

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра Электроснабжение и электротехника

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение многоэтажного дома бизнес-класса

Обучающийся

Д. Л. Адамов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.В. Бычков

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

Тольятти 2023

Аннотация

В результате проведенных исследований в работе, проведена разработка проекта системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

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

- приведена краткая техническая характеристика основных помещений и потребителей электрической энергии многоэтажного дома бизнес-класса;
- проведён анализ основных требований, предъявляемых к системам электроснабжения гражданских сооружений положениями нормативных документов;
- на основе технических характеристик помещений и потребителей электрической энергии многоэтажного дома бизнес-класса, с учётом основных требований, предъявляемых к системам электроснабжения гражданских сооружений положениями нормативных документов, разработаны и обоснованы мероприятия по модернизации схемы электроснабжения объекта проектирования;
- осуществлён выбор мощности и количества трансформаторов понизительной трансформаторной подстанции объекта проектирования с учётом компенсации реактивной мощности в питающей и распределительной сетях объекта;
- произведён выбор марок и сечений проводников, а также электрических аппаратов, для установки в проектируемой системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса;
- осуществлён выбор системы контроля и управления электроэнергией многоэтажного дома бизнес-класса.

Работа представлена расчётно-пояснительной запиской, а также шестью чертежами формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Исходная характеристика многоэтажного дома бизнес-класса	7
1.1 Техническая характеристика многоэтажного дома бизнес-класса.....	7
1.2 Анализ требований к системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.....	13
2 Проектирование системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.....	19
2.1 Выбор схемы электроснабжения.....	19
2.2 Расчёт электрических нагрузок многоэтажного дома бизнес-класса..	22
2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов питающей подстанции	29
2.4 Выбор и проверка проводников 0,38/0,22 кВ.....	35
2.5 Расчёт токов короткого замыкания	41
2.6 Выбор электрических аппаратов	47
3 Выбор системы контроля и управления электроэнергией многоэтажного дома бизнес-класса.....	59
Заключение	63
Список используемых источников.....	66

Введение

В настоящей работе детально разрабатывается проект системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

Системы электроснабжения многоэтажных домов бизнес-класса должны быть надежными, безопасными и энергоэффективными. Обычно такие дома имеют более высокие требования к качеству электроснабжения, чем обычные жилые дома, так как в них используются более сложные и ответственные технологии и системы.

Известно, что в современных многоэтажных домах бизнес-класса используются различные системы электроснабжения, такие как:

- централизованная система электроснабжения – это система, в которой электрическая энергия потребляется от центрального источника (электростанции) через высоковольтные линии электропередачи и рассчитывается по многоэтажному дому через трансформаторы и распределительные щиты;
- децентрализованная система электроснабжения – это система, в которой каждый этаж или группа имеет свои собственные электроподстанции или генераторы, что позволяет иметь независимое электроснабжение каждого блока или этажа;
- гибридная система электроснабжения – это система, которая объединяет централизованное и децентрализованное электроснабжение. Она может использовать электроэнергию из источников сети, а также генерировать чистую электроэнергию с помощью солнечных панелей, ветряных генераторов и прочих аналогичных технических систем.

Независимо от выбранной системы электроснабжения, в многоэтажных домах бизнес-класса обычно используются современные системы управления энергопотреблением, которые позволяют потреблять потребление электроэнергии, а также требуют контроля за качеством и бесперебойностью

электроснабжения. Кроме того, в таких домах часто применяются системы резервного электроснабжения, которые позволяют обеспечить работоспособность назначения систем, например, лифтов и систем безопасности, в случае использования резервного источника питания.

На основании перечисленных аспектов можно сделать вывод, что современные многоэтажные дома бизнес-класса требуют комплексного и квалифицированного подхода к проектированию всех систем обеспечения жизнедеятельности, в особенности системы электроснабжения.

Таким образом, выбор и разработка системы электроснабжения рассматриваемого в работе многоэтажного дома бизнес-класса, является приоритетным и актуальным заданием, которое требует разностороннего подхода с применением нормативных документов и нестандартных решений.

Целью данной работы является разработка проекта системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

Объектом исследования в данной работе является система электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

В данном исследовании основное внимание (предмет исследования) уделяется изучению схемы электрических соединений в системе электроснабжения многоэтажного дома премиум-класса. Также включены в анализ основные компоненты системы электроснабжения, включающие питающие и распределительные сети, силовые трансформаторы на питающей подстанции, а также различные электрические устройства и оборудование, работающие на разных уровнях напряжения.

Для успешного достижения основной цели этого исследования необходимо последовательно решить следующие задачи, которые были поставлены в данной работе:

- привести краткую техническую характеристику основных помещений и потребителей электрической энергии многоэтажного дома бизнес-класса;
- требуется провести анализ основных нормативных документов,

которые определяют основные требования к системам электроснабжения жилых гражданских сооружений.;

- на основе технических характеристик помещений и потребителей электрической энергии многоэтажного дома бизнес-класса, с учётом основных требований, предъявляемых к системам электроснабжения жилых гражданских сооружений положениями нормативных документов, разработать и обосновать мероприятия по выбору схемы электроснабжения объекта проектирования;
- осуществить выбор мощности и количества трансформаторов понизительной трансформаторной подстанции объекта проектирования с учётом компенсации реактивной мощности в его питающей и распределительной сетях;
- провести выбор марок и сечений проводников, а также электрических аппаратов, для установки в проектируемой системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса;
- осуществить выбор системы контроля и управления электроэнергией многоэтажного дома бизнес-класса.

При осуществлении выбора наилучших технических решений для модернизации объекта, в данном исследовании используются нормативно-технические источники, а также рекомендуемая техническая нормативная и учебная литература, а также типовых рабочих проектов.

Исходная характеристика многоэтажного дома бизнес-класса

Техническая характеристика многоэтажного дома бизнес-класса

Рассматриваемый в работе многоэтажный дом бизнес-класса расположен в одном высотном многоэтажном сооружении, имеющего девять этажей, в котором, помимо него, также расположены другие потребители разного типа, торговые потребители и потребители сферы обслуживания, а также жилые потребители: квартиры бизнес-класса улучшенной планировки и повышенной потребляемой мощности.

Многоэтажный дом бизнес-класса состоит из совокупности нежилых помещений, расположенных на первом этаже, и квартир, находящихся со второго по девятый этажи.

В виду того, что рассматриваемый в работе дом бизнес-класса состоит из равноценных секций, которые распределены равномерно по данному высотному многоэтажному зданию, а также имеют одинаковую суммарную нагрузку, следовательно, в работе необходимо рассмотреть все потребители и всю систему электроснабжения данного многоэтажного сооружения как совокупность однотипных панельных секций.

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 размещаются в подвальных и чердачных помещениях объекта.

По степени надежности электроснабжения, сооружение, в котором расположен многоэтажный дом бизнес-класса, относится ко II категории потребителей. Система включает в себя потребителей, которые имеют значительные электрические нагрузки и функционируют при номинальном напряжении 380 вольт и соответственно 220 В.

Для проектирования объекта используются максимальные значения нагрузок, которые согласованы с энергоснабжающей организацией и включены в проект. Эти значения служат основой при разработке объекта.

Рассматриваемый многоэтажный дом бизнес-класса полностью газифицирован, что учтено при выборе электрических нагрузок его потребителей.

Автомобильные дороги 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 многоэтажного дома бизнес-класса осуществляется автоматически.

Пульт управления вентиляцией и остальными коммуникациями размещается в специализированном техническом помещении в подвале проектируемого объекта.

Система отопления в помещениях многоэтажного дома бизнес-класса – водяная с применением принудительной циркуляции теплоносителя под давлением с использованием насосных установок.

В помещениях многоэтажного дома бизнес-класса необходимо предусмотреть систему автоматического регулирования температуры воздуха, которая будет адаптироваться к внешним метеорологическим условиям.

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 многоэтажного дома бизнес-класса осуществляется от трансформаторной подстанции напряжением ТП-10/0,4 кВ.

В данном строении многоэтажного дома бизнес-класса предусмотрено наличие пяти равноценных и одинаковых панельных секций, в каждой из которых предусмотрена собственная парадная. При этом коммуникации всех парадных разделены с целью обеспечения надёжности схемы.

При этом каждая панель имеет собственное вводное распределительное устройство, получающее питание кабельными линиями электропередачи от шин 0,4 кВ питающей РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ. Расположение панельных секций многоэтажного дома бизнес-класса представлено на рисунке 1.

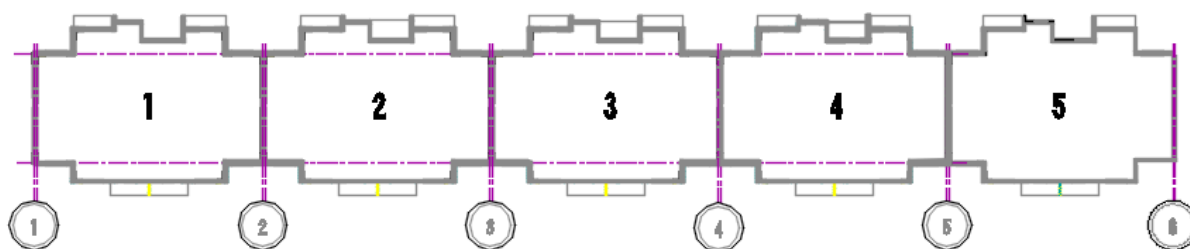


Рисунок 1 – Расположение панельных секций многоэтажного дома бизнес-класса

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

При этом элитные квартиры, которые расположены в данном многоэтажном доме бизнес-класса, отличаются повышенной комфортностью, так как в систему жизнеобеспечения дома 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 проектирования имеется подземный и наземный паркинги.

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

Все системы коммуникаций многоэтажного дома бизнес-класса должны быть полностью автоматизированы и работать абсолютно бесшумно по мере необходимости.

Для непосредственного контроля коммуникационной системы многоэтажного дома бизнес-класса 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.

Далее рассматривается компоновка секций многоэтажного дома бизнес-класса.

При этом в работе для удобства рассматривается одна секция объекта проектирования, так как в проектируемом доме бизнес-класса проектом предусмотрено пять равных и полностью идентичных таких секции (рисунок 1).

В связи с этим, в работе для удобства предлагается систематизировать все потребители многоэтажного дома бизнес-класса на следующие основные группы:

- нежилые потребители;
- квартиры (жилые потребители);
- коммуникации (электрифицируемые).

На первых этажах каждой секции многоэтажного дома бизнес-класса, непосредственно располагаются также нежилые потребители.

С учётом этого, к данной группе потребителей относятся:

- помещения под магазины непродовольственных товаров;
- рестораны (с кафетериями);
- помещения под магазины продовольственных товаров.

Состав и характеристики нежилых потребителей каждой секции проектируемого многоэтажного дома бизнес-класса в работе представлен в форме таблицы 1.

Таблица 1 – Состав и характеристики нежилых потребителей секции многоэтажного дома бизнес-класса

Потребитель (коммуникация)	Этаж	Номинальная мощность потребителя, $P_{ном}$, кВт	Кол-во потребителей, шт.	Суммарная установленная проектная нагрузка, $P_{уст}$, кВт	Категория ЭП по надежности
Магазин продовольственных товаров	1	50,0	1	50,0	II
Магазин непродовольственных товаров	1	40,0	1	40,0	II
Ресторан (с кафетерием)	1	120,0	1	120,0	II
Всего нежилых потребителей секций многоэтажного дома бизнес-класса			3	210,0	II

Состав и характеристики квартир (жилых потребителей) многоэтажного дома бизнес-класса, приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Состав и характеристики квартир (жилых потребителей) секции многоэтажного дома бизнес-класса

Потребитель (коммуникация)	Этаж	Номинальная мощность потребителя, $P_{ном}$, кВт	Кол-во потребителей, шт.	Суммарная установленная проектная нагрузка, $P_{уст}$, кВт	Категория ЭП по надежности и
Квартиры (3 комнаты)	2-4	8,0	60	480,0	II
Квартиры (4 комнаты)	5-6	10,0	30	300,0	II
Квартиры (5 комнат)	7	12,0	15	180,0	II
Квартиры (6 комнат)	8	15,0	10	150,0	II
Пентхаус	9	20,0	5	100,0	II
Всего			120	1210,0	II

Состав и характеристики электрифицируемых коммуникаций многоэтажного дома бизнес-класса представлены в форме таблицы 3.

Таблица 3 – Состав и характеристики электрифицируемых коммуникаций многоэтажного дома бизнес-класса

Потребитель (коммуникация)	Номинальная мощность потребителя, $P_{ном}$, кВт	Кол-во потребителей, шт.	Суммарная установленная проектная нагрузка, $P_{уст}$, кВт	Категория ЭП по 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	3,0	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 многоэтажного дома бизнес-класса.

Приведённая информация по проектным нагрузкам многоэтажного дома бизнес-класса является основой для принятия технических решений по разработке системы электроснабжения данного объекта в целом.

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.

План расположения объектов многоэтажного дома бизнес-класса представлен на графическом листе 1.

Анализ требований к системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса

Система электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса должна удовлетворять следующим основным требованиям [7]:

- надёжность: система должна быть надёжной и обеспечивать бесперебойную подачу электроэнергии круглосуточно. Для этого необходимо предусмотреть резервирование основных элементов системы, таких как трансформаторы, автоматические выключатели, кабели и другие;
- безопасность: система должна соответствовать требованиям пожарной безопасности и обеспечивать защиту от коротких замыканий, перегрузок и других аварийных ситуаций. Для этого необходимо использовать качественные материалы и оборудование, проводить регулярные проверки и техническое обслуживание системы;

- энергоэффективность: система должна быть энергоэффективной и обеспечивать минимальные потери электроэнергии. Для этого необходимо использовать кабели с низким уровнем потерь, установить счетчики электроэнергии и применять энергосберегающие технологии;
- мощность: система должна иметь достаточную мощность для обеспечения потребностей всех жильцов дома. При проектировании системы необходимо учитывать не только текущую потребность в электроэнергии, но и ее возможный рост в будущем;
- управляемость: система должна быть управляемой и обеспечивать возможность удаленного контроля и управления энергопотреблением. Для этого необходимо использовать современное оборудование и технологии, такие как системы автоматизации и дистанционного управления;
- эстетика: система должна быть эстетически привлекательной и не нарушать архитектурный облик здания. Для этого необходимо учитывать дизайн и размещение оборудования, а также использовать материалы, соответствующие стилю и цветовой гамме здания.

В целом, система электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса должна быть надежной, безопасной, энергоэффективной, емкой, управляемой и эстетически привлекательной.

Система электроснабжения рассматриваемого в работе многоэтажного дома бизнес-класса, являясь учреждением гражданской жилой инфраструктуры, относится к системам электроснабжения гражданских сооружений [17]. Для разработки качественного проекта модернизации многоэтажного дома бизнес-класса, необходимо привести основные требования к системам электроснабжения гражданских сооружений (объектов гражданского типа).

Выбор схем для питания гражданских объектов основывается на следующих основных критериях [5]:

- класс напряжения источников и потребителей системы электроснабжения объекта;
- близость потребителей к источнику питания;
- наличия источников питания вблизи потребителей, пригодных для питания объектов;
- установленная проектная мощность (нагрузка) потребителей проектируемых объектов;
- условия технологического процесса на объекте;
- влияние окружающей среды;
- прочие факторы.

Известно, что системы электроснабжения гражданских сооружений и объекты гражданского типа, характеризуется следующими особенностями [7]:

- наличием значительной доли осветительной нагрузки (иногда более половины всей суммарной нагрузки объекта);
- исключительном питании конечных потребителей на напряжении 0,38/0,22 кВ;
- подавляющим количеством и преобладанием активной нагрузки в сети;
- наличием малой реактивной составляющей;
- повышенным требованием к безопасности людей, что заключается в технических решениях по выбору кабелей и оборудования.

Как правило, в системах электроснабжения гражданских сооружений и объектов гражданского типа, есть все категории надёжности по [11]. При этом принято, что потребители первой категории надёжности должны дополнительно иметь свой резервный источник питания и два независимых автоматизированных ввода напряжением 0,4 кВ, потребители второй категории должны иметь два независимых ввода 0,4 кВ с резервированием (допускается резервирование без автоматизации), а для потребителей третьей категории достаточно применить один ввод без резервирования [19].

Важно отметить, что при проектировании, модернизации и реконструкции систем электроснабжения гражданских жилых сооружений и их питающих понижающих трансформаторных подстанций, необходимо строго соблюдать основные нормы и требования, установленные соответствующими нормативными документами. Эти требования являются обязательными и направлены на обеспечение надлежащей работы и безопасности данных объектов электроснабжения [10].

Обычно системы электроснабжения гражданских объектов работают при номинальном напряжении 380 и 220 В, которое подается от понижающих трансформаторных подстанций (ТП). Эти подстанции имеют более высокое номинальное напряжение 6 кВ или 10 кВ. В последнее время, вместо закрытых (ЗТП) и открытых (ОТП) подстанций, все чаще используются комплектные трансформаторные подстанции (КТП), которые представляют собой более современное решение и обладают значительными преимуществами. [16]. Такие подстанции – самые перспективные с точки зрения модернизации, реконструкции и дальнейшего развития, а также самые надёжные в силу того, что позволяют установить в своих распределительных устройствах современные блоки и модули защиты [18]. При системах электроснабжения гражданских сооружений и объектов гражданского типа на понижающих подстанциях обычно устанавливаются один или два силовых трансформатора. Но встречаются крайне редкие случаи, когда на таких подстанциях ставят более двух силовых трансформаторов. [15].

Во внутренней системе электроснабжения гражданских объектов к применению допускается исключительно изолированная проводка, что связано с безопасностью людей [12]. Внутренние сети передают напряжение 0,38/0,22 кВ с трансформаторных подстанций гражданских объектов непосредственно на эти объекты, где далее происходит распределение электроэнергии для питания потребителей в зависимости от схемы электрических соединений, расположения электроприёмников, а также назначения и цикла работы отдельных элементов и всей системы в целом.

Поэтому в системах электроснабжения гражданских объектов на всех номинальных классах напряжения отклонения напряжения, частоты, тока и гармоник должны находиться в допустимых интервалах [3].

Также контроль ведётся за величиной потребляемой реактивной мощности, так как её избыток способен вывести систему из нормального состояния в аварийное. Нормами [3] для систем электроснабжения гражданских объектов предусмотрена обязательная проверка последних на потребляемую реактивную мощность. В большинстве случаев в системах электроснабжения гражданских сооружений такая проверка будет выполнена в подавляющем большинстве случаев, однако при наличии большого числа потребителей, имеющих двигательную нагрузку, а также при значительном объёме освещения, выполненного с использованием устаревших люминесцентных ламп стартерного типа, существует вероятность необходимости установки дополнительных устройств компенсации реактивной мощности на гражданских объектах. Данный аспект необходимо также проверить в работе.

Неукоснительное выполнение основных требований и аспектов к схемам и оборудованию систем электроснабжения гражданских объектов необходимо соблюдать.

Дальше в данном исследовании, исходя из требований, которые предъявляются к проектируемым системам электроснабжения гражданских объектов в нормативных документах [6], а также учитывая технические характеристики оборудования объекта проектирования, описанные в данной работе, выполняются основные задачи, поставленные перед нами. Указанные нормы и требования основных документов, предъявляемые к системам электроснабжения гражданских сооружений и объектов гражданского типа, обязательны к применению на данном объекте исследования (в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса).

Выводы по разделу.

В разделе приведена исходная характеристика системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

Установлено, что рассматриваемый в работе объект проектирования состоит из девяти этажей и пяти одинаковых секций.

В связи с этим, в работе для систематизированы и разделены все потребители многоэтажного дома бизнес-класса на следующие основные группы:

- нежилые потребители;
- квартиры (жилые потребители);
- коммуникации (электрифицируемые).

Приведены основные характеристики каждой группы потребителей объекта проектирования.

Проведён анализ основных требований нормативных документов, предъявляемых к проектируемой системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса. Данные предложения принимаются за основу и подтверждаются расчётно-аналитическим путём в работе далее.

Проектирование системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса

Выбор схемы электроснабжения

Многоэтажный дом бизнес-класса, рассматриваемый в данной работе, относится к II категории надежности электроснабжения по классификации, основанной на надежности системы. [11].

Это известно, что объекты гражданского назначения, отнесенные к данной категории, должны обладать двумя независимыми источниками питания, чтобы обеспечить необходимую степень надежности и резервирования системы электроснабжения. [11].

Следовательно, для обеспечения электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса необходимо обязательно предусмотреть наличие второго источника питания с резервированием.

Поэтому, в соответствии с принятыми стандартами и требованиями, на питающей понижающей подстанции многоэтажного дома бизнес-класса должны быть установлены два силовых трансформатора [5].

Электроснабжение многоэтажного дома бизнес-класса осуществляется от ТП-10/0,4 кВ, расположенном в непосредственной близости от объекта проектирования (расстояние – 50 м).

Как было указано ранее, согласно требованиям [5], многоэтажный дом бизнес-класса, относятся 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 [5].

Исходя из этого, в данной работе предлагается использовать схему электрических соединений для питания многоэтажного дома бизнес-класса с использованием понижающей подстанции ТП-10/0,4 кВ. Данная схема предусматривает двухлучевую конфигурацию с двухсторонним питанием и

установкой автоматического включения резерва (АВР) на шинах низкого напряжения, обеспечивая необходимый уровень резервирования.

Схема электрических соединений питающей ТП-10/0,4 кВ многоэтажного дома бизнес-класса, представлена на рисунке 2.

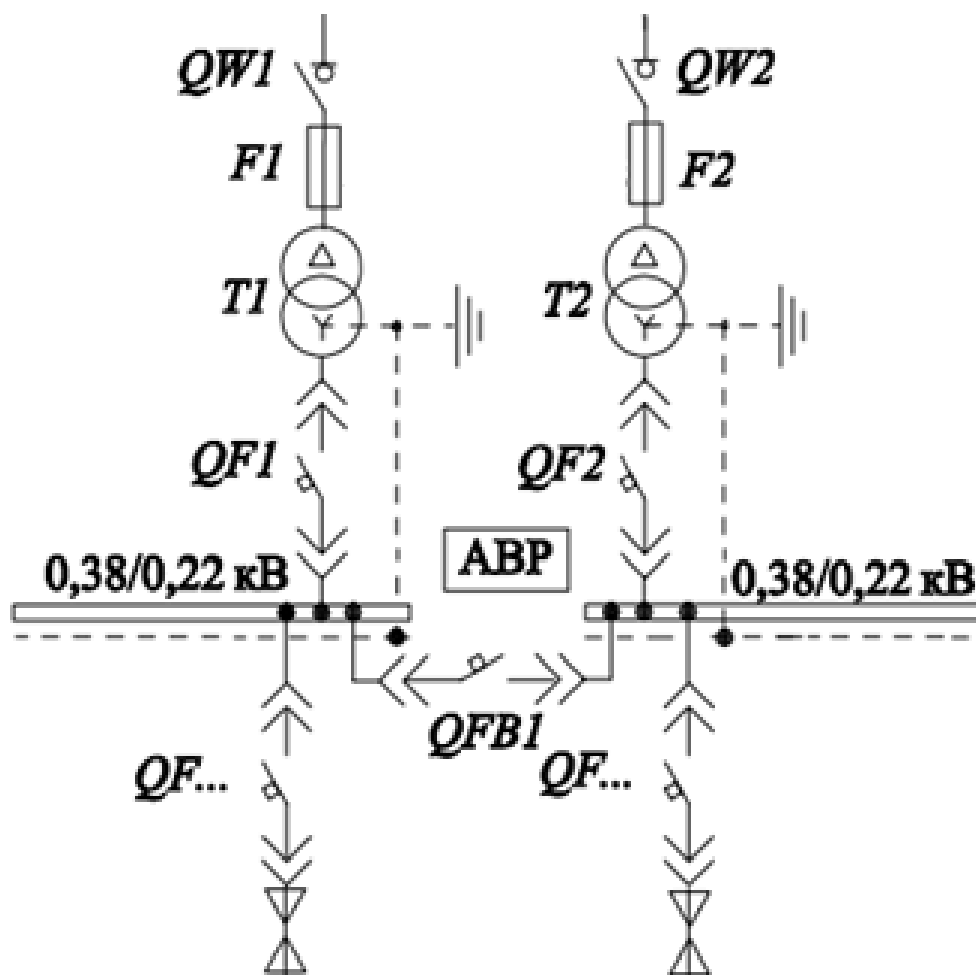


Рисунок 2 – Схема электрических соединений питающей ТП-10/0,4 кВ многоэтажного дома бизнес-класса

На рисунке 2 использованы следующие обозначения: 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 многоэтажного дома бизнес-класса, предусматривается вводное распределительное устройство (ВРУ), непосредственно

устанавливаемый в подвальном помещении данного объекта в первой секции дома.

От ВРУ получают питание силовые распределительные шкафы (СРШ) потребителей. При этом каждый 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 многоэтажного дома бизнес-класса 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 многоэтажного дома бизнес-класса, а также других потребителей многоэтажного дома бизнес-класса, на вводе к которым в их щитках устанавливаются автоматические выключатели для защиты кабельных линий, питающих их от соответствующих СРШ.

Для освещения многоэтажного дома бизнес-класса предусмотрены вводные и распределительные щитки рабочего и аварийного (эвакуационного) освещения.

Такие щитки устанавливаются в каждой секции проектируемого многоэтажного дома.

От распределительных щитков освещения питаются группы осветительных установок объектов общего пользования (лестничных клеток, тамбуров, проходов, наружное освещение секций дома).

При этом распределительная сеть лифтов и части освещения совмещена, что разрешено требованиями [11].

Для данной цели применяется стандартная схема, представленная на рисунке 3.

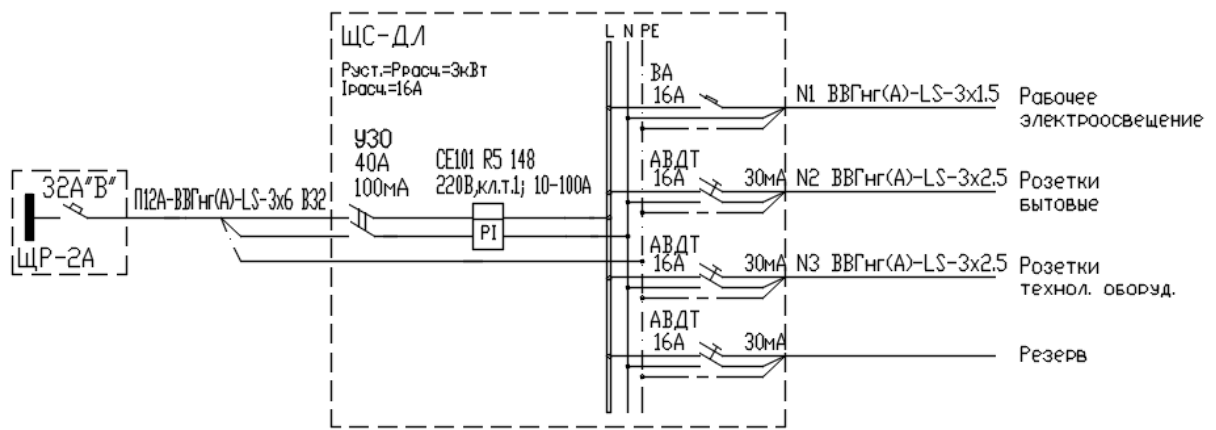


Рисунок 3 – Схема распределительной сети лифтов и освещения секций дома

Типичная схема распределительной сети системы электроснабжения квартир, принятая в работе, представлена на рисунке 4.

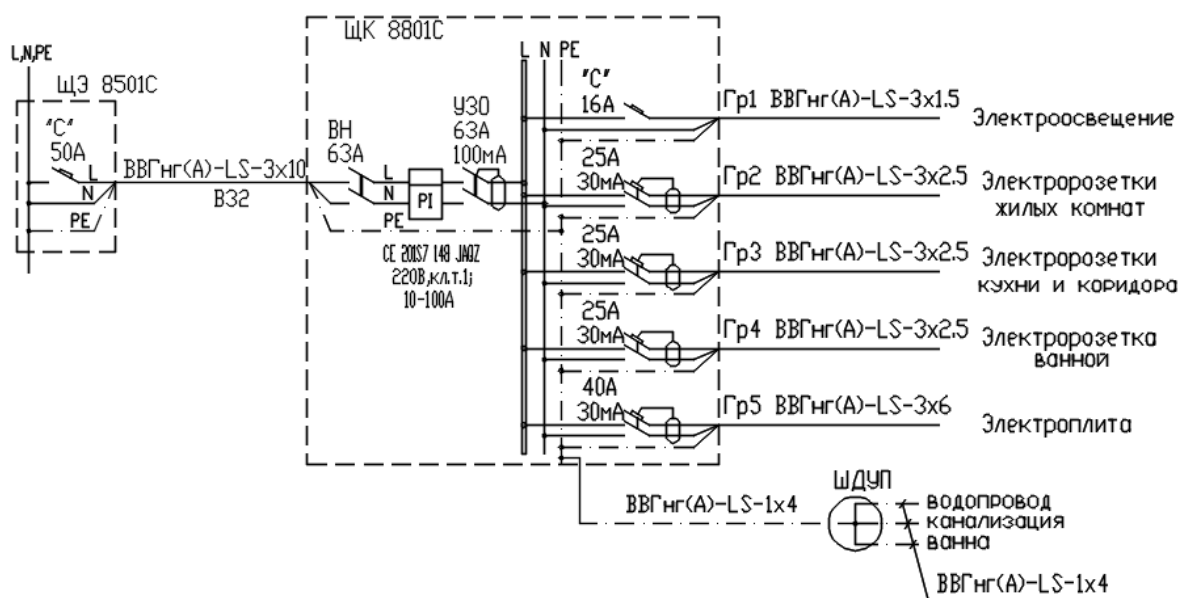


Рисунок 4 – Типичная схема распределительной сети системы электроснабжения квартир

Принятые и обоснованные выше схемы питающей и распределительной сети системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, показаны в работе на графическом листе 2.

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

Расчёт электрических нагрузок многоэтажного дома бизнес-класса

Расчетные значения активных, реактивных и полных нагрузок помещений многоэтажного дома бизнес-класса, а также отдельных секций с последующим расчётом суммарной нагрузки всего многоэтажного дома, определяются в соответствии с [8].

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

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

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

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

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 нагрузки ($K_o = 1$ [16]);

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

Расчёт проводится на примере помещений магазина продовольственных товаров одной из секций многоэтажного дома бизнес-класса по (1 – 3):

$$P_{p.n} = 50 \cdot 1 = 50 \text{ кВт}.$$

$$Q_{p.n} = 50 \cdot 0,48 = 24 \text{ квар}.$$

$$S_{p.n} = \sqrt{50^2 + 24^2} = 55 \text{ кВА}.$$

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, расчёт силовых нагрузок на вводе отдельных потребителей многоэтажного дома бизнес-класса, проводится по суммарной установленной проектной нагрузке (таблица 4).

Таблица 4 – Расчетные силовые нагрузки на вводе отдельных потребителей многоэтажного дома бизнес-класса

Наименование потребителя	$P_{ном.},$ кВт	$P_{р.п.},$ кВт	$Q_{р.п.},$ квар	$S_{р.п.},$ кВА
Нежилые потребители				
Магазин продовольственных товаров	50,0	50,0	24,0	55,0
Магазин непродовольственных товаров	40,0	40,0	19,2	44,4
Ресторан (с кафетерием)	120,0	120,0	57,6	133,1
Электрифицируемые коммуникации				
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
Квартиры (жилые потребители)				
Квартиры (3 комнаты)	9,0	9,0	-	9,0
Квартиры (4 комнаты)	11,1	11,1	-	11,1
Квартиры (5 комнат)	13,3	13,3	-	13,3
Квартиры (6 комнат)	15,8	15,8	-	15,8
Пентхаус	22,2	22,2	-	22,2

Далее проводится расчёт нагрузок СРШ объекта.

Значение расчётных силовых нагрузок на вводе СРШ потребителей офисных помещений многоэтажного дома бизнес-класса на стадии проектирования определяется таким образом [4]:

$$P_{p.CPШ} = K_o P_{p.n} n, \text{ кВт}, \quad (4)$$

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

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

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 (принимается в зависимости от количества однотипных потребителей [6]);

n – количество однотипных потребителей, шт;

$\text{tg } \varphi$ – 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 $\text{tg } \varphi = 0,48$.

Проводится расчёт нагрузки для СРШ магазина продовольственных товаров многоэтажного дома бизнес-класса по выражениям (4 – 6).

Таким образом:

$$P_{p.CPШ} = 0,85 \cdot 50 = 42,5 \text{ кВт},$$

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

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

Расчетные силовые нагрузки на вводе СРШ потребителей многоэтажного дома бизнес-класса, с учётом их суммарного количества на объекте, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчетные силовые нагрузки на вводе СРШ потребителей многоэтажного дома бизнес-класса с учётом их суммарного количества

Наименование потребителя	$P_{p.н.}$ кВт	n , шт	K_o	$P_{p.СРШ}$, кВт	$Q_{p.СРШ}$, квар	$S_{p.СРШ}$, кВА
Нежилые потребители						
Магазин продовольственных товаров	50,0	-	0,85	42,5	20,4	47,1
Магазин непродовольственных товаров	40,0	-	1	40,0	19,2	44,4
Ресторан (с кафетерием)	120,0	-	1	120,0	57,6	133,1
Всего (нежилые потребители)	-	-	-	202,5	97,2	224,6
Электрифицируемые коммуникации						
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
Квартиры (жилые потребители)						
Квартиры (3 комнаты)	8,0	60	0,75	183,0	-	183,0
Квартиры (4 комнаты)	10,0	30	0,8	187,2	-	187,2
Квартиры (5 комнат)	12,0	15	0,85	133,1	-	133,1
Квартиры (6 комнат)	15,0	10	0,87	113,1	-	113,1
Пентхаус	20,0	5	0,9	99,8	-	99,8
Всего (квартиры)	-	120	-	645,8	310,0	716,2
Всего по жилому дому	-	235	-	1124,8	539,9	1248,1

Кроме нагрузок потребителей многоэтажного дома бизнес-класса, а также всего многоэтажного дома бизнес-класса, 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 [5].

Нормативы нагрузки наружного уличного освещения многоэтажного дома бизнес-класса приведены в [19].

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

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

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

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

S – освещаемая площадь, м².

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

Проводится расчет нагрузки уличного освещения прилегающей территории многоэтажного дома бизнес-класса по приведённым выше условиям:

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

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

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

С учётом резервирования, для освещения прилегающей территории многоэтажного дома бизнес-класса, 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 многоэтажного дома бизнес-класса 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]:

где $\sum P_{p.CPШ}$, $\sum Q_{p.CPШ}$, $\sum S_{p.CPШ}$ – соответственно суммарные активные, реактивные и полные силовые нагрузки CPШ потребителей многоэтажного дома бизнес-класса;
 $P_{ocв}$, $Q_{ocв}$, $S_{ocв}$ – соответственно активные, реактивные и полные нагрузки уличного освещения многоэтажного дома бизнес-класса;
 K_o – коэффициент одновременности максимумов нагрузки на шинах ТП-10/0,4 кВ, принято значение $K_o = 0,95$ [2].

Суммарная нагрузка на шинах 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ многоэтажного дома бизнес-класса по (10) – (12):

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

М
В
В
D

Е
D
q
u
E
a
q
t
u
i
a
o
t
n
i
o
D
n
S

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

На основе полученных результатов нагрузок, далее в работе проводится выбор и проверка элементов проектируемой системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

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

2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов питающей подстанции

В качестве внешнего источника питания системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса в работе принимается понизительная трансформаторная подстанция с высшим классом напряжения 10 кВ и низшим классом напряжения 0,38/0,22 кВ, на которой устанавливаются силовые трансформаторы, понижающие электроэнергию для её передачи потребителям объекта [11].

Известно, что от правильного выбора числа и мощности трансформаторов трансформаторной подстанции (ТП-10/0,4 кВ), а также её размещения, зависит эффективность функционирования всей системы электроснабжения объекта в целом [5].

Выбор числа трансформаторов зависит от категории надёжности и выбранной схемы электроснабжения объекта проектирования и подключенных потребителей [12].

В частности, согласно [11], для питания потребителей I и II категории надёжности применяются двухтрансформаторные подстанции в сочетании с двухлучевыми схемами питания.

Каждый трансформатор при этом питается от отдельной линии, подключенной к независимому источнику питания.

Следовательно, два силовых трансформатора, установленные на подстанции, должны получать питание от различных независимых источников с учётом резервирования в схеме нормальных соединений.

В случае выхода из строя одного из трансформаторов на подстанции, второй силовой трансформатор, в соответствии с допустимой согласно [18] аварийной перегрузкой, обеспечивает питание всех потребителей, подключенных к питающей ТП-10/0,4 кВ.

Перевод нагрузки с отказавшего или выведенного в ремонт трансформатора на трансформатор, оставшийся в работе, должен осуществляться автоматически под действием автоматического включения резерва [1].

Таким образом, в схеме электроснабжения не будет «холодного резерва», который не рекомендуем [5].

Номинальную мощность трансформаторов подстанции многоэтажного дома бизнес-класса выбирают по эмпирической формуле согласно [14]:

Г Е
 д трансформатора, рекомендуемого для установки на подстанции, М
 е кВА;
 $S_{ном.т.р}$ – номинальная расчетная мощность силового трансформатора многоэтажного дома бизнес-класса, кВт; В
 N – число силовых трансформаторов, рекомендованных к установке на подстанции, шт; Е
 β_m – коэффициент загрузки силовых трансформаторов, установленных на подстанции, о.е. [5]. Д
 ч

Номинальная мощность трансформаторов ТП-10/0,4 кВ многоэтажного дома бизнес-класса 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 многоэтажного дома бизнес-класса 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].

Известно, что при проектировании систем электроснабжения гражданских объектов, также проводится необходимая проверка силовых трансформаторов на перегрузочную способность как в нормальном, так и в максимальном (послеаварийном) режиме работы [5].

Поэтому далее в работе осуществляется проверка выбранных трансформаторов объекта исследования по работе в нормальном и послеаварийном режимах сети.

Для этого, согласно [9], действительные значения коэффициентов загрузки силовых трансформаторов подстанции сравниваются с допустимыми значениями.

При этом действительные значения коэффициентов загрузки силовых трансформаторов в нормальном и послеаварийном режимах определяются по известным выражениям [9]:

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

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

где ΣS_p – расчетная полная нагрузка проектируемого многоэтажного дома бизнес-класса, кВА.

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

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

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

$$K_3^H = \frac{1189,9}{1000 \cdot 2} = 0,59,$$
$$K_3^{n.av.} = \frac{1189,9}{1000 \cdot (2-1)} = 1,19.$$

Условия проверки (16) выполняется:

$$0,59 < 0,9,$$

$$1,19 < 1,5.$$

Окончательно применяется для установки на ТП-10/0,4 кВ, питающей многоэтажный дом бизнес-класса, два герметичных силовых трансформатора марки ТМГ-1000/10.

Конструктивно питающая понизительная ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения объекта проектирования выполнена в виде блочной подстанции с применением комплектных распределительных устройств.

Такая конструкция современна и перспективна, обладает надёжностью и устойчивостью, а также приспособлена к возможной модернизации и прочим изменениям своей структуры и состава [18].

Более детально конструктивное выполнение питающей ТП-10/0,4 кВ показана в графической части работы.

Дополнительная проверка выбранных силовых трансформаторов на ТП-10/0,4 кВ проводится после выбора устройств компенсации реактивной мощности (в случае установки компенсирующих устройств на данной питающей подстанции).

Расчётная реактивная мощность компенсирующего устройства 0,4 кВ для установки на шинах 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ многоэтажного дома бизнес-класса с учётом выбранного типа силовых трансформаторов, определяется так:

β_T – коэффициент загрузки трансформаторов ТП-10/0,4 кВ
 e (установленное значение)» [5].
 N – число трансформаторов ТП-10/0,4 кВ, установленных (КУ) [19]:

где Q_p – расчётная реактивная нагрузка системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, квар.

Если в выражении (18) при расчёте получится отрицательное значение, следовательно, конденсаторные установки на питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса не устанавливаются.

Суммарная расчётная мощность КУ системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса согласно [13]:

$$Q_T = \sqrt{(N\beta_T S_{\text{НОМ.Т}})^2 - P_{\text{р.}}^2}$$

Поэтому с учётом выбора типоминалов КУ системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса [13]:

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

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

В послеаварийном режиме [13]:

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

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 проведенных расчетов получено отрицательное значение мощности КУ (компенсирующих устройств), это означает, что на питающей подстанции ТП-10/0,4 кВ объекта проектирования не требуется

у

Согласно полученных результатов расчёта, в работе можно сделать

т

а

н

следующие выводы:

- в результате проведенных расчетов получено отрицательное значение мощности КУ (компенсирующих устройств), что означает, что на питающей подстанции ТП-10/0,4 кВ многоэтажного дома бизнес-класса не требуется устанавливать конденсаторные установки напряжением 0,4 кВ;
- с учётом отсутствия необходимости компенсации реактивной мощности на объекте, окончательно принимается на питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса два силовых трансформатора марки ТМГ-1000/10.

Выбор и проверка проводников 0,38/0,22 кВ

В системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса 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.

Принимается прокладка питающей кабельной линии напряжением 10 кВ, питающая два силовых трансформатора многоэтажного дома бизнес-класса, классическим способом в земляной траншее.

В работе принимаются следующие кабельные марки кабельных линий напряжением 0,38/0,22 кВ с учётом способа их прокладки [9]:

- питающей сети – кабельная линия марки АВБШПнг с использованием двух силовых кабелей, питающая ВРУ многоэтажного дома бизнес-класса, от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ, а также СРШ от ВРУ. При этом для питания ВРУ объекта от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ предусматривается прокладка кабелей в траншее, остальные питающие линии прокладываются в строительных кабельных блоках;
- распределительной сети – кабельные линии марки ВВГнгFRLS и ВВГнгLS с использованием силовых кабелей для питания

потребителей I и II категорий электроснабжения по радиальной схеме от ВРУ до СРШ потребителей и, далее, от СРШ потребителей непосредственно к самим потребителям (предусмотрена прокладка всех кабелей в строительных кабельных блоках).

Кабели питающей сети 0,338/0,22 кВ выбираются пятижильными, а кабели распределительной сети – трёхжильными, что связано с рекомендованным [9] режимом заземления нейтрали – TN-C-S, а также с количеством фаз [5].

Кабель 10 кВ питающей сети ТП-10/0,4 кВ – трёхжильный. Он выбирается по экономической плотности тока [18].

«Расчётный рабочий ток линии» [7]:

$$I_{p.} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}} \quad (23)$$

«Максимальный расчётный ток линии» [11]:

$$I_{p.маx} = 1,4 I_{p.маx} \quad (24)$$

Проверка кабельной линии по условию нагрева максимальным рабочим током [11]:

$$I_{дон} \geq I_{p.маx} \quad (25)$$

где « $I_{дон}$ – длительно – допустимый ток силового кабеля стандартного сечения, А» [1];

« $I_{p.маx}$ – максимальный ток участка (линии) с учётом перегрузок и резервирования, А» [1].

«Кабели напряжением выше 1 кВ выбираются по экономической плотности тока» [2]:

$$F_3 = \frac{I_{p.}}{j_3}. \quad (26)$$

Расчётный ток питающей кабельной линии 10 кВ:

$$I_{p.} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ A}.$$

Расчётное сечение питающей кабельной линии 10 кВ объекта:

$$F_3 = \frac{57,8}{1,6} = 36,1 \text{ мм}^2.$$

Исходя из результатов расчёта, для питания ТП-10/0,4 кВ принимается сечение питающей кабельной линии 10 кВ, равное 35 мм².

«Предварительно принимается к установке силовой трёхжильный кабель марки АСБл-10 (3×35) с $I_{дон}=145 \text{ A}$ » [12].

Максимальный расчётный ток линии:

$$I_{p.\max} = 1,4 \cdot 57,8 \approx 80,92 \text{ A}.$$

«Условие проверки кабельной линии 10 кВ выполняется» [11]:

$$145 \text{ A} \geq 80,92 \text{ A}.$$

Известно, что выбор проводников сетей низкого напряжения заключается в определении тока, протекающего по кабелю в нормальном режиме [11].

Сечения кабелей должны выбираться по длительно допустимому току в нормальном режиме и проверяться по допустимым отклонениям напряжения [11]. При этом необходимо учитывать [11]:

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

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

$$K_{общ.} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (27)$$

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

Для кабелей должны выполняться условия выбора и проверки, приведённые далее. Проверка в нормальном режиме работы [5]:

Значение расчетного тока кабельной линии в нормальном режиме определяется так:

где S_{Σ} – расчётная суммарная нагрузка линии, *кВА*;

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

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

При этом:

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 многоэтажного дома бизнес-класса, от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ.

В данной линии предусмотрены два силовых кабеля, питающих две секции сборных шин ВРУ по радиальной схеме электроснабжения (для потребителей II категории надёжности, которые преобладают в схеме).

По выражению (29):

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

Принимается для прокладки в двух кабельных линиях по три кабеля с алюминиевыми жилами марки АВБШПнг 5×185, $F=185 \text{ мм}^2$, $I_{дон}=345 \text{ A}$, предусматривается прокладка кабелей в земляной траншее.

Проверка по (30) выполняется:

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

Окончательно принимается для питания ВРУ многоэтажного дома бизнес-класса, от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ, две кабельных линии по три кабеля в каждой, кабели с алюминиевыми жилами марки АВБШПнг 5×185, $F=185 \text{ мм}^2$, $I_{дон} = 345 \text{ A}$, прокладка кабелей – в земляной траншее.

Аналогичные расчеты проведены для остальных линий 0,38/0,22 кВ объекта и результаты представлены в таблице 6 (выбор кабелей питающей сети) и таблице 7 (выбор кабелей распределительной сети).

Таблица 6 – Выбор кабелей питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного дома бизнес-класса

Линия (потребитель)	Количество кабелей, n , шт	Расчетный ток участка, I_p^n , А	$I'_{дон}$, А	Марка кабеля
Питающая КЛ (от РУ-0,4 кВ ко ВРУ)	2	903,9	931,5	3АВБШПнг 5×185
Кабели от ВРУ к СРШ потребителей				

Нежилые потребители				
Магазин продовольственных товаров	1	71,6	77,4	ВВГнгLS 5×10
Магазин непродовольственных товаров	1	67,5	77,4	ВВГнгLS 5×10
Ресторан (с кафетерием)	1	202,2	227,7	ВВГнгLS 5×70
Электрифицируемые коммуникации				
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 лестничных 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
Квартиры (жилые потребители)				
Квартиры (3 комнаты)	1	278,0	312,3	ВВГнгLS 5×120
Квартиры (4 комнаты)	1	284,4	312,3	ВВГнгLS 5×120
Квартиры (5 комнат)	1	202,2	227,7	ВВГнгLS 5×70
Квартиры (6 комнат)	1	171,8	184,5	ВВГнгLS 5×50
Пентхаус	1	151,6	155,7	ВВГнгLS 5×35

Аналогично осуществляется выбор кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного дома бизнес-класса (линии от СРШ к отдельным потребителям) с приведением результатов расчёта, выбора и проверки в форме таблицы 7.

При этом, так как нежилые потребители объекта проектирования (магазин продовольственных товаров, магазин непродовольственных товаров и ресторан (с кафетерием)) имеют единые объекты, сечение распределительной сети для них не выбирается и регламентируется арендодателем [10].

Таблица 7 – Выбор кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного дома бизнес-класса

Линия (потребитель)	Количество кабелей, <i>n, шт</i>	Расчетный ток участка, I_p^H, A	$I'_{дон}, A$	Марка кабеля
Электрифицируемые коммуникации				
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
Квартиры (жилые потребители)				
Квартиры (3 комнаты)	1	19,2	36,5	ВВГнгLS 3×4
Квартиры (4 комнаты)	1	21,8	40,6	ВВГнгLS 3×6
Квартиры (5 комнат)	1	26,1	46,2	ВВГнгLS 3×10
Квартиры (6 комнат)	1	29,5	48,6	ВВГнгLS 3×10
Пентхаус	1	34,2	55,7	ВВГнгLS 3×16

Выбранные марки кабелей 0,38/0,22 кВ как питающей, так и распределительной сетей многоэтажного дома бизнес-класса – современные, соответствуют всем требованиям и показаны в работе на графическом листе 2.

Расчёт токов короткого замыкания

Далее необходимо провести оценку токов короткого замыкания в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса. Короткое замыкание относится к аварийным режимам работы электрической сети. Значительные значения токов короткого замыкания представляют серьезную опасность для компонентов электрической системы и оборудования, так как они приводят к повышенному нагреву проводников и создают значительные механические нагрузки.

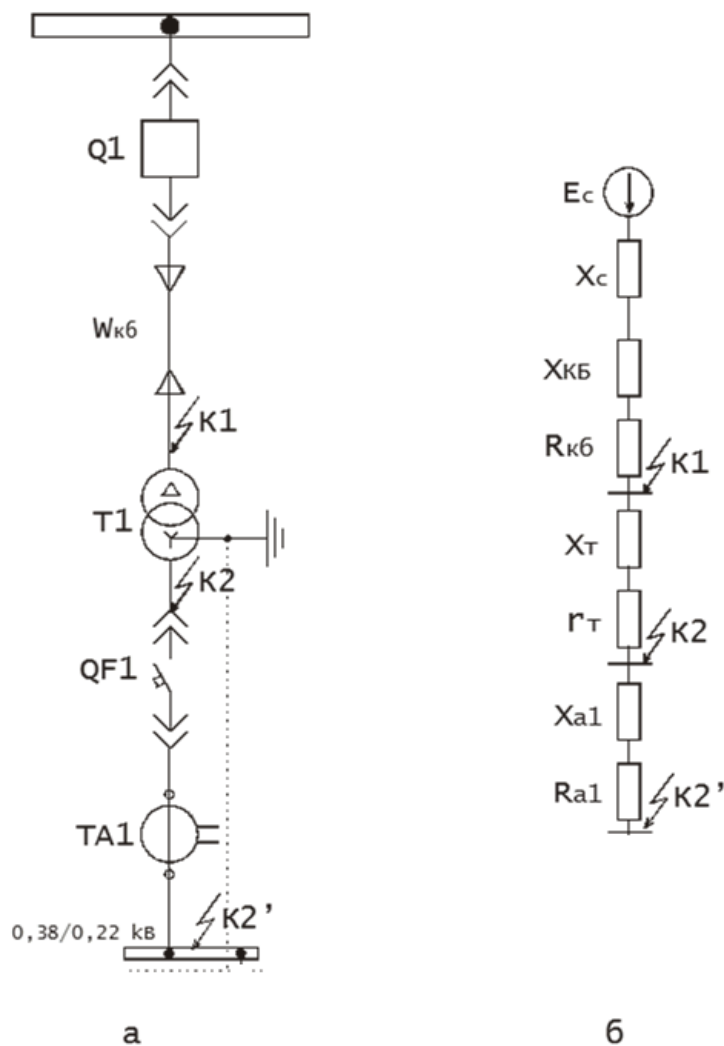


Рисунок 5 – Схемы: а – расчетная схема; б – схема замещения

Далее в работе определяются расчётные значения сопротивлений схемы замещения.

Расчёт проводится в относительных единицах при последующем переводе в именованные.

Обобщённое сопротивление энергосистемы с учётом базисных условий в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, в работе определяется по известной формуле так [6]:

$$x_{c*} = \frac{54,9}{9450} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ o.e.} \quad \text{E}$$

Сопротивление кабельной линии системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, согласно [15]:

Значит:

Сопротивление силового трансформатора питающей ТП системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, определяется по известному выражению [17]:

Для трансформаторов питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса:

Суммарное сопротивление к точке короткого замыкания К1 в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса [2]:

$$x_{кб1}^* = x_{0\ кб1} l_{кб1} \frac{S_{б1}}{U_{б1}^2}, \text{ о.е.и}$$

$$r_{кб1}^* = r_{0\ кб1} l_{кб1} \frac{S_{б1}}{U_{б1}^2}, \text{ о.е.и}$$

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

Сопровитлений автоматических выключателей можно принять [2]:

$$r_{a1} = 0,0014 \text{ Ом;}$$

$$x_{a1} = 0,00008 \text{ Ом.}$$

Ток трехфазного КЗ в расчётной точке короткого замыкания К1 в системе

э
л
е
к
т
р
о
п
и
к
б
р
о
н
и
я
б
ж
д
е
н
К
И
у
э
—
М

Ток трехфазного КЗ в расчётных точках К2, К2' в системе

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0098} = 11,8 \text{ кА.}$$

$$I_{K2'}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0099} = 11,78 \text{ кА.}$$

«Ударный ток» [14]:

Значение ударного тока в расчётных точках КЗ схемы [14]:

$$i_{y.k1} = \sqrt{2} \cdot 12,48,71 = 17,24 \text{ кА.}$$

Е
М
В
Е
Д
М
В
Е
Е
Д
и
Е
М
и
Е
а
D
q
E
E
M

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

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

Аналогичны определены значения ударных токов в других расчётных точках схемы.

Результаты расчета токов КЗ и ударных токов, полученные в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты расчета тока КЗ в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса

Расчётная точка КЗ	$I^{(3)}$, кА	k_y	i_y , кА
К1	8,71	1,40	14,24
К2	11,80	1,10	18,36
К2'	11,78	1,05	17,49

Полученные значения токов трехфазного КЗ и ударных токов, используются в работе далее при выборе и проверке электрических аппаратов в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

Выбор электрических аппаратов

В системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, необходимо установить для защиты и коммутации сети новые, современные аппараты в сети 10 кВ. Как было отмечено ранее, в работе выбирается новое, современное оборудование, которое характеризуется повышенной надёжностью, экономичностью, коммутационным ресурсом и прочими необходимыми качествами, которые должны быть присущи современным электрическим аппаратам.

Внедрение таких решений повысит показатели энергоэффективности и является одной из ключевых тенденций управления развитием системы

электроснабжения и позволят значительно повысить надёжность схемы электрических соединений подстанции и потребителей в целом.

Для защиты и коммутации питающей ТП-10/0,4 кВ, на питающем РП-10 кВ энергосистемы, устанавливаются высоковольтные выключатели.

Известно, что выбор выключателей высокого напряжения производится, исходя из следующих условий [18]:

- «по номинальному напряжению» [13]:

$$U_{уст} \leq U_n. \quad (50)$$

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

- «по максимальному рабочему току» [13]:

$$I_{раб.макс} \leq I_n. \quad (51)$$

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:

$$I_{п\tau} \leq I_{откн}. \quad (52)$$

где « $I_{п\tau}$ – значение периодической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения дугогасительных контактов» [12];

« $I_{откн.н}$ – номинальный ток отключения выбранного выключателя, кА» [13];

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

$$(\sqrt{2} \cdot I_{пт} + i_{ат}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк.н} (1 + \beta_n), \quad (53)$$

где « $i_{ат}$ – значение аperiodической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения контактов» [13];

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

« τ – наименьшее время от начала короткого замыкания до момента расхождения дугогасительных контактов, определяется так» [13]:

$$t = t_{з.мин} + t_{с.в}, \quad (54)$$

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]:

$$i_y \leq i_{нр.с}, \quad (55)$$

где « $i_{нр.с}$ – 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]:

$$B_k \leq I_T^2 t_T, \quad (56)$$

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, с» [16].

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

$$B_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a). \quad (57)$$

По приведённым выше условиям, с учётом рассчитанных параметров электрической сети 10 кВ, проводится выбор выключателей высокого напряжения для установки в РП-10 кВ.

Предварительно принимается для установки на объекте проектирования выключатель вакуумный нового образца и модификации, для установки в ячейках РУ, марки ВВ/TEL-10-20/1000 (производитель – фирма «Таврида Электрик»).

Это – новый современный выключатель, предназначенный для защиты и коммутации сетей напряжением 6(10) кВ.

Он легко монтируется в РУ-10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ вместо старого выключателя.

Результаты выбор выключателя высокого напряжения для установки на питающем РП-10 кВ выполняются:

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

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

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

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

Выбранные выключатели высокого напряжения удовлетворяют всем требуемым условиям. Совместно с данными выключателями в ячейках также устанавливаются ограничители перенапряжения марки ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1. Также вместе с высоковольтными выключателями, на питающем РП-10 кВ устанавливаются также трансформаторы тока, выбор и проверка которых проведена в форме таблицы 9.

Таблица 9 – Результаты выбора трансформаторов тока для установки в РП-10 кВ энергосистемы

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

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.

Выбирается выключатели нагрузки. Выключатель нагрузки – это аппарат для обеспечения коммутации, а также видимого разрыва с целью безопасного проведения работ в электроустановках.

В работе для установки в РУ-10 кВ ТП-10/0,4 кВ выбирается выключатели нагрузки марки ВНПу-10/ 400-10-УЗ (таблица 10).

Таблица 10 – 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	$U_{сети} \leq U_{ном.}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ.}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ.}$
	$I_{max} \leq I_{ном.}$	$I_{max} = 80,8 \text{ А.}$	$I_{ном} = 250 \text{ А.}$
	$I_{н.т} \leq I_{отк.ном.}$	$I_{н.т} = 8,71 \text{ кА.}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА.}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 14,24 \text{ кА.}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА.}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$	$I_T^2 \cdot t_T = 8,71^2 \cdot 3 =$ $= 227,6 \text{ кА}^2\text{с.}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2\text{с.}$

Также для применения совместно с выключателями нагрузки выбирается предохранители марки ПК103-10-100-31,5/УЗ. Все выбранные электрические аппараты 10 кВ показаны на графическом листе 2.

Далее проводится непосредственный выбор и проверка современных электрических аппаратов напряжением 0,38/0,22 кВ, которые устанавливаются в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, а также во всей СЭС многоэтажного дома бизнес-класса, для защиты и коммутации потребителей [8].

Для защиты и коммутации питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ в работе применяются автоматические воздушные выключатели (автоматы).

Они устанавливаются в РУ-0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ, а также во ВРУ для защиты и коммутации отходящих ЩР и ЩО.

В работе для защиты и коммутации сети 0,38/0,22 кВ в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, применяются современные инновационные автоматические выключатели Siemens, которые устанавливаются [8]:

- в шкафах РУ-0,4 кВ на питающей ТП-10/0,4 кВ – вводные автоматы и секционный автомат;
- в шкафах ВРУ системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса, устанавливаются линейные автоматы к каждому СРШ потребителей;
- в шкафах СРШ потребителей устанавливаются автоматы для защиты линейных присоединений.

Номинальные токи автомата и уставки теплового расцепителя автомата выбираются, исходя из условий [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_{р.} \quad (58)$$

$$I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_{р.} \quad (59)$$

Ток электромагнитного расцепителя [15]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p \geq I_k. \quad (60)$$

В случае, если автомат выполнен с регулируемым электромагнитным расцепителем, зависящим от тока уставки теплового расцепителя [15]:

$$I_{у.э.р} \geq K \cdot I_{у.т.р}, \quad (61)$$

где K – кратность тока уставки электромагнитного расцепителя [19].

Рассчитывается ток срабатывания теплового расцепителя по формуле:

$$I_{тр(расц.)} = 1,2 \cdot I_{раб.i}, A. \quad (62)$$

Проверка выбора автоматических выключателей, которая проводится после выбора всех составляющих:

$$I_{тр} \geq I_{тр(расц.)}, A. \quad (63)$$

$$I_{тр} \leq I_{нав}, A. \quad (64)$$

При этом выбор автоматов производится с учётом резервирования (во всех силовых щитках есть потребители I и II категорий надёжности, значит, питаться они будут двумя кабельными линиями).

Для питания осветительной нагрузки принимается одна линия – один автомат (при условии резервирования аварийным освещением согласно требованиям [9]).

Результаты выбора и проверки вводных автоматов для защиты и коммутации кабелей питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного дома бизнес-класса (от РУ-0,4 кВ до ВРУ, а также от ВРУ к СРШ потребителей), приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты выбора трёхфазных автоматов питающей сети

Линия	р,	Марка автомата	ном.а,	у.т.р,	у.э.р,	в.а, кА
Вводной автомат	903,9	Siemens SENTRON VL1600	1600	1600	4800	45
Нежилые потребители						
Магазин продовольственных товаров	71,6	S i	100	100	300	45
Магазин непродовольственных товаров	67,5	S i e	80	80	240	45
Ресторан (с кафетерием)	202,2	S	250	250	750	45
Электрифицируемые коммуникации						
Лифты грузовые	57,0	S	80	80	240	45
Лифты пассажирские	34,2	S	50	50	150	45
Автономная система отопления	166,8	S i	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 водообеспечения	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
Квартиры (жилые потребители)						
Квартиры (3 комнаты)	278,0	Siemens SENTRON VL400	400	350	1050	45
Квартиры (4 комнаты)	284,4	Siemens SENTRON VL400	400	350	1050	45
Квартиры (5 комнат)	202,2	Siemens SENTRON VL250	250	250	750	45
Квартиры (6 комнат)	171,8	Siemens SENTRON VL200	200	200	600	45
Пентхаус	151,6	Siemens SENTRON VL200	200	200	600	45

Выбор автоматов для защиты кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ многоэтажного дома бизнес-класса (от СРШ к отдельным потребителям) проведен аналогично и результаты приведены в таблице 12.

В работе для этой цели также выбраны автоматы фирмы Siemens (двухполюсные и трёхполюсные).

При этом, также как и при выборе кабельных линий, для нежилых потребителей выбор автоматов не проводится по аналогичным причинам, приведённым ранее.

Таблица 12 – Выбор автоматических выключателей для защиты кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ

Линия	р,	Марка автомата	ном.а,	у.т.р,	у.э.р,	в.а, кА
Электрифицируемые коммуникации						
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 кондиционирования 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
Квартиры (жилые потребители)						
Квартиры (3 комнаты)	19,2	Siemens 1P C 32A 5SL6106-7	32	32	96	6
Квартиры (4 комнаты)	21,8	Siemens 1P C 32A 5SL6106-7	32	32	96	6
Квартиры (5 комнат)	26,1	Siemens 1P C 40A 5SL6106-7	40	40	120	6
Квартиры (6 комнат)	29,5	Siemens 1P C 40A 5SL6106-7	40	40	120	6
Пентхаус	34,2	Siemens 1P C 50A 5SL6106-7	50	50	150	6

Все выбранные в работе 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 системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса:

- выбрана и обоснована схема электроснабжения системы электроснабжения объекта проектирования, в которой основным источником питания является двухтрансформаторная понизительная подстанция переменного тока ТП-10/0,4 кВ, а также ВРУ объекта, питающее распределительные щиты. К применению в питающей и распределительной сети напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ объекта проектирования рекомендована радиальная схема, удовлетворяющая требованиям для питания потребителей I и II категории надёжности;
- произведён расчёт электрических нагрузок питающей и распределительной сетей системы электроснабжения объекта проектирования;
- осуществлён выбор количества и мощности силовых трансформаторов на питающей трансформаторной подстанции в системе электроснабжения объекта проектирования, в результате чего на питающей ТП-10/0,4 кВ принята установка двух силовых трансформаторов марки ТМГ-1000/10, имеющих преимущества перед трансформаторами марки ТМ и ТМЗ;
- проведён выбор компенсирующих устройств в системе электроснабжения объекта проектирования. Расчётным путём в работе установлено, что необходимости установки компенсирующих устройств на питающей подстанции 10/0,4 кВ системы электроснабжения объекта проектирования, нет;
- проведён выбор и проверка сечения проводников в системе электроснабжения объекта проектирования. В частности, для питания ТП-10/0,4 кВ от шин РП-10 кВ энергосистемы, выбрана и проверена

- питающая кабельная линия электропередачи, конструктивно состоящая из двух силовых кабелей марки АСБл-10 (3×35) напряжением 10 кВ длиной 50 м;
- в качестве кабелей 0,38/0,22 кВ питающей сети системы электроснабжения объекта проектирования, приняты к использованию следующие силовые кабели: для питания ВРУ от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ выбраны две кабельные линии по три кабеля в каждой, с кабелями марки АВБШПнг 5×185 (прокладка кабеля – в земляной траншее); для питания СРШ потребителей от ВРУ в работе в строительных кабельных блоках применяются современные медные пятижильные кабели марки ВВГнг-LS (ВВГнгFRLS), не поддерживающие горения и поэтому рекомендованные к использованию в электроустановках по условиям пожарной безопасности и надёжности;
 - в качестве кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ, питающей отдельные потребители системы электроснабжения объекта от своих СРШ, выбраны и проверены современные медные трёхжильные кабели марки ВВГнг-LS (ВВГнгFRLS), прокладываемые в строительных кабельных блоках;
 - рассчитаны значения трёхфазных токов короткого замыкания и ударных токов КЗ в системе электроснабжения объекта проектирования;
 - проведён выбор и проверка электрических аппаратов. В частности, для защиты и коммутации питающей сети 10 кВ выбраны и проверены электрические аппараты для установки в ячейках РУ-10 кВ на питающем РП-10 кВ, обеспечивающем питание понизительной трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения объекта проектирования, а также непосредственно на самой понизительной подстанции в РУ-10 кВ: выключатель высокого напряжения ВВ/TEL-10-20/1000, плавкий предохранитель

ПК103-10-100-31,5/УЗ, трансформатор тока ТПОЛМ-10, ограничители перенапряжений ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1, выключатель нагрузки ВНПу-10/250-10-УЗ;

- для защиты и коммутации питающей и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ выбраны и проверены вводные, секционные и линейные автоматические выключатели фирмы Siemens современного типа. В работе в качестве вводных и линейных выключателей приняты автоматы Siemens SENTRON VL (трёхфазные), в качестве линейных выключателей используются автоматы марки Siemens 5SL6106-7 (однофазные).

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

Все принятые в работе решения также в полной мере соответствуют нормативным документам.

Выбор системы контроля и управления электроэнергией многоэтажного дома бизнес-класса

Выбор системы контроля и управления электроэнергией многоэтажного дома бизнес-класса должен быть реализован на характеристиках и преимуществах современного оборудования, таких как функциональность, надежность, эффективность и безопасность.

Одной из наиболее распространенных систем управления электроэнергией является система умного дома, которая позволяет управлять освещением, температурой, системой кондиционирования воздуха, электроприборами и другими аспектами жизни в доме.

Для многоэтажных домов бизнес-класса, где требуется более точная система управления и контроля электроэнергией, может быть экономично использование систем зданий с нулевым энергопотреблением.

Такие системы предусматривают управление и потребление энергопотребления с использованием различных технологий, таких как система освещения управления, кондиционирования воздуха, системы вентиляции и прочие.

Кроме того, важно учитывать не только функциональные возможности системы, но и ее соответствие инфраструктуре здания, а также ее возможность добиться хороших результатов в управлении зданиями, как системы безопасности, пожарной сигнализации и прочие.

В любом случае, перед выбором системы управления и контроля электроэнергии многоэтажного дома бизнес-класса, необходимо учитывать требования безопасности, оценивать возможности и делать выбор на основе конкретных потребностей и задач.

В работе для решения поставленных задач предлагается применить современную типичную систему автоматизированной системы контроля и управления электроэнергией (далее – АСКУЭ) девятиэтажного дома.

В основе данной АСКУЭ лежит применение современных трёхфазных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М.

Счетчики ЦЭ6823М – это счетчики электроэнергии, имеющие ряд преимуществ:

- измерения высокой точности: счетчики ЦЭ6823М имеют высокую точность измерений, что позволяет точно определить потребление электроэнергии и контролировать потребляемую энергию;
- широкий диапазон измерений: счетчики ЦЭ6823М измеряют как активную, так и реактивную энергию, так и имеют возможность измерять напряжение и ток в сети измерения тока;
- информативность: счетчики ЦЭ6823М включают жидкокристаллический дисплей, на котором отображается информация о потреблении электроэнергии, напряжении и токе;
- долговечность: счетчики ЦЭ6823М имеют высокую надежность и опасность, что позволяет использовать их в течение многих лет без замены;
- совместимость: счетчик частоты вращения ЦЭ6823М с повышенным потреблением энергии и контролем за энергопотреблением;
- простота использования: счетчики ЦЭ6823М просты в установке и сборке, что позволяет быстро переключаться на использование счетчиков после их установки.

В целом, счетчики ЦЭ6823М являются современными устройствами для учета и контроля потребления в различных условиях, включая жилые и коммерческие здания.

Таким образом, их применение на объекте проектирования является обоснованным.

Конструктивное выполнение и основной функционал современных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Конструктивное выполнение и основной функционал современных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М

Функциональная схема АСКУЭ многоэтажного дома бизнес-класса представлена на рисунке 7.

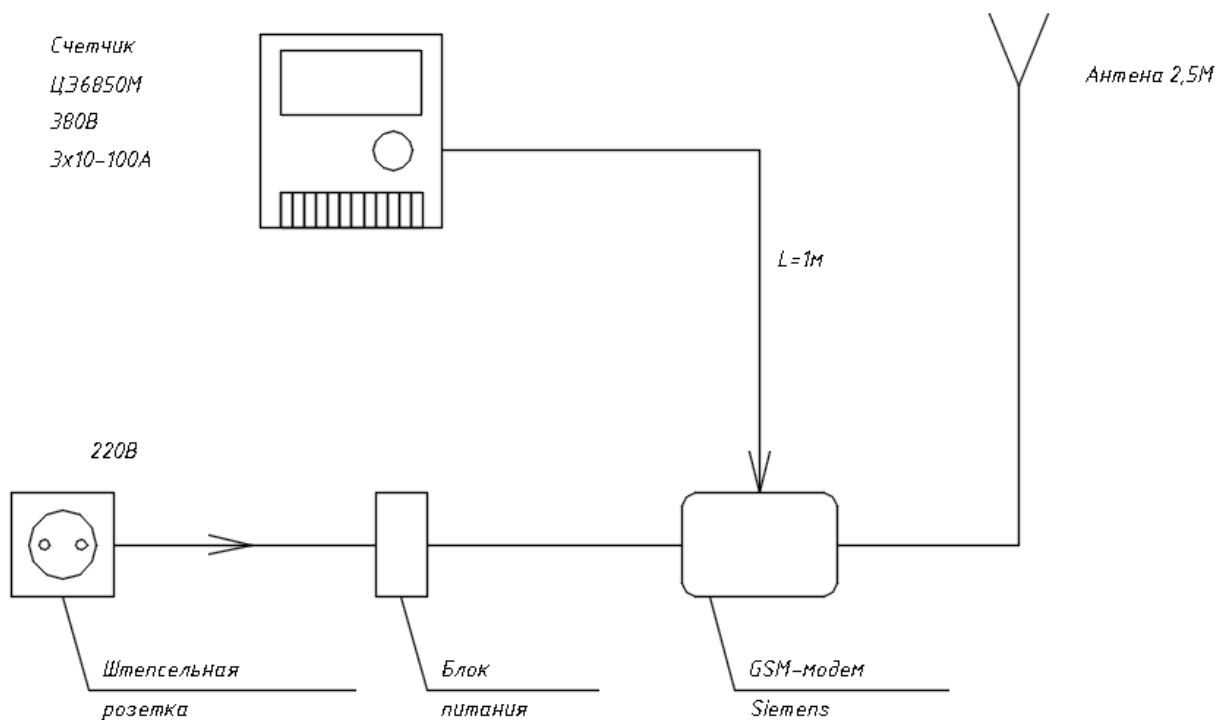


Рисунок 7 – Функциональная схема АСКУЭ многоэтажного дома бизнес-класса

Структурная схема АСКУЭ многоэтажного дома бизнес-класса представлена на рисунке 8.

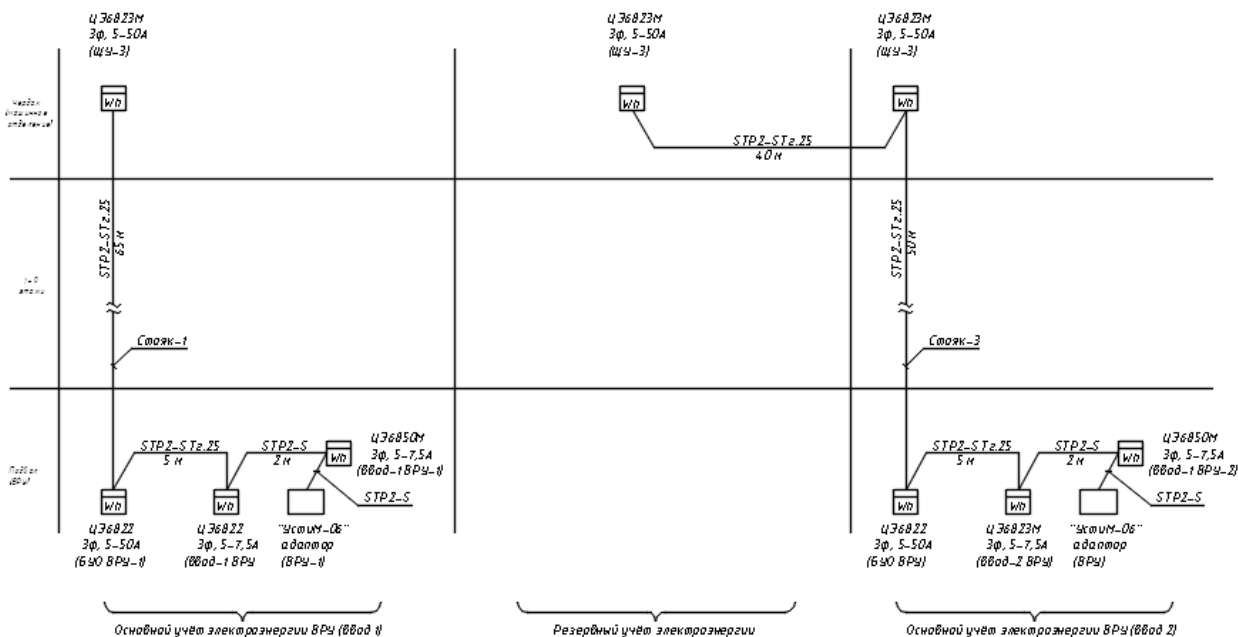


Рисунок 8 – Структурная схема АСКУЭ многоэтажного дома бизнес-класса

Таким образом, данная схема АСКУЭ окончательно принимается в качестве системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены основные требования нормативных документов, которые предъявляются к системам учёта и контроля электроэнергии жилых объектов.

Обосновано применение АСКУЭ с использованием современных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, в качестве системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

Заключение

В результате выполнения работы, проведена разработка проекта системы внешнего и внутреннего электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

Приведена исходная характеристика системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса. Установлено, что рассматриваемый в работе объект проектирования состоит из девяти этажей и пяти одинаковых панельных секций. В связи с этим, в работе для систематизированы и разделены все потребители многоэтажного дома бизнес-класса на следующие основные группы: нежилые потребители, квартиры (жилые потребители) и коммуникации (электрифицируемые). Приведены основные характеристики каждой группы потребителей объекта проектирования.

В работе, в результате проведения расчётов и проверок, приняты и обоснованы необходимые схемные решения, необходимые для качественной разработки проекта системы электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса:

- выбрана и обоснована схема электроснабжения системы электроснабжения объекта проектирования, в которой основным источником питания является двухтрансформаторная понизительная подстанция переменного тока ТП-10/0,4 кВ, а также ВРУ объекта, питающее распределительные щиты. К применению в питающей и распределительной сети напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ объекта проектирования рекомендована радиальная схема, удовлетворяющая требованиям для питания потребителей I и II категории надёжности;
- произведён расчёт электрических нагрузок питающей и распределительной сетей системы электроснабжения объекта проектирования;
- осуществлён выбор количества и мощности силовых трансформаторов на питающей трансформаторной подстанции в

- системе электроснабжения объекта проектирования, в результате чего на питающей ТП-10/0,4 кВ принята установка двух силовых трансформаторов марки ТМГ-1000/10, имеющих преимущества перед трансформаторами марки ТМ и ТМЗ;
- проведён выбор компенсирующих устройств в системе электроснабжения объекта проектирования. Расчётным путём в работе установлено, что необходимости установки компенсирующих устройств на питающей подстанции 10/0,4 кВ системы электроснабжения объекта проектирования, нет;
 - проведён выбор и проверка сечения проводников в системе электроснабжения объекта проектирования. В частности, для питания ТП-10/0,4 кВ от шин РП-10 кВ энергосистемы, выбрана и проверена питающая кабельная линия электропередачи, конструктивно состоящая из двух силовых кабелей марки АСБл-10 (3×35) напряжением 10 кВ длиной 50 м;
 - в качестве кабелей 0,38/0,22 кВ питающей сети системы электроснабжения объекта проектирования, приняты к использованию следующие силовые кабели: для питания ВРУ от РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ выбраны две кабельные линии по три кабеля в каждой, с кабелями марки АВБШПнг 5×185 (прокладка кабеля – в земляной траншее); для питания СРШ потребителей от ВРУ в работе в строительных кабельных блоках применяются современные медные пятижильные кабели марки ВВГнг-LS (ВВГнгFRLS), не поддерживающие горения и поэтому рекомендованные к использованию в электроустановках по условиям пожарной безопасности и надёжности;
 - в качестве кабелей распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ, питающей отдельные потребители системы электроснабжения объекта от своих СРШ, выбраны и проверены современные медные

трёхжильные кабели марки ВВГнг-LS (ВВГнгFRLS), прокладываемые в строительных кабельных блоках;

- рассчитаны значения трёхфазных токов короткого замыкания и ударных токов КЗ в системе электроснабжения объекта проектирования;
- проведён выбор и проверка электрических аппаратов. В частности, для защиты и коммутации питающей сети 10 кВ выбраны и проверены электрические аппараты для установки в ячейках РУ-10 кВ на питающем РП-10 кВ, обеспечивающем питание понизительной трансформаторной подстанции ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения объекта проектирования, а также непосредственно на самой понизительной подстанции в РУ-10 кВ: выключатель высокого напряжения ВВ/TEL-10-20/1000, плавкий предохранитель ПК103-10-100-31,5/У3, трансформатор тока ТПОЛМ-10, ограничители перенапряжений ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1, выключатель нагрузки ВНПу-10/250-10-У3;
- для защиты и коммутации питающей и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ выбраны и проверены вводные, секционные и линейные автоматические выключатели фирмы Siemens современного типа. В работе в качестве вводных и линейных выключателей приняты автоматы Siemens SENTRON VL (трёхфазные), в качестве линейных выключателей используются автоматы марки Siemens 5SL6106-7 (однофазные).

Обосновано применение АСКУЭ с использованием современных программируемых электронных счётчиков марки ЦЭ6823М, в качестве системы учёта и контроля электроэнергии в системе электроснабжения многоэтажного дома бизнес-класса.

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

Список используемых источников

1. АСКУЭ со счётчиком ЦЭ6823М [Электронный ресурс]: URL: <http://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce6823m> (дата обращения: 20.04.2023).
2. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 343 с.
3. Китунович Ф.Г. Энергетика России. 1920-2020 гг. В 4 томах. М.: Энергия, 2020. 1072 с.
4. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 180 с.
5. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2020. 320 с.
6. 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.
7. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 316 с.
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 (дата обращения: 21.04.2023).

14. СП 440.1325800.2018 Проектирование естественного и искусственного освещения. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/554819713> (дата обращения: 21.04.2023).

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: 21.04.2023).

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/ (дата обращения: 21.04.2023).

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.