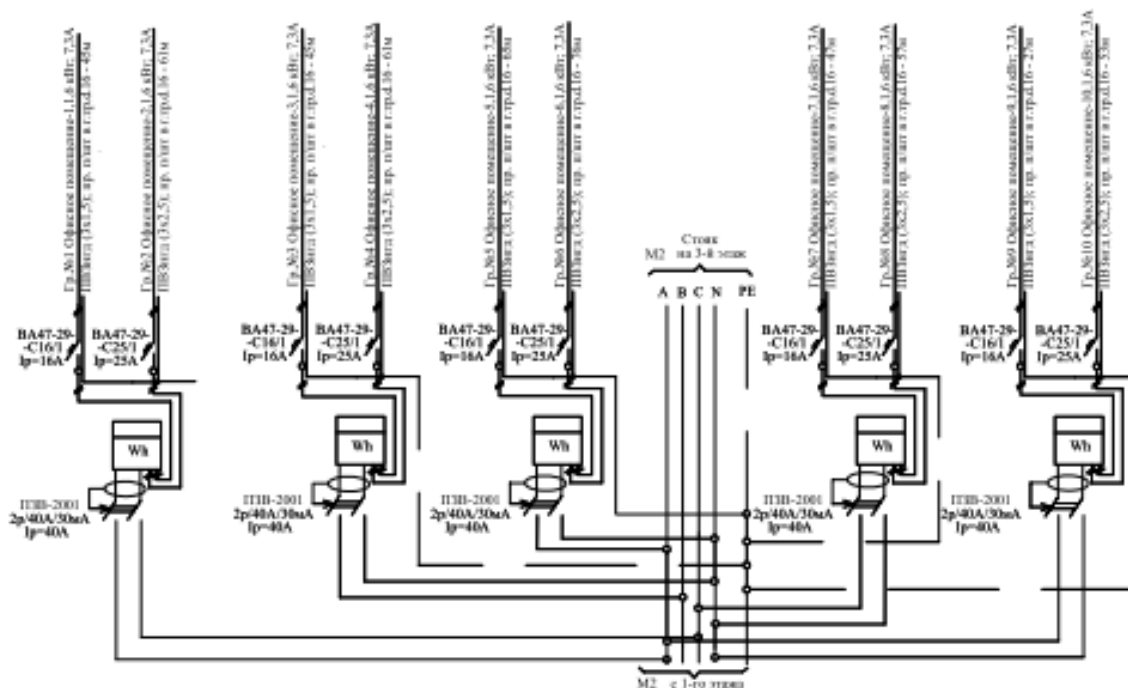


Рисунок 9 – Электрическая схема подключения распределительной сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Принятые схемы соответствуют требованиям всех нормативных документов, поэтому могут быть приняты на объекте проектирования.

## 2.2 Определение расчётных электрических нагрузок

Расчетные значения активных, реактивных и полных нагрузок офисных помещений офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также всего бизнес-центра, определяются в соответствии с [8].

В работе расчёту подлежат нагрузки отдельных потребителей, СРЩ, ВРУ, а также всего объекта проектирования в целом.

Значение расчётных силовых нагрузок на вводе отдельных потребителей определяется так [16]:

$$P_{p.n} = K_o P_{ном}, кВт, \quad (1)$$

$$Q_{p.n} = P_{p.n} \cdot tg\varphi, квар, \quad (2)$$

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.n}^2 + Q_{p.n}^2}, кВА, \quad (3)$$

где  $P_{p.n}$  – активная мощность, кВт;

$Q_{p.n}$  – реактивная мощность, квар;

$S_{p.n}$  – полная мощность, кВА;

$P_{ном.}$  – номинальная активная мощность отдельных потребителей, кВт;

$K_o$  – коэффициент одновременности максимумов нагрузки [16];

$tg \varphi$  – коэффициент реактивной мощности, соответствующий значению коэффициента активной мощности  $cos \varphi$ .

Расчёт проводится на примере отдельных потребителей офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» по (1 – 3):

$$P_{p.n} = 5 \cdot 1 = 5 кВт.$$

$$Q_{p.n} = 5 \cdot 0,48 = 2,4 квар.$$

$$S_{p.n} = \sqrt{5^2 + 2,4^2} = 5,5 кВА.$$

Аналогично проведён расчёт нагрузок на вводе остальных отдельных потребителей и результаты приведены в таблице 4. При отсутствии точных номинальных данных отдельных потребителей и их количества (ресторан, продуктовый магазин, диспетчерский центр, подземный и надземный паркинг), расчёт силовых нагрузок на вводе отдельных потребителей бизнес-

центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», проводится по суммарной установленной проектной нагрузке (таблица 3).

Таблица 3 – Расчетные силовые нагрузки на вводе отдельных потребителей бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Наименование потребителя	$P_{ном.},$ кВт	$P_{р.п.},$ кВт	$Q_{р.п.},$ квар	$S_{р.п.},$ кВА
Офисные помещения	5,0	5,0	2,4	5,5
Лифты грузовые	7,5	7,5	3,6	8,3
Лифты пассажирские	4,5	4,5	2,2	5,0
Автономная система отопления	22,0	22,0	-	22,2
Система кондиционирования и увлажнения воздуха	3,0	3,0	1,4	3,3
Система пожаротушения	2,0	2,0	1,0	2,2
Система фильтрации воздуха	1,2	1,2	0,6	1,3
Система нагрева воды	3,0	3,0	-	3,0
Система резервного водообеспечения	3,0	3,0	1,4	3,3
Система резервного водоотведения	3,0	3,0	1,4	3,3
Системы телекоммуникаций	0,5	0,5	-	0,5
Пост охраны	5,0	5,0	2,0	6,0
Освещение коридоров и лестничных клеток	0,2	0,2	0,01	0,3
Наружное освещение парадных	0,5	0,5	0,2	0,6
Помещения свободного назначения				
Конференц-зал (малый)	9,0	9,0	-	9,0
Конференц-зал (средний)	11,1	11,1	-	11,1
Конференц-зал (большой)	13,3	13,3	-	13,3
Конференц-зал (просторный)	15,8	15,8	-	15,8
Выставочный центр	22,2	22,2	-	22,2

Далее проводится расчёт нагрузок СРШ объекта.

Значение расчётных силовых нагрузок на вводе СРШ потребителей офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» на стадии модернизации определяется таким образом [4]:

$$P_{р.СРШ} = K_o P_{р.п.}, \text{кВт}, \quad (4)$$

$$Q_{p.CPШ} = P_{p.CPШ} \cdot tg\varphi, \text{квар}, \quad (5)$$

$$S_{p.CPШ} = \sqrt{P_{p.CPШ}^2 + Q_{p.CPШ}^2}, \text{кВА}, \quad (6)$$

где  $P_{p.CPШ}$  – расчётная активная мощность СРШ, кВт;

$Q_{p.CPШ}$  – расчётная реактивная мощность СРШ, квар;

$S_{p.CPШ}$  – расчётная полная мощность СРШ, кВА;

$K_o$  – коэффициент одновременности максимумов нагрузки [6];

$n$  – количество однотипных потребителей, шт;

$tg \varphi$  – коэффициент реактивной мощности, соответствующий значению коэффициента активной мощности  $cos \varphi$ .

Значение коэффициента активной мощности согласно [2] для потребителей принимается равным:  $cos \varphi = 0,9$ , следовательно, значение коэффициента реактивной мощности  $tg \varphi = 0,48$ .

Согласно [2] для СРШ офисных помещений офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», в работе принимается значение, численно равное  $K_o = 0,85$ , поскольку суммарное количество офисных помещений офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» – десять (таблица 4). Поэтому:

$$P_{p.CPШ} = 0,85 \cdot 5 \cdot 10 = 42,5 \text{кВт},$$

$$Q_{p.CPШ} = 42,5 \cdot 0,48 = 20,4 \text{квар},$$

$$S_{p.CPШ} = \sqrt{42,5^2 + 20,4^2} = 47,1 \text{кВА}.$$

Аналогично определены расчетные нагрузки на вводе СРШ остальных потребителей бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», и результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчетные силовые нагрузки на вводе СРШ потребителей бизнес-центра, в который входят рассматриваемые в работе офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Наименование потребителя	$P_{p.n.}$ кВт	$n$ , шт	$K_o$	$P_{p.СРШ}$ кВт	$Q_{p.СРШ.}$ квар	$S_{p.СРШ.}$ кВА
Офисные помещения (офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»)	5,0	10	0,85	42,5	20,4	47,1
Ресторан	40,0	-	1	40,0	19,2	44,4
Продуктовый магазин	120,0	-	1	120,0	57,6	133,1
Всего по первому этажу бизнес-центра	-	10	-	202,5	97,2	224,6
Лифты грузовые	7,5	5	0,9	33,8	16,2	37,5
Лифты пассажирские	4,5	5	0,9	20,3	9,7	22,5
Автономная система отопления	22,0	5	0,9	109,8	-	109,8
Система кондиционирования воздуха	3,0	5	0,9	13,5	6,5	15,0
Система пожаротушения	2,0	5	0,9	9,0	4,3	10,0
Система фильтрации воздуха	1,2	5	0,9	5,4	2,6	6,0
Система нагрева воды	3,0	5	0,9	13,5	-	13,5
Система резервного водообеспечения	3,0	5	0,9	13,5	6,5	15,0
Система резервного водоотведения	3,0	5	0,9	13,5	6,5	15,0
Системы телекоммуникаций	0,5	5	0,9	2,3	-	2,3
Пост охраны	5,0	5	0,9	23,0	-	23,0
Диспетчерский центр	5,0	-	1	5,0	2,4	5,5
Освещение коридоров и лес-х клеток	0,2	45	0,6	5,4	2,6	6,0
Наружное освещение парадных	0,5	5	0,9	2,3	1,1	2,6
Подземный паркинг	12,0	-	1	12,0	5,8	13,3
Наземный паркинг	5,0	-	1	5,0	2,4	5,5
Всего (коммуникации)	-	105	-	276,5	132,7	307,3
Конференц-зал (малый)	8,0	60	0,75	183,0	-	183,0
Конференц-зал (средний)	10,0	30	0,8	187,2	-	187,2
Конференц-зал (большой)	12,0	15	0,85	133,1	-	133,1
Конференц-зал (просторный)	15,0	10	0,87	113,1	-	113,1
Выставочный центр	20,0	5	0,9	99,8	-	99,8
Всего (Конференц-зал)	-	120	-	645,8	310,0	716,2
Всего по бизнес-центру	-	235	-	1124,8	539,9	1248,1

Кроме нагрузок потребителей офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также всего бизнес-центра, необходимо рассчитать нагрузки уличного освещения, используемое для освещения прилегающей территории данного объекта (парковой зоны, дорожек, аллей).

В зависимости от типа объекта средняя освещенность уличного освещения составляет 2-10 лк.

Нормативы нагрузки наружного уличного освещения бизнес-центра, в который входят офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», приведены в [19].

Известно, что при использовании светодиодных ламп, согласно данным [19], удельная мощность общего равномерного освещения для объектов уличного освещения гражданских объектов, как правило, принимается в диапазоне 1-2,5 Вт/м.

Исходя из этого, в работе принимается максимальная величина удельной мощности уличного освещения бизнес-центра, равная 2,5 Вт/м.

Расчетная нагрузка уличного освещения прилегающей территории бизнес-центра, в работе определяется таким образом [19]:

$$P_{\text{осв.}} = P_{\text{уд.осв.}} \cdot S, \text{ Вт}, \quad (7)$$

где  $P_{\text{уд.осв.}}$  – удельная мощность уличного освещения, Вт/м, [19];

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

Реактивная и полная нагрузка уличного освещения прилегающей территории бизнес-центра, определяются таким образом [19]:

$$Q_{\text{осв.}} = P_{\text{осв.}} \cdot \text{tg } \varphi, \text{ вар}, \quad (8)$$

$$S_{\text{осв.}} = \sqrt{P_{\text{осв.}}^2 + Q_{\text{осв.}}^2}, \text{ кВА}. \quad (9)$$

Таким образом:

$$P_{\text{осв.}} = (300 + 200 + 240 + 1000) \cdot 2,5 = 4350 \text{ Вт} = 4,35 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{осв.}} = 4,35 \cdot 0,48 = 2,1 \text{ квар}.$$

$$S_{\text{п.}} = \sqrt{4,35^2 + 2,1^2} = 4,83 \text{ кВА}.$$

С учётом резервирования, для освещения прилегающей территории бизнес-центра, в работе принимается два щитка уличного освещения, которые питаются напрямую от разных секций РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ, что удовлетворяет условиям резервирования в схеме (для объекта второй категории надёжности).

Суммарные нагрузки бизнес-центра с учётом силовой и осветительной нагрузки уличного освещения (суммарная нагрузка на шинах 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ) определяются методом суммирования с учётом коэффициента одновременности максимума нагрузки [7]:

$$P_{\Sigma} = K_o (\Sigma P_{p.CPШ} + P_{ocв.}), кВт, \quad (10)$$

$$Q_{\Sigma} = K_o (\Sigma Q_{p.CPШ} + Q_{ocв.}), квар, \quad (11)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}, кВА, \quad (12)$$

где  $\Sigma P_{p.CPШ}$ ,  $\Sigma Q_{p.CPШ}$ ,  $\Sigma S_{p.CPШ}$  – соответственно суммарные активные, реактивные и полные силовые нагрузки CPШ потребителей бизнес-центра;

$P_{ocв}$ ,  $Q_{ocв}$ ,  $S_{ocв}$  – соответственно активные, реактивные и полные нагрузки уличного освещения бизнес-центра;

$K_o$  – коэффициент одновременности максимумов нагрузки на шинах ТП-10/0,4 кВ [2].

Суммарная нагрузка на шинах 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ бизнес-центра по (10) – (12):

$$P_{\Sigma} = (1124,8 + 4,35) \cdot 0,95 = 1072,7 кВт;$$

$$Q_{\Sigma} = (539,9 + 2,1) \cdot 0,95 = 514,9 квар;$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{1072,7^2 + 514,9^2} = 1189,9 кВА.$$

На основе полученных результатов нагрузок, далее в работе проводится выбор и проверка элементов проектируемой системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также отдельных потребителей и всей системы электроснабжения бизнес-центра, в состав которого входит данные офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Полученные результаты расчёта нагрузок используются в работе далее при выборе трансформаторов, аппаратов и проводников.

### **2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов на питающей подстанции**

Номинальную мощность трансформаторов подстанции бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», выбирают по эмпирической формуле согласно [14]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{\sum P_p}{N\beta_t}, \text{кВА}, \quad (13)$$

где  $S_{\text{ном.т.р}}$  – полная номинальная расчетная мощность силового трансформатора, рекомендуемого для установки на подстанции, кВА;

$\sum P_p$  – суммарная расчетная активная нагрузка бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», кВт;

$N$  - число силовых трансформаторов, рекомендованных к установке на подстанции, шт;

$\beta_t$  - коэффициент загрузки силовых трансформаторов, установленных на подстанции [5].



Номинальная мощность трансформаторов ТП-10/0,4 кВ бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», по (13):

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{1072,7}{2 \cdot 0,8} = 670,4 \text{ кВА.}$$

Согласно результатам расчета, в работе для установки на питающей ТП-10/0,4 кВ бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», выбирается два силовых трансформатора марки ТМГ-1000/10 [5].

Данный тип трансформаторов – герметичный (без расширительного бака), масляный, с естественным охлаждением, трёхфазный.

Такие трансформаторы – современные и надёжные, поэтому рекомендованы к применению в системах электроснабжения гражданских объектов [12].

Коэффициент загрузки силовых трансформаторов в нормальном и послеаварийном режимах определяются по известным выражениям [9]:

$$K_3^n = \frac{\Sigma S_p}{S_{\text{ном.тр.}} \cdot N}, \quad (14)$$

$$K_3^{n.ав.} = \frac{\Sigma S_p}{S_{\text{ном.тр.}} (N-1)}, \quad (15)$$

где  $\Sigma S_p$  – расчетная полная нагрузка, кВА.

Полученные по формулам (14) и (15) коэффициенты не должны превышать значений [9]:

$$K_3^n \leq 0,9; K_3^{n.ав.} \leq 1,5. \quad (16)$$

Коэффициенты загрузки трансформаторов на питающей подстанции в нормальном и послеаварийном режимах [9]:

$$K_3^H = \frac{1189,9}{1000 \cdot 2} = 0,59;$$

$$K_3^{n.ав.} = \frac{1189,9}{1000 \cdot (2-1)} = 1,19.$$

Условия проверки (16) выполняется:

$$0,59 \leq 0,9;$$

$$1,19 \leq 1,5.$$

Окончательно применяется для установки на ТП-10/0,4 кВ, питающей бизнес-центр, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», два силовых трансформатора марки ТМГ-1000/10.

Расчётная реактивная мощность компенсирующего устройства 0,4 кВ для установки на шинах 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», с учётом выбранного типа силовых трансформаторов, определяется так:

$$Q_T = \sqrt{(N\beta_T S_{ном.Т})^2 - P_p^2}, \quad (17)$$

где « $N$  – число трансформаторов на ТП-10/0,4 кВ, шт.» [2];

« $\beta_T$  – коэффициент загрузки трансформаторов ТП-10/0,4 кВ (установленное значение)» [5].

Расчётная мощность конденсаторных установок (КУ) [19]:

$$Q_{н.к} = Q_p - Q_T, \quad (18)$$

где  $Q_p$  – расчётная реактивная нагрузка системы электроснабжения бизнес-центра, квар.

Суммарная расчетная мощность КУ [13]:

$$Q_{КУ} = n \cdot Q_{н.к}. \quad (19)$$

Поэтому [13]:

$$Sp = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{КУ})^2}. \quad (20)$$

Проверка выбранных трансформаторов в нормальном режиме с учётом выбранных КУ по допустимому коэффициенту загрузки [13]:

$$K_3^H = \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{ном.т}} \leq 0,85. \quad (21)$$

Коэффициент в аварийном режиме [13]:

$$K_3^{н.ав} = \frac{S_p}{S_{ном.т}} \leq 1,7. \quad (22)$$

Согласно (17):

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 1000)^2 - 1072,2^2} = 1187,5 \text{ квар.}$$

Согласно (18):

$$Q_{н.к} = 514,9 - 1187,2 = -672,3 \text{ квар.}$$

Поскольку в результате расчётов получилось отрицательное число мощности КУ, следовательно, конденсаторные установки напряжением 0,4 кВ на питающей ТП-10/0,4 кВ не устанавливаются.

#### **2.4 Выбор и проверка проводников 0,38/0,22 кВ**

В системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», выбору подлежат следующие проводники напряжением 0,38/0,22 кВ:

- питающие линии напряжением 0,38/0,22 кВ;
- распределительные линии 0,38/0,22 кВ.

При выборе поправочных коэффициентов значение суммарного коэффициента:

$$K_{общ.} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (23)$$

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

Для кабелей должны выполняться условия выбора и проверки, приведённые далее.

Проверка в нормальном режиме работы [5]:

$$I'_{дон} \geq I_p^н, A. \quad (24)$$

Значение расчетного тока кабельной линии в нормальном режиме определяется так:

$$I_p^n = \frac{S_\Sigma}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}, A, \quad (25)$$

где  $S_\Sigma$  – расчётная суммарная нагрузка линии, кВА;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, кВ;

$n$  – количество силовых кабелей в линии, по которым осуществляется электроснабжение потребителей, шт.

При этом:

$$I'_{дон} \geq K_{общ} \cdot I_{дон}, A, \quad (26)$$

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

$I_{дон}$  – длительный допустимый ток кабеля [5].

Проводится расчёт и выбор кабельной линии, питающей ВРУ бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ.

Согласно (25):

$$I_p^n = \frac{1189,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 903,9 A.$$

Принимается для прокладки в двух кабельных линиях по три кабеля с алюминиевыми жилами марки АВБШПнг 5×185,  $F=185$  мм<sup>2</sup>,  $I_{дон}=345$  А, предусматривается прокладка кабелей в земляной траншее.

Проверка по (26) выполняется:

$$3 \cdot 365 \cdot 0,9 = 931,5 A \geq 903,9 A.$$

Аналогичные расчеты проведены для остальных линий 0,38/0,22 кВ объекта и результаты представлены в таблице 5 (выбор кабелей питающей сети) и таблице 6 (выбор кабелей распределительной сети).

Таблица 5 – Выбор кабелей питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Линия (потребитель)	Количество кабелей, $n$ , шт	Расчетный ток участка, $I_p^H$ , А	$I'_{доп}$ , А	Марка кабеля
Питающая КЛ (от РУ-0,4 кВ ко ВРУ)	2	903,9	931,5	ЗВБШПнг 5×185
Офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»	1	71,6	77,4	ВВГнгLS 5×10
Ресторан	1	67,5	77,4	ВВГнгLS 5×10
Продуктовый магазин	1	202,2	227,7	ВВГнгLS 5×70
Лифты грузовые	1	57,0	58,6	ВВГнгFRLS 5×6
Лифты пассажирские	1	34,2	36,0	ВВГнгFRLS 5×4
Автономная система отопления	1	166,8	184,5	ВВГнгLS 5×50
Система кондиционирования воздуха	1	22,8	36,0	ВВГнгLS 5×16
Система пожаротушения	1	66,3	75,2	ВВГнгFRLS 5×10
Система фильтрации воздуха	1	9,1	36,0	ВВГнгFRLS 5×2,5
Система нагрева воды	1	55,8	56,0	ВВГнгLS 5×6
Система резервного водообеспечения	1	56,6	58,0	ВВГнгLS 5×6
Система резервного водоотведения	1	22,8	36,0	ВВГнгLS 5×6
Системы телекоммуникаций	1	3,9	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Пост охраны	1	39,5	46,8	ВВГнгLS 5×4
Диспетчерский центр	1	8,4	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Освещение коридоров и лест-х клеток	1	9,1	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Наружное освещение парадных	1	3,9	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Подземный паркинг	1	20,0	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Наземный паркинг	1	8,4	36,0	ВВГнгLS 5×2,5
Конференц-зал (малый)	1	278,0	312,3	ВВГнгLS 5×120
Конференц-зал (средний)	1	284,4	312,3	ВВГнгLS 5×120
Конференц-зал (большой)	1	202,2	227,7	ВВГнгLS 5×70
Конференц-зал (просторный)	1	171,8	184,5	ВВГнгLS 5×50
Выставочный центр	1	151,6	155,7	ВВГнгLS 5×35

Аналогично осуществляется выбор кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» (линии от СРШ к отдельным потребителям) с приведением результатов расчёта, выбора и проверки в форме таблицы 6.

Таблица 6 – Выбор кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Линия (потребитель)	Количество кабелей, <i>n, шт</i>	Расчетный ток участка, $I_p^H, A$	$I'_{доп}, A$	Марка кабеля
Офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»	1	9,1	40,5	ВВГнгLS 3×4
Лифты грузовые	1	49,8	64,6	ВВГнгFRLS 3×6
Лифты пассажирские	1	39,5	50,2	ВВГнгFRLS 3×4
Автономная система отопления	1	37,5	40,8	ВВГнгLS 3×4
Система кондиционирования и увлажнения воздуха	1	35,1	39,5	ВВГнгLS 3×4
Система пожаротушения	1	48,3	62,3	ВВГнгFRLS 3×6
Система фильтрации воздуха	1	34,2	41,5	ВВГнгFRLS 3×4
Система нагрева воды	1	39,8	50,1	ВВГнгLS 3×4
Система резервного водообеспечения	1	9,2	30,6	ВВГнгLS 3×2,5
Система резервного водоотведения	1	8,9	40,5	ВВГнгLS 3×4
Системы телекоммуникаций	1	0,9	30,6	ВВГнгLS 3×2,5
Пост охраны	1	9,2	41,7	ВВГнгLS 3×4
Освещение коридоров и лестничных клеток	1	0,8	29,6	ВВГнгLS 3×2,5
Наружное освещение парадных	1	0,9	31,0	ВВГнгLS 3×2,5
Конференц-зал (малый)	1	19,2	36,5	ВВГнгLS 3×4
Конференц-зал (средний)	1	21,8	40,6	ВВГнгLS 3×6
Конференц-зал (большой)	1	26,1	46,2	ВВГнгLS 3×10
Конференц-зал (просторный)	1	29,5	48,6	ВВГнгLS 3×10
Выставочный центр	1	34,2	55,7	ВВГнгLS 3×16

Выбранные марки кабелей 0,38/0,22 кВ как питающей, так и распределительной сетей бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», современные, соответствуют всем требованиям и показаны в работе на графическом листе 2.

## 2.5 Выбор и проверка сечения проводников 10 кВ

Проводится выбор силовых кабелей питающей кабельной линии электропередачи системы электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», напряжением 10 кВ, по критериям экономической плотности тока [18].

Выбор кабельных линий выше 1 кВ зависит от факторов потребления, таких как мощность, длина линии, требования к надежности, окружающая среда и прочие факторы.

В общем случае выбор кабельной линии выше 1 кВ производится на основе следующих основных параметров:

- номинальное напряжение: для выбора необходимо знать повышенное напряжение системы, в котором он будет находиться в сети. Это может быть напряжение от 1 кВ до нескольких сотен кВ;
- ток потребления: для измерения сечения необходимо знать максимальный ток, который будет потреблять нагрузку, подключенную к линии;
- длина линии: чем длиннее линия, тем большее падение напряжения будет наблюдаться на ее концах. Поэтому при выборе необходимо учитывать как увеличение напряжения, так и снижение напряжения;
- тип подключения: существует много различных типов уровней выше 1 кВ, включая поверхностные кабели, кабели с изоляцией, кабели с плоской раскрытием, кабели с металлической оболочкой и прочие. Каждый тип имеет свои преимущества и результаты, и выбор должен быть основан на конкретных требованиях проекта;
- требования к надежности: в зависимости от конкретной потребности проекта, могут быть назначены нагрузки с повышенной надежностью, такие как кабели с двойной изоляцией или кабели с защитой от перенапряжения;



– окружающая среда: окружающая среда также может использовать на выбор кабель. Например, для покрытия, проходящего через влажные или коррозионно-активные среды, могут быть использованы специальные кабели с защитой от влаги или выброса.

Поэтому для выбора кабельной линии выше 1 кВ необходимо принять участие и провести расчеты с учетом всех параметров. Это может быть полезно в области инженерии или консультантов, обладающих соответствующим опытом и знаниями в данной области.

Проводится выбор сечения питающей кабельной линии 10 кВ для электроснабжения потребителей объекта.

Максимальное значение рабочего тока [18]:

$$I_{\text{раб. max}} = K_{\text{пер.}} \cdot \frac{S_{\text{ном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}} = K_{\text{пер.}} \cdot I_p. \quad (27)$$

Экономически эффективное сечение кабельной линии [18]

$$F_W = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}, \text{ мм}^2, \quad (28)$$

где « $j_{\text{ЭК}}$  – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм<sup>2</sup>» [5].

Ток нормального режима подстанции на стороне 10 кВ:

$$I_{\text{ном.т}} = I_p = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ А.}$$

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{57,8}{1,6} = 36,1 \text{ мм}^2.$$

Принимается марка кабеля АСБ-10(3×35). При этом предусмотрена прокладка кабельной линии в земляной траншее.

Максимальный расчётный ток кабельной линии электропередачи напряжением 10 кВ в послеаварийном режиме с учётом резервирования:

$$I_{p.\max} = 1,4 \cdot 57,7 = 80,92 \text{ A.}$$

Условие проверки в послеаварийном режиме выполняется:

$$115 \text{ A} \geq 80,92 \text{ A.}$$

Для питающей кабельной линии напряжением 10 кВ системы электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», окончательно выбирается питающая кабельная линия электропередачи напряжением 10 кВ АСБ-10 (3×35).

## **2.6 Расчёт токов короткого замыкания**

Далее необходимо провести определение токов короткого замыкания в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Основная цель расчёта токов короткого замыкания – определить максимальный ток, который может протекать через систему электроснабжения в случае короткого замыкания. Этот расчёт является важной составляющей проектирования и эксплуатации электроустановок.

Знание максимального тока короткого замыкания позволяет определить необходимое сечение проводников, выбрать тип и параметры защитных

устройств, а также принять меры по обеспечению безопасности персонала и оборудования.

Расчёт токов короткого замыкания включает оценку величины короткого замыкания, определение параметров системы электроснабжения (напряжения, типа и длины кабельных линий, наличия трансформаторов и генераторов), а также применение математических методов для определения максимального тока.

В результате расчёта токов короткого замыкания можно получить следующие значения [1]:

- максимальный ток короткого замыкания для каждой точки системы электроснабжения;
- длительность короткого замыкания, что позволяет определить время срабатывания защитных устройств;
- распределение токов короткого замыкания по системе электроснабжения, что позволяет определить места, где могут возникнуть наибольшие нагрузки на оборудование и провода.

Таким образом, расчёт токов короткого замыкания является необходимым шагом для обеспечения безопасной и надёжной работы системы электроснабжения.

Значение базисных напряжений [11]:

$$U_{\sigma 1} = 1,05 \cdot U_{\text{ном.ВН}}, \text{ кВ.} \quad (29)$$

$$U_{\sigma 1} = 1,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ.}$$

$$U_{\sigma 2} = 0,4 \text{ кВ.}$$

Базисный ток [11]:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 1}}, \text{ А,} \quad (30)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,9 \text{ A.}$$

На рисунке 10 приведена расчетная схема для расчета токов короткого замыкания и построенная по ней схема замещения.

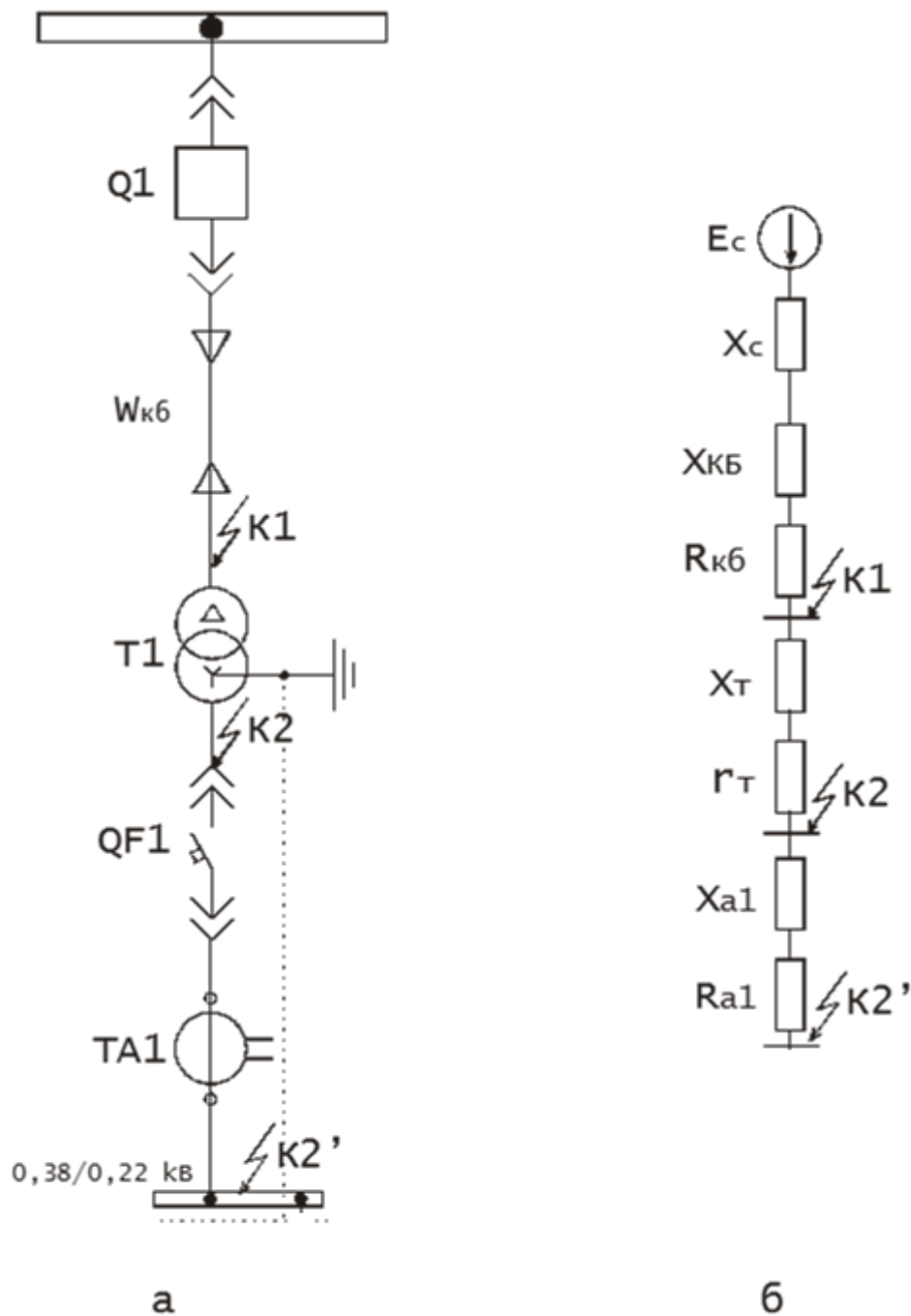


Рисунок 10 – Схемы: а - расчетная схема; б - схема замещения

Сопротивление питающей энергетической системы [б]:

$$x_c = \frac{I_{\bar{6}}}{I_{\text{п.о}}^{(3)}}, \text{ o.e.} \quad (31)$$

$$x_c = \frac{54,9}{9450} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ o.e.}$$

Сопротивление кабельной линии системы электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» согласно [15]:

$$x_{\text{кб1}} = x_{0 \text{ кб1}} l_{\text{кб1}} \frac{S_{\bar{6}}}{U_{\bar{61}}^2}, \text{ o.e.} \quad (32)$$

$$r_{\text{кб1}} = r_{0 \text{ кб1}} l_{\text{кб1}} \frac{S_{\bar{6}}}{U_{\bar{61}}^2}, \text{ o.e.} \quad (33)$$

Для питающих кабелей напряжением 10 кВ:

$$x_{\text{кб1}} = 0,083 \cdot 0,05 \frac{1}{10,5^2} = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ o.e.}$$

$$r_{\text{кб1}} = 0,625 \cdot 0,05 \frac{1}{10,5^2} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ o.e.}$$

Сопротивление силового трансформатора питающей ТП системы электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», определяется по известному выражению [17]:

$$r_T = \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{S_{\text{ном.т}}}, \text{ o.e.}; \quad (34)$$

$$x_T = \sqrt{u_K^2 - r_T^2}, \text{ o.e.} \quad (35)$$

Для трансформаторов питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные

помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»:

$$r_T = \frac{5,5}{1000} = 0,0055 \text{ o.e.}$$

$$x_T = \sqrt{0,01^2 - 0,0055^2} = 0,0537 \text{ o.e.}$$

Суммарное сопротивление к точке К1 в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» [2]:

$$x_{\Sigma K1} = x_C + x_{к61}, \text{ o.e.} \quad (36)$$

$$x_{\Sigma K1} = 0,0058 + 0,00024 = 0,00604 \text{ o.e.}$$

$$z_{\Sigma K1} = \sqrt{x_{\Sigma K1}^2 + r_{\Sigma K1}^2}, \text{ o.e.} \quad (37)$$

$$z_{\Sigma K1} = \sqrt{0,00604^2 + 0,0018^2} = 0,0063 \text{ o.e.}$$

Суммарное сопротивление к точке К2 в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» [9]:

$$x_{\Sigma K2} = x_{\Sigma K1} + x_T, \text{ o.e.} \quad (38)$$

$$x_{\Sigma K2} = 0,0063 + 0,0537 = 0,06 \text{ o.e.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_{к61} + r_T, \text{ o.e.} \quad (39)$$

$$r_{\Sigma K2} = 0,0018 + 0,0121 = 0,0139 \text{ o.e.}$$

Суммарное сопротивление к точке К2 в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» [8]:

$$x_{\Sigma K2} = x_{*\Sigma K2} \frac{U_{62}^2}{S_6}, \text{ Ом.} \quad (40)$$

$$x_{\Sigma K2} = 0,06 \cdot \frac{0,4^2}{1} = 0,0096 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_{*\Sigma K2} \frac{U_{62}^2}{S_6}, \text{ Ом.} \quad (41)$$

$$r_{\Sigma K2} = 0,0139 \cdot \frac{0,4^2}{1} = 0,0022 \text{ Ом.}$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{r_{\Sigma K2}^2 + x_{\Sigma K2}^2}, \text{ Ом.} \quad (42)$$

$$z_{\Sigma K2} = \sqrt{0,0096^2 + 0,0022^2} = 0,0098 \text{ Ом.}$$

Суммарное сопротивление в именованных единицах к точке К2' в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» [13]:

$$r_{\Sigma K2'} = r_{\Sigma K2} + r_{a1}, \text{ о.е.} \quad (43)$$

$$r_{\Sigma K2'} = 0,0022 + 0,00014 = 0,0023 \text{ Ом.}$$

$$z_{\Sigma K2'} = \sqrt{r_{\Sigma K2'}^2 + x_{\Sigma K2}^2}, \text{ Ом.} \quad (44)$$

$$z_{\Sigma K2'} = \sqrt{0,0096^2 + 0,0023^2} = 0,0099 \text{ Ом.}$$

Сопротивления клеммных выводов и контактной системы автоматических выключателей [2]:

$$r_{a1} = 0,0014 \text{ Ом};$$

$$x_{a1} = 0,00008 \text{ Ом}.$$

«Ток трехфазного КЗ в точке короткого замыкания К1 в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»» [15]:

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{U_{61}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma к1}^*}, \text{ кА.} \quad (45)$$

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{54,9}{0,0063} = 8714,3 \text{ А} = 8,71 \text{ кА}.$$

«Ток трехфазного КЗ в точках К2, К2' в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»» [17]:

$$I_{к.i}^{(3)} = \frac{U_{62}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma к.i}}, \text{ кА.} \quad (46)$$

$$I_{к2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0098} = 11,8 \text{ кА}.$$

$$I_{к2'}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0099} = 11,78 \text{ кА}.$$

«Ударный ток» [14]:

$$i_{y.к.i} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к.i}^{(3)}, \text{ кА,} \quad (47)$$

где  $K_y$  – «ударный коэффициент» [14].

«Значение ударного тока» [14]:



$$i_{y.k1} = \sqrt{2} \cdot 1,48,71 = 17,24 \text{ кА.}$$

$$i_{y.k2} = \sqrt{2} \cdot 1,111,8 = 18,36 \text{ кА.}$$

$$i_{y.k1} = \sqrt{2} \cdot 1,0511,78 = 17,49 \text{ кА.}$$

Аналогичны определены значения ударных токов в других расчётных точках схемы электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» (таблица 7).

Таблица 7 – Результаты расчета тока КЗ

Расчётная точка КЗ	$I^{(3)}$ , кА	$k_y$	$i_y$ , кА
К1	8,71	1,4	14,24
К2	11,8	1,1	18,36
К2'	11,78	1,05	17,49

Результаты расчёта токов короткого замыкания могут быть использованы для определения необходимых мер по обеспечению безопасной и надёжной работы электроустановок.

Ниже приведены основные области применения результатов расчёта токов короткого замыкания:

- определение сечения проводников: максимальный ток короткого замыкания позволяет определить минимально допустимое сечение проводников, которое может обеспечить надёжную работу системы электроснабжения. Если сечение проводников недостаточно, то может произойти перегрев проводников, повреждение оборудования или даже пожар;
- выбор защитных устройств: максимальный ток короткого замыкания также используется для выбора типа и параметров защитных устройств, таких как автоматические выключатели и предохранители. Защитные устройства должны иметь токовую характеристику,

- соответствующую максимальному току короткого замыкания, чтобы обеспечить надежную защиту системы электроснабжения;
- определение допустимой мощности генераторов: максимальный ток короткого замыкания используется для определения допустимой мощности генераторов, которые могут быть подключены к системе электроснабжения. Генераторы должны быть способны выдерживать максимальный ток короткого замыкания, чтобы предотвратить их повреждение;
  - определение параметров заземления: результаты расчёта токов короткого замыкания могут использоваться для определения параметров заземления системы электроснабжения. Заземление необходимо для обеспечения безопасности персонала и предотвращения повреждения оборудования при коротком замыкании;
  - определение требований к эксплуатации и обслуживанию: результаты расчёта токов короткого замыкания могут быть использованы для определения требований к эксплуатации и обслуживанию системы электроснабжения. В зависимости от максимального тока короткого замыкания могут потребоваться дополнительные меры по обеспечению безопасности и надёжности работы системы электроснабжения.

Полученные значения токов трехфазного КЗ используются в работе с целью выбора и требуемых проверок оборудования в системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

## 2.7 Выбор электрических аппаратов 10 кВ

В системе электроснабжения бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», необходимо установить для защиты и коммутации сети новые, современные аппараты в сети 10 кВ.

Все новые, модернизированные аппараты напряжением 10 кВ, должны быть установлены на питающей в РУ-10 кВ КТП-10/0,4 кВ.

Выбор инновационных электрических аппаратов выше 1 кВ зависит от многих факторов, таких как требования к надежности, эффективности, экономии энергии и безопасности, а также от конкретных потребностей и задач, которые необходимо решить.

Некоторые из инновационных аппаратов, которые могут быть релевантными в контексте высоковольтных систем, включают в себя:

- высоковольтные коммутационные аппараты с использованием твердотельной электроники. Они могут обеспечивать более высокую надежность и эффективность, а также лучшую контролируемость в сравнении с аппаратами на основе механических коммутаторов.
- системы управления и мониторинга, которые позволяют более точно контролировать работу высоковольтных систем и оптимизировать их производительность. Эти системы могут также использоваться для диагностики и предотвращения аварийных ситуаций.
- инновационные трансформаторы, которые могут обеспечить более высокую эффективность, меньший вес и более компактный дизайн. Например, трансформаторы с использованием суперпроводников могут обеспечить более высокую эффективность и меньший вес в сравнении с традиционными трансформаторами.
- системы хранения энергии, такие как батареи или суперконденсаторы, которые могут использоваться для сглаживания перепадов

напряжения и обеспечения более стабильной работы высоковольтных систем.

- инновационные сенсорные технологии, которые могут использоваться для более точного и раннего обнаружения проблем в высоковольтных системах, таких как перегрев или КЗ

В целом, выбор конкретных инновационных аппаратов зависит от потребностей конкретной системы и ее требований к надежности, эффективности и безопасности. Поэтому важно проводить тщательный анализ и выбирать наиболее подходящие инновационные аппараты для каждого конкретного случая, что необходимо осуществить в условиях данной работы.

Основным аппаратом защиты и коммутации в электрической сети 10 кВ является высоковольтный выключатель. Выбираются выключатели высокого напряжения. Известно, что выбор выключателей высокого напряжения производится, исходя из следующих условий [18]:

- «по номинальному напряжению» [13]:

$$U_{уст} \leq U_n, \quad (48)$$

где « $U_{уст}$ ,  $U_{ном}$  – соответственно напряжения установки и номинальное напряжение выключателя (параметр завода-изготовителя)» [15];

- «по максимальному рабочему току» [13]:

$$I_{раб.макс} \leq I_n, \quad (49)$$

где « $I_{раб.макс}$ ,  $I_n$  – соответственно максимальный рабочий ток ПАВ режима электроустановки и номинальное значение тока выключателя (параметр завода-изготовителя)» [16];

- проверка выключателя на симметричный ток отключения:

$$I_{нт} \leq I_{откн}, \quad (50)$$

где « $I_{\pi\tau}$  – значение периодической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения дугогасительных контактов» [12];  
« $I_{отк.н}$  – номинальный ток отключения выбранного выключателя, кА» [3];

– «проверка выключателя на отключение асимметричного тока КЗ» [7]:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{\pi\tau} + i_{a\tau}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк.н} (1 + \beta_n), \quad (51)$$

где « $i_{a\tau}$  – значение аperiodической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения контактов» [3];

« $\beta_n$  – номинальное значение относительного содержания аperiodической составляющей в отключаемом токе КЗ» [13];

« $\tau$  – наименьшее время от начала короткого замыкания до момента расхождения дугогасительных контактов, определяется так» [3]:

$$t = t_{з.мин} + t_{с.в}, \quad (52)$$

где « $t_{з.мин}$  – минимальное время действия релейной защиты, с» [14];

« $t_{с.в}$  – собственное время отключения выключателя, с» [11];

– «на электродинамическую устойчивость выбранный выключатель проверяется по значению предельного сквозного тока КЗ» [18]:

$$i_y \leq i_{np.c}, \quad (53)$$

где « $i_{np.c}$  – действующее значение предельного сквозного тока КЗ» [11];

« $i_y$  – ударный ток короткого замыкания в цепи выключателя» [16];

– «проверка выключателя на термическую стойкость по значению теплового импульса» [18]:

$$B_k \leq I_T^2 t_T, \quad (54)$$

где « $B_k$  – тепловой импульс по расчёту,  $A^2 \cdot c$ » [16];

« $I_T$  – предельный ток термической устойчивости,  $A^2 \cdot c$ » [16];

« $t_T$  – время протекания тока термической устойчивости,  $c$ » [16].

При этом тепловой импульс с учётом токов КЗ и отключения цепи:

$$B_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a). \quad (55)$$

Предварительно принимается для установки выключатель вакуумный марки ВВ/TEL-10-20/1000 (производитель – фирма «Таврида Электрик»). Выбор и проверка данного выключателя применительно к сети выполняется:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} = U_{сети} = 10 \text{ кВ}.$$

$$I_{ном} = 1000 \text{ А} > I_{расч} = 80,8 \text{ А}.$$

$$I_{откл} = 20 \text{ кА} > I_{к1} = 8,71 \text{ кА}.$$

$$i_{пр.скв} = 20 \text{ кА} > i_{ук1} = 14,24 \text{ кА}.$$

Также вместе с высоковольтными выключателями, на питающем РП-10 кВ устанавливаются также трансформаторы тока, выбор и проверка которых проведена в форме таблицы 8. Трансформаторы тока служат для преобразования высоких токов, проходящих через проводники, на которые они установлены, в низкие токи, которые могут быть измерены приборами. Основным назначением трансформаторов тока является обеспечение безопасности работников, которые работают с электроэнергетическими системами, и защита оборудования от повреждений. Трансформаторы тока используются для измерения тока, который проходит через проводники, и обеспечения соответствующих защитных мероприятий, если ток превышает определенные уровни.

Таблица 8 – Результаты выбора трансформаторов тока для установки в РП-10 кВ энергосистемы

Наименование аппарата	Условие выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
Трансформаторы тока ТПОЛМ-У-10-100/5	$U_{сети} \leq U_{ном.}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ.}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ.}$
	$I_{max} \leq I_{ном.}$	$I_{max} = 80,8 \text{ А.}$	$I_{ном} = 100 \text{ А.}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 14,24 \text{ кА.}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА.}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$	$I_T^2 \cdot t_T = 8,71^2 \cdot 3 =$ $= 227,6 \text{ кА}^2\text{с.}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2\text{с.}$

Далее проводится выбор коммутационных и защитных аппаратов для установки в РУ-10 кВ ТП-10/0,4 кВ. Для защиты в сети 10 кВ принимаются выключатели нагрузки с предохранителями.

Выключатель нагрузки (Load Break Switch) – это электрический аппарат, который используется для соединения или разъединения электрических цепей в системах среднего напряжения (от 1 до 35 кВ) [25]. Он служит для контроля и управления потоком электрической энергии, обеспечивая безопасность и надежность работы электрических сетей. В работе для непосредственной установки в РУ-10 кВ ТП-10/0,4 кВ выбираются современные выключатели нагрузки марки ВНПу-10/ 400-10-УЗ (таблица 9).

Таблица 9 – Результаты выбора выключателей нагрузки для установки в РУ-10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ

Наименование аппарата	Условие выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
Выключатели нагрузки ВНПу-10/ 250-10-УЗ	$U_{сети} \leq U_{ном.}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ.}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ.}$
	$I_{max} \leq I_{ном.}$	$I_{max} = 80,8 \text{ А.}$	$I_{ном} = 250 \text{ А.}$
	$I_{н.т} \leq I_{отк.ном.}$	$I_{н.т} = 8,71 \text{ кА.}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА.}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 14,24 \text{ кА.}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА.}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$	$I_T^2 \cdot t_T = 8,71^2 \cdot 3 =$ $= 227,6 \text{ кА}^2\text{с.}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2\text{с.}$

Все выбранные в работе электрические аппараты напряжением 10 кВ проходят по всем критериям выбора и проверок.

## 2.8 Выбор электрических аппаратов 0,4 кВ

Проводится выбор и проверка современных электрических аппаратов в виде выключателей 0,4 кВ, которые устанавливаются в системе электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также во всей СЭС бизнес-центра, для защиты и коммутации потребителей [8].

Автоматические выключатели 0,38/0,22 кВ (АВ) – это электрические аппараты, используемые для защиты электрических цепей от перегрузок и коротких замыканий в низковольтных электрических системах (от 220 до 380 В). Они обеспечивают автоматическое отключение электрической цепи при возникновении опасных условий, таких как перегрузки или короткие замыкания, чтобы предотвратить повреждение оборудования и обеспечить безопасность людей.

Назначение автоматических выключателей 0,38/0,22 кВ включает в себя [24]:

- защита от перегрузок: АВ реагируют на превышение допустимого тока в электрической цепи, автоматически отключая электрический контур, чтобы предотвратить перегрузку проводов и оборудования;
- защита от коротких замыканий: АВ реагируют на короткие замыкания в электрической цепи, автоматически отключая контур, чтобы предотвратить повреждение оборудования и обеспечить безопасность;
- управление электрическими цепями: АВ также используются для управления электрическими цепями, например, для включения и выключения света, кондиционеров, насосов и другого оборудования в зданиях и сооружениях;
- отключение для обслуживания: АВ могут быть использованы для временного отключения электрических цепей для обслуживания и ремонта оборудования.



Выбор АВ осуществляется по условиям, приведённым в работе ниже.

«Номинальные токи АВ и уставки теплового расцепителя» [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (56)$$

$$I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (57)$$

«Ток электромагнитного расцепителя АВ» [15]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p \geq I_k. \quad (58)$$

Ток уставки электромагнитного расцепителя АВ» [15]:

$$I_{у.э.р} \geq K \cdot I_{у.т.р}, \quad (59)$$

где « $K$  – кратность тока уставки ЭМ-расцепителя» [19].

«Ток срабатывания теплового расцепителя АВ» [16]:

$$I_{тр(расц.)} = 1,2 \cdot I_{раб.и}, A. \quad (60)$$

«Проверка выбора АВ» [4]:

$$I_{тр} \geq I_{тр(расц.)}, A. \quad (61)$$

$$I_{тр} \leq I_{нав}, A. \quad (62)$$

Результаты выбора трёхфазных автоматов питающей сети бизнес-центра, в который входят офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты выбора трёхфазных автоматов питающей сети бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Линия	$I_p, A$	Марка автомата	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р.}, A$	$I_{у.э.р.}, A$	$I_{в.а.}, кА$
Вводной автомат	903,9	Siemens SENTRON VL1600	1600	1600	4800	45
Офисные помещения	71,6	Siemens SENTRON VL100	100	100	300	45
Ресторан	67,5	Siemens SENTRON VL100	80	80	240	45
Продуктовый магазин	202,2	Siemens SENTRON VL250	250	250	750	45
Лифты грузовые	57,0	Siemens SENTRON VL80	80	80	240	45
Лифты пассажирские	34,2	Siemens SENTRON VL50	50	50	150	45
Автономная система отопления	166,8	Siemens SENTRON VL250	250	200	600	45
Система кондиционирования воздуха	22,8	Siemens SENTRON VL32	32	32	96	45
Система пожаротушения	15,2	Siemens SENTRON VL25	25	25	75	45
Система фильтрации воздуха	9,1	Siemens SENTRON VL16	16	16	48	45
Система нагрева воды	22,8	Siemens SENTRON VL32	32	32	96	45
Система резервного водобеспечения	22,8	Siemens SENTRON VL32	32	32	96	45
Система резервного водоотведения	22,8	Siemens SENTRON VL32	32	32	96	45
Системы телекоммуникаций	3,9	Siemens SENTRON VL10	10	10	30	45
Пост охраны	39,5	Siemens SENTRON VL50	50	50	150	45
Диспетчерский центр	8,4	Siemens SENTRON VL16	16	16	48	45
Освещение коридоров и лестничных клеток	9,1	Siemens SENTRON VL16	16	16	48	45
Наружное освещение парадных	3,9	Siemens SENTRON VL10	10	10	30	45
Подземный паркинг	20,0	Siemens SENTRON VL25	25	25	75	45
Наземный паркинг	8,4	Siemens SENTRON VL16	16	16	48	45
Конференц-зал (малый)	278,0	Siemens SENTRON VL400	400	350	1050	45
Конференц-зал (средний)	284,4	Siemens SENTRON VL400	400	350	1050	45
Конференц-зал (большой)	202,2	Siemens SENTRON VL250	250	250	750	45
Конференц-зал (просторный)	171,8	Siemens SENTRON VL200	200	200	600	45
Выставочный центр	151,6	Siemens SENTRON VL200	200	200	600	45

Выбор автоматов для защиты кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» проведен аналогично и результаты приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Выбор автоматических выключателей распределительной сети бизнес-центра, в который входят также офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»

Линия	$I_p, A$	Марка автомата	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р.}, A$	$I_{у.э.р.}, A$	$I_{в.а.}, кА$
Офисные помещения организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»	9,1	Siemens 1P C 25A 5SL6106-7	25	25	75	6
Лифты грузовые	49,8	Siemens 3P C 20A 5SL6106-7	20	20	60	6
Лифты пассажирские	39,5	Siemens 3P C 16A 5SL6106-7	16	16	48	6
Автономная система отопления	37,5	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6
Система кондиционир. и увлажнения воздуха	35,1	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6
Система пожаротушения	48,3	Siemens 3P C 20A 5SL6106-7	20	20	60	6
Система фильтрации воздуха	34,2	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6
Система нагрева воды	39,8	Siemens 3P C 20A 5SL6106-7	20	20	60	6
Система резервного водообеспечения	9,2	Siemens 3P C 10A 5SL6106-7	10	10	30	6
Система резервного водоотведения	8,9	Siemens 1P C 25A 5SL6106-7	25	25	75	6
Системы телекоммуникаций	0,9	Siemens 1P C 06A 5SL6106-7	6	6	18	6
Пост охраны	9,2	Siemens 1P C 25A 5SL6106-7	25	25	75	6
Освещение коридоров и лестничных клеток	0,8	Siemens 1P C 06A 5SL6106-7	6	6	18	6
Наружное освещение парадных	0,9	Siemens 1P C 10A 5SL6106-7	10	10	30	6
Конференц-зал (малый)	19,2	Siemens 1P C 32A 5SL6106-7	32	32	96	6
Конференц-зал (средний)	21,8	Siemens 1P C 32A 5SL6106-7	32	32	96	6
Конференц-зал (большой)	26,1	Siemens 1P C 40A 5SL6106-7	40	40	120	6
Конференц-зал (просторный)	29,5	Siemens 1P C 40A 5SL6106-7	40	40	120	6
Выставочный центр	34,2	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6

Все автоматы для защиты и коммутации питающей и распределительной сети объекта удовлетворяют требованиям выбора и проверок.

Выводы по разделу.

В работе, в результате проведения расчётов и проверок, приняты и обоснованы необходимые схемные решения, необходимые для качественной разработки проекта модернизации системы электроснабжения офисных

помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», совместно с системой электроснабжения бизнес-центра, в который входят офисные помещения данной организации:

- выбрана и обоснована схема электроснабжения системы электроснабжения;
- произведён расчёт электрических нагрузок питающей и распределительной сетей, а также токов трёхфазного короткого замыкания в максимальном режиме;
- выбраны и проверены два силовых трансформатора ТМГ-1000/10 на питающей подстанции 10/0,4 кВ;
- установлено, что реактивную мощность на шинах 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ компенсировать нет необходимости;
- выбрана и проверена питающая кабельная линия электропередачи, с применением двух кабелей марки АСБ-10 (3×35);
- выбраны современные кабели марки АВБШПнг 5×185 для питания объектов питающей и распределительной сети объекта проектирования;
- для защиты и коммутации питающей сети 10 кВ выбраны и проверены следующие электрические аппараты: выключатель высокого напряжения вакуумного типа марки ВВ/TEL-10-20/1000, ограничители перенапряжений ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1, трансформатор тока ТПОЛМ-10, выключатели нагрузки ВНПу-10/250-10-У3;
- для защиты и коммутации питающей и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ выбраны и проверены АВ марки Siemens SENTRON VL (трёхфазные), в качестве линейных выключателей используются автоматы марки Siemens 5SL6106-7 (трёхфазные и однофазные).

### **3 Анализ технико-экономической эффективности модернизации системы электроснабжения ООО «Ресурс групп»**

#### **3.1 Расчёт капитальных вложений**

Проводится расчёт технико-экономических показателей проекта модернизации системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», совместно с системой электроснабжения бизнес-центра, в который входят офисные помещения данной организации.

Известно, что экономические показатели разработанных систем электроснабжения являются важным критерием при принятии решений [15].

Поэтому в работе необходимо провести расчёт основных экономических показателей проекта, предварительно выполнив расчёт капитальных вложений в разработанную систему электроснабжения объекта проектирования.

Выбранное оборудование разработанной системы электроснабжения объекта проектирования используется в работе далее для расчёта экономических показателей проекта.

Экономические расчёты в работе проводятся по укрупнённым экономическим показателям.

Исходя из принятых решений в работе, капитальные вложения в систему электроснабжения объекта проектирования, с учётом систематизации оборудования по его назначению, типу и расположению, определяются [15]:

$$K = K_{ТП} + K_C + K_A, \quad (63)$$

где  $K_{ТП}$  – капиталовложения в питающую ТП-10/0,4 кВ (включая трансформаторы, шкафы РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ);

$K_C$  – капиталовложения в электрические сети (включая выбранные кабельные линии номинальным напряжением 10 кВ и 0,4 кВ);

$K_A$  - капиталовложения в электрические аппараты 10 кВ и 0,4 кВ (включая распределительные шкафы и ячейки).

«Капиталовложения в питающую ТП-10/0,4 кВ с двумя силовыми трансформаторами и шкафами РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ» [13] системы электроснабжения объекта проектирования определяются [23]:

$$K_{ТП} = C_{осн.} \cdot n + M_n + H_p, \quad (64)$$

где « $n$  - количество единиц оборудования, шт.» [14];

« $C_{осн.}$  - стоимость одной единицы оборудования, тыс. руб.» [17];

« $M_n$  - расходы на монтаж и наладку оборудования, тыс. руб.» [20];

« $H_p$  - накладные расходы, тыс. руб.» [19].

Принимаются в работе для всех типов и марок оборудования и сетей, расходы на монтаж и наладку оборудования с учётом величины накладных расходов [22]:

$$\begin{aligned} M_n &= 0,3C_{осн.} \\ H_p &= 0,1C_{осн.} \end{aligned} \quad (65)$$

Результаты расчёта стоимости оборудования питающей ТП-10/0,4 кВ бизнес-центра с учётом выбранных в работе двух силовых трансформаторов марки ТМГ-1000/10, а также шкафов и ячеек РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ, сведены в таблицу 12.

Электрические аппараты на питающей ТП-10/0,4 кВ будут учтены в работе далее.

Расчёт стоимости оборудования в работе проводится по укрупнённым экономическим показателям. Стоимость шкафов и ячеек на питающей подстанции также должна быть включена в смету.

Таблица 12 – Результаты расчета стоимости оборудования питающей ТП-10/0,4 кВ

Тип электрооборудования	Кол-во ед., шт.	Стоимость, за единицу, тыс. руб.	Суммарная стоимость, тыс. руб.
Силовой трансформатор ТМГ-1000/10	2	350,0	700,0
Шкаф РУ-10 кВ (без оборудования)	2	60,0	120,0
Шкаф РУ-0,4 кВ (без оборудования)	3	40,0	120,0
Итого:	7	-	940,0

Капиталовложения в питающую ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения объекта проектирования:

$$K_{ТП} = 940 + 0,3 \cdot 940 + 0,1 \cdot 940 = 1316 \text{ тыс.руб.}$$

Далее в работе необходимо рассчитать стоимость и суммарные капиталовложения в электрические сети системы электроснабжения объекта проектирования.

Все электрические сети объекта в работе выполняются с помощью силовых кабелей.

Суммарные капиталовложения в электрические сети (кабельные линии напряжением 10 кВ и 0,4 кВ) определяются так [15]:

$$K_C = l_C \cdot C_C + M_n + H_p, \quad (66)$$

где  $l_C$  - длина сети (соответствующих кабельных линий напряжением 10 кВ и 0,4 кВ), км;

$C_C$  - стоимость 1 км сети (соответствующих кабельных линий напряжением 10 кВ и 0,4 кВ), тыс. руб.

Результаты расчета стоимости электрических сетей системы электроснабжения объекта проектирования сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Результаты расчета стоимости электрических сетей

Марка кабеля	Кол-во, км	Стоимость, за км, тыс. руб.	Суммарная стоимость, тыс. руб.
Питающая сеть 10 кВ			
АВБШПнг 5×185	1,0	150,0	150,0
Питающая сеть 0,38/0,22 кВ			
ВВГнгLS 5×2,5	0,35	164,0	57,4
ВВГнгLS 5×4	0,10	198,0	19,8
ВВГнгLS 5×6	0,20	226,0	45,2
ВВГнгLS 5×10	0,15	264,0	39,6
ВВГнгLS 5×16	0,10	298,0	29,8
ВВГнгLS 5×35	0,10	345,0	34,5
ВВГнгLS 5×50	0,10	384,0	38,4
ВВГнгLS 5×70	0,10	416,0	41,6
ВВГнгLS 5×120	0,10	512,0	51,2
Распределительная сеть 0,38/0,22 кВ			
ВВГнгLS 3×2,5	5,2	116,0	603,2
ВВГнгLS 3×4	3,8	131,0	497,8
ВВГнгLS 3×6	2,6	164,0	426,4
ВВГнгLS 3×10	1,2	192,0	230,4
ВВГнгLS 3×16	0,8	224,0	179,2
Итого:	14,9	-	2294,5

Капиталовложения в электрические сети:

$$K_C = 2294,5 + 0,3 \cdot 2294,5 + 0,1 \cdot 2294,5 \approx 3212,4 \text{ тыс. руб.}$$

Капиталовложения в электрические аппараты (включая распределительные шкафы и ячейки распределительной сети 0,38/0,22 кВ) определяются так [15]:

$$K_A = C_{осн.} \cdot n + M_n + H_p, \quad (67)$$

где  $n$  - количество единиц оборудования, шт.;

$C_{осн.}$  - стоимость одной единицы оборудования, тыс. руб.;

$M_n$  - расходы на монтаж и наладку оборудования, тыс. руб.;

$H_p$  - накладные расходы, тыс. руб.



Результаты расчета стоимости электрических аппаратов системы электроснабжения объекта проектирования по укрупнённым экономическим показателям сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Результаты расчета стоимости электрических аппаратов

Марка оборудования	Кол-во ед., шт.	Стоимость, за единицу, тыс. руб.	Суммарная стоимость, тыс. руб.
Выключатель высокого напряжения ВВ/TEL-10-20/1000	2	320,0	640,0
Трансформатор тока ТПОЛМ-10	6	40,0	240,0
Выключатель нагрузки ВНПу-10/250-10-УЗ	2	56,0	112,0
Предохранитель плавкий ПК103-10-100-31,5/УЗ	6	4,0	24,0
Ограничитель перенапряжений КР/TEL-10/12 УХЛ1	6	12,0	72,0
Автоматы (усреднённая стоимость)	52	3,0	156,0
Шкафы (щиты) ВРУ (без оборудования)	1	20,0	20,0
Шкафы ЩАО, ЩРО (без оборудования)	2	10,0	20,0
Шкафы СРШ (без оборудования)	24	8,0	192,0
Итого:	101	-	1476,0

Капиталовложения в электрические аппараты определяются как алгебраическая сумма рассчитанных составляющих:

$$K_A = 1476 + 0,3 \cdot 1476 + 0,1 \cdot 1476 = 2066,4 \text{ тыс.руб.}$$

Определение суммы общих капитальных вложений (суммарных капиталовложений) в систему электроснабжения объекта проектирования

$$K = 1316 + 3212,4 + 2066,4 = 6594,8 \text{ тыс.руб.}$$

С учётом рассчитанной величины суммарных капиталовложений в систему электроснабжения объекта проектирования, далее в работе проводится определение сметной стоимости данного проекта по укрупнённым экономическим показателям.

### 3.2 Расчёт сметной стоимости проекта

В состав сметной стоимости предложенного проекта модернизации системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», совместно с системой электроснабжения бизнес-центра, в который входят офисные помещения данной организации, входят «суммарные капиталовложения, рассчитанных ранее, и суммарные эксплуатационные издержки (затраты), расчёт которых проводится в работе далее» [16].

«В общем виде расчетная формула эксплуатационных издержек (затрат) для системы электроснабжения» [16] объекта проектирования по укрупнённым экономическим показателям [15]:

$$\text{ЭЗ} = \text{ЗП} + \text{СВ} + A_o + P_{\text{ТО}} + \text{Пр}, \quad (68)$$

где «ЗП – заработная плата, тыс. руб.» [16];

«СВ – страховые взносы, тыс. руб.» [16];

«A – амортизационные отчисления, тыс. руб.» [16];

«P – затраты на ремонт и техническое обслуживание, тыс. руб.» [16].

Далее в работе определяются все составляющие выражения (64) по укрупнённым экономическим показателям.

Заработная плата за год [15]:

$$\text{ЗП} = M_0 \cdot N \cdot K_{\text{дон}} \cdot T, \quad (69)$$

где  $M_0$  – средний месячный оклад по организации по состоянию на 2023 г., тыс. руб.;

«N – количество оперативно – технических работников, чел.» [16];

« $K_{\text{дон}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда» [16];

« $T$  – число месяцев в году» [16].

$$ЗП = 39,431 \cdot 5 \cdot 1,5 \cdot 12 = 3548,8 \text{ тыс.руб.}$$

Страховые взносы составляют 30,9% от ЗП [15]

$$СВ = 0,309 \cdot ЗП. \quad (70)$$

$$СВ = 0,309 \cdot 3548,79 = 1096,6 \text{ тыс.руб.}$$

Годовые амортизационные отчисления на разработанную систему электроснабжения объекта проектирования, по укрупнённым экономическим показателям, определяются, исходя из величины капитальных вложений [20]:

$$A_o = K \cdot \frac{a}{100}, \quad (71)$$

где « $a$ - годовая норма амортизационных отчислений, %. Принимается в работе норма амортизации 10%» [20].

$$A_o = 6594,8 \cdot 0,1 \approx 659,5 \text{ тыс.руб.}$$

Годовые затраты на ремонт и техническое обслуживание, с учётом того, что всё оборудование новое [20]:

$$P_{ТО} = K \cdot \frac{r}{100}, \quad (72)$$

где  $r$ - «годовая норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание оборудования и сетей, %» [20].

$$P_{ТО} = 6594,8 \cdot 0,03 = 197,8 \text{ тыс.руб.}$$

Прочие расходы [15]:

$$Pr = 0,01 \cdot \sum K. \quad (73)$$

$$Pr = 6594,8 \cdot 0,01 \approx 65,9 \text{ тыс. руб.}$$

Суммарные годовые эксплуатационные издержки на предложенный проект модернизации [21]:

$$\text{ЭЗ} = 3548,8 + 1096,6 + 659,5 + 197,8 + 65,9 = 5568,6 \text{ тыс. руб.}$$

Суммарная стоимость проекта модернизации системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», совместно с системой электроснабжения бизнес-центра, в который входят офисные помещения данной организации, учитывает капиталовложения и суммарные годовые эксплуатационные издержки:

$$C = K + \text{ЭЗ}. \quad (74)$$

По условию (74):

$$C = 6594,8 + 5568,6 = 12163,4 \text{ тыс. руб.}$$

В работе полученные результаты расчёта основных экономических показателей проекта модернизации системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», совместно с системой электроснабжения бизнес-центра, в который входят офисные помещения данной организации, представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Сводная таблица технико-экономических показателей спроектированной системы электроснабжения объекта проектирования

Статья затрат	Единица измерения	Числовой показатель статьи затрат
Капиталовложения в питающую ТП-10/0,4 кВ	тыс. руб.	1316,0
Капиталовложения в электрические сети	тыс. руб.	3212,4
Капиталовложения в электрические аппараты	тыс. руб.	2066,4
Суммарные капитальные вложения	тыс. руб.	6594,8
Заработная плата	тыс. руб.	3548,8
Страховые взносы	тыс. руб.	1096,6
Годовые амортизационные отчисления	тыс. руб.	659,5
Годовые затраты на ремонт и техническое обслуживание	тыс. руб.	197,8
Прочие расходы	тыс. руб.	65,9
Суммарная величина эксплуатационных издержек	тыс. руб.	5568,6
Суммарная стоимость проекта	тыс. руб.	12163,4

Полученные результаты технико-экономических показателей модернизированной системы электроснабжения объекта проектирования предлагается учесть при практической реализации данного проекта.

Выводы по разделу.

В работе проведён анализ технико-экономической эффективности модернизации системы электроснабжения ООО «Ресурс групп».

Рассчитаны основные экономические показатели модернизированной системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Проведён расчёт сметной стоимости предложенного проекта системы электроснабжения многоэтажного бизнес-центра с учётом суммарных капиталовложений и суммарных эксплуатационных издержек (затрат).

Полученные результаты технико-экономических показателей модернизированной системы электроснабжения объекта проектирования предлагается учесть при практической реализации данного проекта.

Все принятые решения в работе проверены и согласованы, исходя из основных методик выбора и проверки оборудования, схем и технических решений систем электроснабжения.

## Заключение

В результате выполнения работы, проведена разработка проекта модернизации системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Приведена исходная характеристика системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», а также краткая технико-экономическая характеристика данной организации.

Описано оборудование и приведены характеристики системы электроснабжения бизнес-центра, в котором расположен объект проектирования.

Установлено, что на балансе организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп» состоит десять офисов, которые распределены неравномерно по высотному многоэтажному зданию бизнес-центра, а также имеют относительно небольшую суммарную проектную нагрузку.

Основываясь на приведённой информации, установлено, что в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», по следующим основным направлениям:

- модернизация устаревших питающих кабельных линий и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп»;
- модернизация электрических аппаратов (автоматов) питающей и распределительной сети офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Установлено, что данные мероприятия по модернизации оборудования и сетей системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», необходимо решать в комплексе с другими потребителями в рамках всей системы электроснабжения бизнес-центра, в который входит рассматриваемый в работе объект проектирования.

В работе, в результате проведения расчётов и проверок, приняты и обоснованы необходимые схемные решения, необходимые для качественной разработки проекта модернизации системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп», совместно с системой электроснабжения бизнес-центра, в который входят офисные помещения данной организации:

- выбрана и обоснована схема электроснабжения системы электроснабжения;
- произведён расчёт электрических нагрузок питающей и распределительной сетей, а также токов трёхфазного короткого замыкания в максимальном режиме;
- выбраны и проверены два силовых трансформатора ТМГ-1000/10 на питающей подстанции 10/0,4 кВ;
- установлено, что реактивную мощность на шинах 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ компенсировать нет необходимости;
- выбрана и проверена питающая кабельная линия электропередачи, с применением двух кабелей марки АСБ-10 (3×35);
- выбраны современные кабели марки АВБШПнг 5×185 для питания объектов питающей и распределительной сети объекта проектирования;
- для защиты и коммутации питающей сети 10 кВ выбраны и проверены следующие электрические аппараты: выключатель высокого напряжения вакуумного типа марки ВВ/TEL-10-20/1000, ограничители перенапряжений ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1,

трансформатор тока ТПОЛМ-10, выключатели нагрузки ВНПу-10/250-10-У3;

- для защиты и коммутации питающей и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ выбраны и проверены АВ марки Siemens SENTRON VL (трёхфазные), в качестве линейных выключателей используются автоматы марки Siemens 5SL6106-7 (трёхфазные и однофазные).

В работе проведён анализ технико-экономической эффективности модернизации системы электроснабжения ООО «Ресурс групп».

Рассчитаны основные экономические показатели модернизированной системы электроснабжения офисных помещений организации по временному трудоустройству населения ООО «Ресурс Групп».

Проведён расчёт сметной стоимости предложенного проекта системы электроснабжения многоэтажного бизнес-центра с учётом суммарных капиталовложений и суммарных эксплуатационных издержек (затрат).

Полученные результаты технико-экономических показателей модернизированной системы электроснабжения объекта проектирования предлагается учесть при практической реализации данного проекта.

Все принятые решения в работе проверены и согласованы, исходя из основных методик выбора и проверки оборудования, схем и технических решений систем электроснабжения.



## Список используемых источников

1. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия. 2018. 343 с.
2. Китунович Ф.Г. Энергетика России. 1920-2020 гг. В 4 томах. М.: Энергия. 2020. 1072 с.
3. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 180 с.
4. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия. 2020. 320 с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат. 2018. 608 с.
6. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань. 2018. 316 с.
7. ООО «Ресурс Групп» [Электронный ресурс]: URL: <https://sbis.ru/contragents/1841058184/771401001> (дата обращения: 25.03.2023).
8. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат. 2019. 174 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис». 2019. 324 с.
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Альвис. 2018. 632 с.
11. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия. 2018. 448 с.
12. Свириденко Э.А. Основы электротехники и электроснабжения. М.: Техноперспектива, 2018. 436 с.

13. 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](https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf)

(дата обращения: 25.03.2023).

14. СП 440.1325800.2018 Проектирование естественного и искусственного освещения. [Электронный ресурс]: URL:

<http://docs.cntd.ru/document/554819713> (дата обращения: 25.03.2023).

15. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС. 2018. 312 с.

16. СТО 56947007- 29.240.30.047-2010. «Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций». [Электронный ресурс]: URL:

<https://www.twirpx.com/file/2616342/> (дата обращения: 25.03.2023).

17. Тульчин И.К. Электрические сети жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат, 2020. 304 с., ил.

18. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/) (дата обращения: 25.03.2023).

19. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

20. Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий: 3-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк. 2018. 319 с.: ил.

21. Chen C.S. Development of distribution feeder loss models by artificial neural networks. IEEE Transactions on Power Systems, 2018. 2005. Vol. 19, 4. P. 1056–1062.

22. Kang Meei – Song. A Systematic Loss Analysis of Taipower Distribution System. IEEE Transactions on Power Systems. 2018. vol. 21, 3. P. 1062–1068.

23. Van Meetern H. P. Short – term load prediction with a combination of different models. IEEE Conf. Proc: Power Ind. Comput. Appl. Conf. PICA-19, Cleveland, Ohio. 2019. P. 192 – 197.

24. Zadeh L.A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 2020. Vol. SMC 3. P. 28 – 44.

25. Zadeh L.A. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning, Part 1, 2, 3. Information Sciences. 2019. Vol. 9. P. 43 – 80.