

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 Электроснабжения многоквартирного жилого дома ЖК «Статус»

Обучающийся

М.В. Макухин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М. Н. Третьякова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Проектирование системы электроснабжения жилого комплекса стало предметом данной выпускной квалифицированной работы. Цель работы - рассмотреть реальные подходы к созданию инфраструктуры электроснабжения жилого комплекса и выявить имеющиеся недостатки в этой области. Были проведены расчеты электрических нагрузок, выбор электрооборудования и расчет капитальных вложений в проект. Подготовлены планы электроснабжения жилого дома, а также рекомендации по общей электробезопасности.

В результате данной работы разрабатываются планы организации электроснабжения жилых домов, что включает в себя прокладку кабельных магистралей, размещение трансформаторных подстанций и обеспечение электробезопасности для будущих жильцов. Полученные результаты исследования позволяют обеспечить надежное и устойчивое электроснабжение для жилого комплекса, а также способствовать обеспечению общей электробезопасности на объекте.

Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании и строительстве жилых комплексов с целью обеспечения комфортных условий проживания и безопасности для будущих жильцов.

Содержание

Введение.....	6
1 Характеристика объекта проектирования	8
2 Освещение и электропитание	11
2.1 Светотехнический расчет	11
2.2 Выбор системы освещения	12
2.3 Выбор типа светильника	13
2.4 Предварительное размещение светильников	13
2.5 Расчет освещенности методом коэффициента использования	16
2.6 Определение питающих и групповых линий	19
2.7 Расчет нагрузки групповых линии освещения общедомовых помещений	23
2.8 Расчет нагрузки групповых линии освещения квартир	24
3 Электрическое оборудование и энергетика.....	28
3.1 Расчет нагрузки розеточных групповых линии квартир	28
3.2 Расчет силовой нагрузки проектируемого объекта	29
3.3 Расчет нагрузки жилого здания	30
3.4 Выбор сечения кабеля и расчет потерь напряжения	32
3.5 Выбор оборудования вводно–распределительного устройства.....	34
3.6 Выбор оборудования щита освещения общедомовых помещений	38
3.7 Выбор оборудования этажных и квартирных распределительных электрощитов.....	39
3.8 Расчет токов короткого замыкания	42
4 Экономическое обоснование проекта	50
5 Электробезопасность	53
5.1 Система заземления	53
5.2 Общие меры безопасности	54
Заключение	57
Список используемых источников.....	59

Введение

В современном мире системы электроснабжения играют ключевую роль в обеспечении комфорта и безопасности жизни граждан, а также в поддержании функционирования всех сфер общества. Жилые комплексы, будучи одним из важнейших элементов инфраструктуры городов, нуждаются в надежных и эффективных системах электропитания. Эффективное проектирование системы электроснабжения жилого комплекса является неотъемлемой частью современной градостроительной практики и инженерного дизайна.

«Важнейшей элемент любой системы электроснабжения – это распределительные сети, которые являются промежуточным звеном между источником питания и потребителем электроэнергии. Главная задача распределительных сетей – передача электроэнергии. Поэтому для обеспечения необходимой надежности электроснабжения необходимо использовать современную и качественную кабельную продукцию» [1].

Сегодня энергетический сектор страны стремительно развивается, благодаря утвержденной в настоящее время стратегии Министерства энергетики.

Многоэтажные здания являются наиболее востребованными в современных городах, так как они дают возможность оптимального использования полезной территории, а также снижения протяженности электрических сетей.

«На данный момент, многоэтажные жилые здания обладают внушающим количеством различных электроприемников. Это объясняется развитием технологии и увеличением номенклатуры существующих электрического оборудования. Данный факт рождает необходимость внедрения новых методов расчета и проектирования систем электроснабжения жилых зданий» [3].

В данной выпускной квалифицированной работе рассматривается вопрос создания проекта системы электроснабжения жилого комплекса, в виде многоэтажного жилого здания. Основной целью создания этого проекта является изучение и исследовательские методы расчета таких проектов. Осуществимость проекта определяется пробелом, который появился при проектировании систем электроснабжения жилых и общественных зданий.

Объект выпускной квалификационной работы – энергосбережение, электроснабжение жилого комплекса.

Предмет выпускной квалификационной работы – система электроснабжения жилого комплекса ЖК «Статус».

Цель выпускной квалификационной работы – выполнить проект электроснабжения многоквартирного жилого дома.

Задачи в выпускной квалифицированной работе:

- исследовать и анализировать требования и стандарты к системам электроснабжения жилых комплексов;
- спроектировать систему электроснабжения жилого комплекса, включая светотехнический расчет, выбор оборудования, и расчеты нагрузки;
- провести экономическое обоснование проекта, оценить затраты и экономическую эффективность;
- разработать меры по обеспечению электробезопасности, включая систему заземления и общие меры безопасности.

1 Характеристика объекта проектирования

«Проект системы электроснабжения жилого комплекса создан с использованием архитектурно–строительных проектов, утвержденных на стадии разработки технического задания. Предлагаемое строение относится ко II категории электроснабжения и II классу жилья. Согласно ПУЭ, все потребители электроэнергии относятся к III категории потребителей электроснабжения» [3].

Жилые здания комплекса представляют собой десятиэтажные строения с техническим этажом. Технический этаж зданий находится ниже планируемого уровня земли. Планируемый квартал жилого комплекса будет представлять собой десятиэтажное жилое строение. Приемлемая высота этажа – 3 м. Технический этаж жилых зданий составляют насосные, электрощитовые и подвальные помещения. Технические помещения, расположенные под помещениями и не допускающие постоянного присутствия человека, являются источником навязчивого шума и вибрации.

Жилые квартиры в здании, в соответствии с его архитектурным решением и конструкцией, расположены, начиная со второго этажа. Начиная со второго этажа, жилые этажи являются типовыми.

В проектируемом корпусе предусмотрено 40 квартир: Однокомнатных, двухкомнатных, трехкомнатных и четырехкомнатных квартир соответственно десять. Площадь наиболее комфортабельных квартир варьируется от 66 до 141 м².

В таблице 1 представлена информация о предполагаемых квартирах для обычного этажа.

Технический этаж жилого дома – это нежилой этаж, предназначенный для размещения технологического оборудования.

Таблица 1 – Данные о проектируемых квартирах типового этажа

Наименование помещения	Площадь S, м ²	Периметр, м
1 комнатная квартира	–	–
Спальня	21,6	18,7
Кухня	20	18,3
Прихожая	11,9	17,8
С/У №1	3,3	7,2
С/У №2	5,6	9,5
Гардеробная	4,3	8,3
Итого	66,7	79,9
2 комнатная квартира	–	–
Спальня	20	18,3
Гостиная	29,3	22,3
Кухня	21,6	18,7
С/У №1	3,3	7,2
С/У №2	5,6	9,5
Гардеробная	4,3	8,3
Итого	96	102,1
3 комнатная квартира	-	-
Спальня	20	17,9
Спальня	20	17,9
Гостиная	40,2	26,3
Кухня	17,5	16,7
Прихожая	31,1	35,1
С/У №1	8,4	12,3
С/У №2	4,7	8,8
Итого	141,9	135
4 комнатная квартира	–	–
Спальня	20	17,9
Спальня	19,2	17,6
Спальня	23,1	19,2
Гостиная	20,9	18,3
кухня	13,5	14,7
Прихожая	30,1	34,1
С/У №1	6,5	10,8
С/У №2	2,6	6,6
Итого	135,9	139,2
Помещения общего пользования	–	–
Коридор	35,5	39,5
Лестничная площадка	12,4	19,2
Балкон	6,5	11,2
Итого по этажу	494,9	526,1

Помещение, в котором расположен комплекс электрооборудования, называется «электрощитовой».

Насосная: камера, в которой размещен комплекс насосов, используемых для перемещения проектируемого объекта.

Выводы по разделу.

Произведен анализ особенностей объекта проектирования, а именно жилого комплекса и его системы электроснабжения. При этом выявлены основные категории и классы электроснабжения, описана структура жилых зданий, включая типы квартир и их площади, а также выделены технические этажи и их предназначение. Эти сведения предоставляют необходимый контекст и базовое представление об объекте, что является ключевым шагом для дальнейшего проектирования и анализа системы электроснабжения жилого комплекса.

2 Освещение и электропитание

2.1 Светотехнический расчет

Учитывая, что осветительное оборудование является одним из наиболее часто используемых электроприборов во всех сферах человеческой деятельности, искусственное освещение стало необходимым элементом повседневной жизни. Эффективность искусственного освещения зависит от ряда факторов:

- производительность различных видов труда;
- безопасность жизнедеятельности человека;
- состояние и сохранность зрения человека.

Основная задача инженера–проектировщика при создании электрического освещения – обеспечить необходимую степень освещенности в соответствии с последними техническими и нормативными стандартами.

«Проектирование электроосвещения выполняется в два этапа:

- этап светотехнического расчета;
- этап электроснабжения осветительных оборудования.

Светотехнический расчет подразделяется следующим образом:

- выбор системы освещения;
- выбор типа светильников;
- предварительно размещение светильников;
- расчет освещенности» [8].

Проектирование электроснабжения других электроприемников здания выполняется одновременно с проектированием электроснабжения осветительного оборудования.

Проектирование освещения выполняется, в частности, для общественных помещений:

- лестничные площадки;
- лестницы;

- коридоры;
- технические этажи;
- подвалы, в которых имеются инженерные коммуникации;
- иные общественные места [5].

Для создания освещения данного пункта используются значения наименьшей освещенности и плоскости нормирования, приведенные в [20].

2.2 Выбор системы освещения

Для создания проектов электроосвещения используются две основные системы освещения – общее и комбинированное [30].

Проведено исследование проектируемых помещений с целью оказания помощи при проектировании освещения мест общего пользования в будущем. В таблице 2 приведены сведения собранных данных.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета освещенности общих помещений

Наименование помещения	Условия внешней среды	Коэффициенты отражения			Разряд зрительных работ
		$p_{\text{п}}$	$p_{\text{с}}$	$p_{\text{р}}$	
Электрощитовая	пыльные	0,5	0,5	0,1	IV
Насосная	влажные	0,5	0,5	0,1	IV
Хоз. кладовая	пыльные	0,5	0,5	0,1	VI
Подвальное помещение №1	пыльные	0,5	0,5	0,1	VI
Подвальное помещение №2	пыльные	0,5	0,5	0,1	VI
Подвальное помещение №3	пыльные	0,5	0,5	0,1	VI
Подвальное помещение №4	пыльные	0,5	0,5	0,1	VI
Поэтажные коридоры	нормальные	0,7	0,5	0,3	VI
Тамбур	нормальные	0,7	0,5	0,3	VI
Этажная лестничная площадка	нормальные	0,7	0,5	0,3	VI
Лифтовый холл	нормальные	0,7	0,5	0,3	VI

В результате анализа были произведены данные об условиях окружающей среды в конструируемых помещениях и о характере зрительной работы в этих помещениях. Были оценены значения коэффициентов отражения. Согласно [1], для помещений с IV категорией зрительной работы мы применяем комбинированную систему, а для помещений с VI категорией – систему общего освещения. В местах выполнения работ с высокой зрительной нагрузкой устанавливаются штепсельные розетки для работы комбинированной системы.

Аварийное и эвакуационное освещение для этих помещений не предназначено, утверждает [1].

2.3 Выбор типа светильника

Согласно [1], для питания системы освещения мест общего пользования мы используем светильники с люминесцентными лампами. Для освещения мест общего пользования, согласно таблице 2, используются следующие светильники в зависимости от степени их защиты:

- ARCTIC 218 (SAN/SMC) HF ES1;
- AOT.OPL 118 HF [26].

Проектом предусмотрена установка потолочных светильников «ARCTIC 218 (SAN/SMC) HF ES1» в помещениях технического этажа.

Для освещения мест общего пользования на средних этажах решено использовать потолочные светильники марки «AOT.OPL 118 HF» со встроенными датчиками движения. Паспортные данные выбранных светильников приводятся в [14].

2.4 Предварительное размещение светильников

Было решено распределить светильники равномерно по всей освещаемой поверхности с учетом предполагаемого использования

помещений общего пользования. Для определения расположения светильников мы использовали геометрическую информацию об общих помещениях, сведенную в таблицу 3.

Таблица 3 – Геометрические данные общедомовых помещений

Наименование помещения	Площадь F , м^2	Длина A , м	Ширина B , м	Высота H , м
Электрощитовая	12,2	4,36	2,8	3
Насосная	9,4	4,36	2,1	3
Хоз, кладовая	23,1	5	4,62	3
Подвальное помещение №1	89,3	12,760	7	3
Подвальное помещение №2	89,3	12,76	7	3
Подвальное помещение №3	119,9	17,14	7	3
Подвальное помещение №4	119,9	17,14	7	3
Позэтажные коридоры	25,5	12,76	2	3
Тамбур	9,2	4,62	2	3
Этажная лестничная площадка	2,2	2,52	0,952	3
Лифтовый холл	6,2	2,9	2,1	3

Расчет расположения светильников в электротехническом помещении производится следующим образом.

По следующей формуле определяется высота от рабочей поверхности до установленного светильника:

$$H_p = H - h_c - h_p, \text{ м}, \quad (1)$$

где h_c – это расстояние между источником света и потолком, принимаем его равным $h_c = 0,11$ м;

h_p – высота рабочей поверхности над полом, принятая $h_p = 0$ м;

$$H_p = 3 - 0,11 - 0 = 2,89 \text{ м}.$$

Значение L/H_p принимаем равным 0,9 для принятых светильников в рассматриваемом помещении и вида КСС этих светильников [21].

Используя расчеты, определяем места расположения светильников:

$$L = H_p \cdot 0,9 \text{ м}, \quad (2)$$

$$l = L \cdot 0,5 \text{ м}, \quad (3)$$

где l – расстояние от крайнего ряда светильников до стен;

L – расстояние между соседними рядами светильников.

$$L = 2,89 \cdot 0,9 = 2,704 \text{ м},$$

$$l = 2,704 \cdot 0,5 = 1,352 \text{ м}.$$

Число рядов определим по следующей формуле:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1, \quad (4)$$

$$R = \frac{2,8 - 2 \cdot 1,352}{2,704} + 1 = 1,03 \approx 1.$$

В таблице 4 представлена расчетная информация для предварительного размещения светильников в дополнительных помещениях.

Таблица 4 – «Предварительные расчетные данные расположения светильников» [9]

Помещения	Размеры помещения		Расчетная высота			Расстояние		Число рядов, R
	Высота H , м	Ширина B , м	От светильника до перекрытия h_c , м	Над полом h_p , м	От рабочей поверхности до светильника H_p , м	Между рядами L , м	От края ряда до стены l , м	
Электрощитовая	3	2,8	0,11	0	2,89	2,703884	1,352	1
Насосная	3	2,1	0,11	0	2,89	2,004	1,002	1
Хозяйственная кладовая	3	4,62	0,11	0,8	2,09	1,672	0,836	2
Подвальное помещение №1	3	7	0,11	0	2,89	2,312	1,156	3

Продолжение таблицы 4

Помещения	Размеры помещения		Расчетная высота			Расстояние		Число рядов, R
	Высота H , м	Ширина B , м	От светильника до перекрытия h_c , м	Над полом h_p , м	От рабочей поверхности до светильника H_p , м	Между рядами L , м	От края ряда до стены l , м	
Подвальное помещение №2	3	7	0,11	0	2,89	2,312	1,156	3
Подвальное помещение №3	3	7	0,11	0	2,89	2,312	1,156	3
Подвальное помещение №4	3	7	0,11	0	2,89	2,312	1,156	3
Поэтажный коридоры	3	2	0,85	0	2,915	1,904	0,952	1
Тамбур	3	2	0,85	0	2,915	1,904	0,952	1
Этажная лестничная площадка	3	0,952	0,85	0	2,915	0,856	0,428	1
Лифтовый холл	3	2,1	0,85	0	2,915	2,004	1,002	1

2.5 Расчет освещенности методом коэффициента использования

«Индекс электроцитового помещения находится по формуле:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A+B)}, \quad (5)$$

$$i_n = \frac{4,36 \cdot 2,8}{2,89 \cdot (4,36 + 2,8)} = 0,59 \approx 0,6.$$

Значение коэффициента использования принимаем равным: $\eta_{oy} = 44\%$.

Поправочный коэффициент принимаем равным $z = 1,1$ [31].

Определяется световой поток по формуле:

$$\Phi_{Rp} = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{R \cdot \eta_{oy}}, \quad (6)$$

где « K_3 – коэффициент запаса принимаемый для люминесцентных светильников устанавливаемых в помещений с нормальным условием среды $K_3 = 1,4$ и $K_3 = 1,8$ для светильников устанавливаемых в помещениях с условиями среды отличных от нормальных;

E_H – стандартное значение освещенности;

F – площадь рассматриваемого помещения» [10].

$$\Phi_{Rp} = \frac{75 \cdot 1,8 \cdot 12,2 \cdot 1,1}{1 \cdot 0,44} = 4120,2 \text{ лм.}$$

Рассчитываем количество светильников в ряду по формуле:

$$N_R = \frac{\Phi_{Rp}}{n_{cb} \cdot \Phi_l}, \quad (7)$$

где n_{cb} – количество источников света в светильнике, шт;

Φ_l – световой поток одного источника света, лм;

$$N_R = \frac{4120,2}{1 \cdot 1200} = 3,4 \approx 3.$$

«Общее количество светильников определяем по формуле:

$$n_{cb} = N_R \cdot R, \quad (8)$$

$$n_{cb} = 3 \cdot 1 = 3 \text{ шт.}$$

Определяем точные места расположения светильников по формуле:

$$L_A = \frac{A-2 \cdot l - N_R \cdot l_a}{N_R - 1}, \quad (9)$$

$$L_A = \frac{4,36 - 2 \cdot 1,352 - 3 \cdot 0,671}{3 - 1} = 0,314 \text{ м.}$$

Для помещений, где число рядов $n > 1$, производится перерасчет расстояния между рядами по формуле:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l - R \cdot l_b}{R - 1}. \quad (10)$$

В таблицах 5 и 6 приведены все расчетные данные. На основе данных светотехнического расчета был разработан проект размещения светильников в общих помещениях здания. Были сформированы группы для рассредоточения линий питания светильников, а также принято решение о том, как и где их устанавливать» [7].

Таблица 5 – Расчетные данные освещенности общедомовых помещений

Наименование помещения	Размеры помещения, м		Индекс i_n	Коэффициент			Значение освещенности E_{min} , лк	Поток одного ряда Φ_{Rp} , лм	Поток одной лампы Φ_l , лм	Число ламп в светильнике $N_{св}$, шт.
	A	B		η_{oy}	z	K_3				
Электрическая щитовая	4,36	2,8	0,6	0,44	1,1	1,8	75	4120,2	1200	1
Помещение насосных агрегатов	4,36	2,1	0,5	0,57	1,1	1,8	75	2385,3	1200	1
Хозяйственная кладовая	5	4,62	1,1	0,79	1,1	1,8	75	2171,1	1200	1
Подвальное помещение №1	12,76	7	1,5	0,85	1,1	1,8	75	5201,6	1200	1
Подвальное помещение №2	12,76	7	1,5	0,85	1,1	1,8	75	5201,6	1200	1
Подвальное помещение №3	17,14	7	1,7	0,86	1,1	1,8	75	6905,8	1200	1
Подвальное помещение №4	17,14	7	1,7	0,86	1,1	1,8	75	6905,8	1200	1
Позэтажные квартирные коридоры	12,76	2	0,6	0,68	1,1	1,4	100	5779,5	1200	1
Тамбур	4,62	2	0,5	0,58	1,1	1,4	100	2453,4	1200	1
Этажная лестничная площадка перед лифтовой кабиной	2,52	0,952	0,5	0,58	1,1	1,4	100	636,9	1200	1
Лифтовый холл	2,9	2,1	0,5	0,58	1,1	1,4	100	1617	1200	1

Таблица 6 – Расчетные данные размещения светильников

Наименование помещения	Размеры помещения, м		Расчетное состояние до стены l, м	Размеры светильника		Число рядов, R	Количество светильников		Расстояние между светильниками	
	A	B		$l_a, \text{м}$	$l_b, \text{м}$		N_R	$n_{св}$	в ряду, м	между рядами, м
Электрическая щитовая	4,36	2,8	1,352	0,671	0,096	1	2	2	0,314	0
Насосная	4,36	2,1	1,002	0,671	0,096	1	2	2	1,014	0
Хозяйственная кладовая	5	4,62	0,836	0,671	0,096	2	2	4	1,986	2,756
Подвальное помещение №1	12,76	7	1,156	0,671	0,096	3	4	12	2,588	2,2
Подвальное помещение №2	12,76	7	1,156	0,671	0,096	3	4	12	2,588	2,2
Подвальное помещение №3	17,14	7	1,156	0,671	0,096	3	6	18	2,1604	2,2
Подвальное помещение №4	17,14	7	1,156	0,671	0,096	3	6	18	2,1604	2,2
Поэтажные коридоры	12,76	2	0,905	0,66	0,19	1	5	5	1,9125	0
Тамбур	4,62	2	0,905	0,66	0,19	1	2	2	1,49	0
Этажная лестничная площадка	2,52	0,952	0,381	0,66	0,19	1	1	1	0	0
Лифтовый холл	2,9	2,1	0,955	0,66	0,19	1	1	1	0	0

2.6 Определение питающих и групповых линий

Перед проектированием системы электроснабжения объекта мы выбираем различные схемы питания установленных электропотребителей. В смешанной системе электроснабжения необходимо использовать силовые распределительные щиты, так как потребители в здании распределены неравномерно и находятся на разной высоте [29].

«Установка вводно–распределительного устройства в электрощитовой помещения технического этажа позволяет осуществить ввод и распределение электроэнергии в предлагаемом пункте. В проекте предусмотрено устройство канала стояка для использования при монтаже этажного щита. Марки и

компоненты электрощитов выбираются исходя из расчета сечения кабельных проводников и мер безопасности. Далее электрощиты распределяют электроэнергию от вводно–распределительного устройства до электропотребителей жилого дома:

- этажные электрощиты;
- электрощиты освещения;
- электрощиты управления лифтовыми установками;
- квартирные электрощиты.

Было решено объединить основную схему электроснабжения с линиями питания этажных электрощитов» [10].

Для линий питания электрощитов лифтовых систем и насосного электрооборудования применена радиальная схема питания.

Этажные электрощиты служат источником линий питания электрощитов в квартирах.

Групповые линии питают освещение и розетки в квартирах и местах общего пользования.

«Квартирные групповые линии прокладываются в проемах стен и щелях в плитах перекрытий. Устанавливаются общедомовые групповые границы и распределение:

- по техническому этажу, в металлических лотках и в ПВХ трубах в виде гофры, по стенам и перекрытиям;
- питающие стояки этажных электрощитов в гладких ПВХ трубах;
- от этажных электрощитов прокладываются к квартирным методом штробирования стен;
- освещение общедомовых помещений типовых этажей в пустотах плит перекрытия» [11].

В таблице 7 приведена сводка фидерных и групповых линий для помещений общего пользования.

Таблица 7 – Предварительный перечень питающих и групповых линий

Линии	Назначение
Питающие линии	
С 1	Квартирный стояк 20 квартир
С 2	Квартирный стояк 20 квартир
С 3	Многонасосная установка повышения давления
С 4	Циркуляционный насос
С 5	Циркуляционный насос отопления
С 6	Циркуляционный насос ГВС
С 7	Подпиточный насос
С 8	Дренажный насос
С 9	Щит управления лифтовой установкой №1
С 10	Щит управления лифтовой установкой №2
С 11	Щит квартирный №1
С 12	Щит квартирный №2
С 13	Щит квартирный №3
С 14	Щит квартирный №4
С 15	Щит освещения общедомовых помещений
Групповые линии освещения общедомовых помещений	
Гр 1.1	Электрощитовая
Гр 1.1	Насосная
Гр 1.1	Хоз. кладовая
Гр 1.1	Подвальное помещение №1
Гр 1.1	Подвальное помещение №2
Гр 1.2	Подвальное помещение №3
Гр 1.2	Подвальное помещение №4
Гр 1.3	Поэтажные коридоры
Гр 1.3	Тамбур
Гр 1.3	Этажная лестничная площадка
Гр 1.3	Лифтовый холл

Для каждого помещения в жилом доме создаются групповые линии розеток в соответствии с [9]. Жилые комнаты квартир должны иметь [1] розеток из расчета 1 розетка на каждые полные и неполные 5 м², а коридоры – 10 м². На кухнях жилых домов должно быть не менее пяти розеток.

Предложение предусматривает установку в каждой комнате многоламповых светильников с одной клеммной колодкой для последующей

установки владельцем квартиры. За проведение электричества к осветительным приборам в квартирах отвечает одна группа.

В таблице 8 приведена сводная информация по групповым линиям многоквартирных домов.

Таблица 8 – Расчетные данные групповых линии квартир

Наименование помещения	Периметр помещения, м	Количество розеток $N_{роз}$, шт	Обозначение групповых линий	
			Розеточных	Освещения
1 комнатная квартира	–	–	–	–
Спальня	18,7	4	Гр. 2.1.1	Гр. 3.1
Кухня	18,3	5	Гр. 2.1.2	Гр. 3.1
Коридор	17,8	2	Гр. 2.1.3	Гр. 3.1
С/У №1	7,2	–	–	Гр. 3.1
С/У №2	9,5	–	–	Гр. 3.1
Гардеробная	8,3	2	Гр. 2.1.1	Гр. 3.1
2 комнатная квартира	–	–	–	–
Спальня	18,3	4	Гр. 2.2.1	Гр. 3.2
Гостиная	22,3	5	Гр. 2.2.2	Гр. 3.2
Кухня	18,7	5	Гр. 2.2.3	Гр. 3.2
Коридор	17,8	2	Гр. 2.2.1	Гр. 3.2
С/У №1	7,2	–	–	Гр. 3.2
С/У №2	9,5	–	–	Гр. 3.2
Гардеробная	8,3	2	Гр. 2.2.1	Гр. 3.2
3 комнатная квартира	–	–	–	–
Спальная	17,9	4	Гр. 2.3.1	Гр. 3.3
Спальная	17,9	4	Гр. 2.3.1	Гр. 3.3
Гостиная	26,3	6	Гр. 2.3.2	Гр. 3.3
Кухня	16,7	5	Гр. 2.3.3	Гр. 3.3
Коридор	35,1	4	Гр. 2.3.1	Гр. 3.3
С/У №1	12,3	–	–	Гр. 3.3
С/У №2	8,8	–	–	Гр. 3.3
4 комнатная квартира	–	–	–	–
Спальня	17,9	4	Гр. 2.4.1	Гр. 3.4
Спальня	17,6	4	Гр. 2.4.1	Гр. 3.4
Спальня	19,2	4	Гр. 2.4.2	Гр. 3.4
Гостиная	18,3	4	Гр. 2.4.2	Гр. 3.4
Кухня	14,7	5	Гр. 2.4.3	Гр. 3.4
Коридор	34,1	4	Гр. 2.4.1	Гр. 3.4
С/У №1	10,8	–	–	Гр. 3.4
С/У №2	6,6	–	–	Гр. 3.4

2.7 Расчет нагрузки групповых линии освещения общедомовых помещений

«Общую нагрузку освещения помещений общего пользования $P_{ос.общ}$, кВт, определяется по формуле:

$$P_{ос.общ} = (P_{л.пл} + P_{л.хол} + P_{кор} + P_{тамб}) + 0,5 P_{др}, \quad (11)$$

где $P_{л.пл}$, $P_{л.хол}$, $P_{кор}$, $P_{тамб}$ – расчетные нагрузки групповых линии, кВт;

$P_{др}$ – расчетная нагрузка освещения технического этажа, кВт.

Согласно [2], для расчета расчетной нагрузки групповых электрических линий освещения мест общего и индивидуального пользования используются установленная мощность выбранных светильников и коэффициент спроса, равный $K_{сп} = 1$ » [2].

$$P_p = P_{уст.св} \cdot n_{св} \cdot K_{сп}, \quad (12)$$

где $P_{уст.св}$ – мощность светильника по паспорту;

$N_{св}$ – число светильников в рассматриваемом помещений.

Групповые линии являются однофазными, и их ток определяется по следующей формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{U \cdot \cos\varphi}. \quad (13)$$

В таблице 9 приведена сводная расчетная информация по групповым линейным нагрузкам помещений общего пользования. Для каждого помещения в жилом доме создаются групповые линии розеток. Мощность групповых линий зависит от количества комнат в квартире.

Таблица 9 – Расчетные данные нагрузок групповых линий освещения общедомовых помещений

Типы помещений	Номер линий	Количество светильников n, шт	Установленная мощность светильников $P_{уст.св}$, кВт	Кэффиц. спроса, $K_{сп}$	$\cos\varphi$	Расчетная мощность P_p , кВт	I_p , А
Электрическая щитовая	Гр 1.1	2	0,018	1	0,96	0,036	0,17
Насосная	Гр 1.1	2	0,018	1	0,96	0,036	0,17
Хозяйственная кладовая	Гр 1.1	4	0,018	1	0,96	0,072	0,34
Подвальное помещение №1	Гр 1.1	12	0,018	1	0,96	0,216	1,02
Подвальное помещение №2	Гр 1.1	12	0,018	1	0,96	0,216	1,02
Итого по группе	–	–	–	–	–	0,576	2,72
Подвальное помещение №3	Гр 1.2	18	0,018	1	0,96	0,324	1,53
Подвальное помещение №4	Гр 1.2	18	0,018	1	0,96	0,324	1,53
Итого по группе	–	–	–	–	–	0,648	3,06
Поэтажные коридоры	Гр 1.3	50	0,018	1	0,96	0,9	4,26
Тамбур	Гр 1.3	20	0,018	1	0,96	0,36	1,70
Этажная лестничная площадка	Гр 1.3	10	0,018	1	0,96	0,18	0,85
Лифтовый холл	Гр 1.3	10	0,018	1	0,96	0,18	0,85
Итого			–			1,62	7,67

По результатам расчета нагрузок групповых линий рассчитывается суммарную нагрузку на освещение мест общего пользования по формуле (11):

$$P_{ос.общ} = (0,18 + 0,18 + 0,9 + 0,36) + 0,5 \cdot 1,224 = 2,2 \text{ кВт.}$$

2.8 Расчет нагрузки групповых линии освещения квартир

Расчет нагрузок линий группового освещения производится по уровням активной мощности электропотребителей и расчетным параметрам линий [3].

Нагрузка линий группового освещения многоквартирных домов определяется следующим расчетом:

$$P_p = \Sigma P_y \cdot K_c \cdot K_{и}, \quad (14)$$

где $K_c, K_{и}$ – расчетные коэффициенты принимаемые по [3].

«Расчетная установленная мощность для осветительного оборудования групповых линий освещения квартир:

- на освещение гостиных комнат 40 Вт/м²;
- на освещение жилых комнат и спален 30 Вт/м²;
- на освещение столовых и кухонь 30 Вт/м²;
- на освещение коридоров 25 Вт/м²;
- на освещение сантехнических узлов 20 Вт/м²;
- на освещение кладовых помещений 20 Вт/м².

Расчетные данные нагрузок групповых линий освещения квартир сведены в таблицу 10» [7].

Таблица 10 – Расчетные данные нагрузок групповых линии освещения квартир

Наименования помещений	Обозначения групповых линий	Площадь помещений F, м ²	Мощность P _y , кВт	Коэффициент		Расчетная мощность P _p , кВт	I _p , А
				спроса, K _{сп}	использования K _и		
1 комнатная квартира	–	–	–	–	–	–	–
Спальня	Гр 3.1	21,6	0,648	0,6	0,6	0,233	1,05
Кухня	Гр 3.1	20	0,6	1	0,8	0,48	2,18
Коридор	Гр 3.1	11,9	0,297	0,8	–	0,237	1,07
С/У №1	Гр 3.1	3,3	0,066	0,6	–	0,039	0,17
С/У №2	Гр 3.1	5,6	0,112	0,6	–	0,067	0,30
Гардеробная	Гр 3.1	4,3	0,086	0,6	–	0,051	0,23
Итого по группе	–	–	–	–	–	1,107	5
2 комнатная квартира	–	–	–	–	–	–	–
Спальня	Гр 3.2	20	0,6	0,6	0,6	0,216	0,98
Гостиная	Гр 3.2	29,3	1,172	0,8	0,8	0,750	3,40

Продолжение таблицы 10

Наименования помещений	Обозначения групповых линий	Площадь помещений F , m^2	Мощность P_y , кВт	Коэффициент		Расчетная мощность P_p , кВт	I_p , А
				спроса, $K_{сп}$	использования $K_{и}$		
Кухня	Гр 3.2	21,6	0,648	1	0,8	0,518	2,35
Коридор	Гр 3.2	11,9	0,297	0,8	–	0,237	1,07
С/У №1	Гр 3.2	3,3	0,066	0,6	–	0,039	0,17
С/У №2	Гр 3.2	5,6	0,112	0,6	–	0,067	0,30
Гардеробная	Гр 3.2	4,3	0,086	0,6	–	0,051	0,23
Итого по группе	–	–	–	–	–	1,878	8,53
3 комнатная квартира	–	–	–	–	–	–	–
Спальня	Гр 3.3	20	0,6	0,6	0,6	0,216	0,98
Спальня	Гр 3.3	20	0,6	0,6	0,6	0,216	0,98
Гостиная	Гр 3.3	40,2	1,608	0,8	0,8	1,029	4,67
Кухня	Гр 3.3	17,5	0,525	1	0,8	0,42	1,90
Коридор	Гр 3.3	31,1	0,777	0,8	–	0,621	2,82
С/У №1	Гр 3.3	8,47	0,168	0,6	–	0,100	0,4
С/У №2	Гр 3.3	4,7	0,094	0,6	–	0,056	0,2
Итого по группе	–	–	–	–	–	2,658	12,08
4 комнатная квартира	–	–	–	–	–	–	–
Спальня	Гр 3.4	20	0,6	0,6	0,6	0,216	0,98
Спальня	Гр 3.4	19,2	0,576	0,6	0,6	0,207	0,94
Спальня	Гр 3.4	23,1	0,693	0,6	0,6	0,249	1,13
Гостиная	Гр 3.4	20,9	0,836	0,8	0,8	0,535	2,43
Кухня	Гр 3.4	13,5	0,405	1	0,8	0,324	1,47
Коридор	Гр 3.4	30,1	0,7525	0,8	–	0,602	2,73
С/У №1	Гр 3.4	6,5	0,13	0,6	–	0,078	0,35
С/У №2	Гр 3.4	2,6	0,052	0,6	–	0,031	0,14
Итого:						2,242	10,19

Вывод по разделу.

В завершение данного раздела можно отметить, что анализ и планирование освещения и электропитания в жилом комплексе представляют собой ключевой этап в проектировании.

Он позволяет учесть разнообразные аспекты, начиная от создания комфортных условий для жителей до обеспечения энергосбережения. Важно правильно рассчитать освещенность и определить не только типы светильников, но и их оптимальное размещение в помещениях.

Выбор системы освещения и прокладка питающих линий должны быть основаны на эффективности и надежности. Это позволит обеспечить непрерывное электропитание и снизить энергопотребление. Также, расчет нагрузки на групповые линии позволяет избежать перегрузок и гарантировать стабильность системы.

3 Электрическое оборудование и энергетика

3.1 Расчет нагрузки розеточных групповых линии квартир

«Ввиду повышенной ответственности розеточная групповая линия является одной из наиболее распространенных групповых линий. Расчетная нагрузка для розеточных групповых линий определяется по следующей формуле:

$$P_{розN} = P_{розy} \cdot N_{роз} \cdot K_{и} , \quad (15)$$

где $P_{розy}$ – удельная мощность одной штепсельной розетки принимаем согласно с [1];

$N_{роз}$ – количество розеток;

$K_{од,роз}$ – коэффициент одновременности, который приведен в [1] и зависит от количества заданных розеток.

В таблице 11 сведены расчетные данные по нагрузкам розеточных групповых линий для квартир» [12].

Таблица 11 – Расчетные данные нагрузок розеточных групповых линии квартир

Наименования помещений	Номер групповых линий	Количество розеток $N_{роз}$, шт	Удельная мощность на одну розетку $P_{розy}$, кВт	Коэффициент одновременности для сети розеток $K_{од,роз}$	Расчетная нагрузка розеточных групповых линий $P_{розN}$, кВт	$\cos\varphi$	I_p , А
1 комнатная квартира							
Спальня	Гр 2.1.1	4	0,1	0,9	0,36	–	–
Гардеробная	Гр 2.1.1	2	0,1	0,9	0,18	–	–
Итого	–	–	–	–	0,54	0,9	2,72
Коридор	Гр 2.1.3	2	0,1	0,9	0,18	–	–
Итого по группе	–	–	–	–	0,18	0,9	0,9
Кухня	Гр 2.1.2	5	0,1	0,9	0,45	–	–
Итого	–	–	–	–	–	0,9	2,27

Продолжение таблицы 11

Наименования помещений	Номер групповых линий	Количество розеток $N_{роз}$, шт	Удельная мощность на одну розетку $P_{роз}$, кВт	Коэффициент одновременности для сети розеток $K_{од.роз}$	Расчетная нагрузка розеточных групповых линий $P_{розг}$, кВт	$\cos\varphi$	I_p , А
2 комнатная квартира							
Спальня	Гр 2.2.1	4	0,1	0,9	0,36	–	–
Коридор	Гр 2.2.1	2	0,1	0,9	0,18	–	–
Гардеробная	Гр 2.2.1	2	0,1	0,9	0,18	–	–
Итого	–	–	–	–	0,72	0,9	3,63
Гостиная	Гр 2.2.2	5	0,1	0,9	0,45	–	–
Итого по группе	–	–	–	–	0,45	0,9	2,27
Кухня	Гр 2.2.3	5	0,1	0,9	0,45	–	–
Итого	–	–	–	–	0,45	0,9	2,27
3 комнатная квартира							
Спальня	Гр 2.3.1	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Спальня	Гр 2.3.1	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Коридор	Гр 2.3.1	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Итого	–	–	–	–	0,96	0,9	4,84
Гостиная	Гр 2.3.2	6	0,1	0,8	0,48	–	–
Итого	–	–	–	–	0,48	0,9	2,42
Кухня	Гр 2.3.3	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Итого	–	–	–	–	0,32	0,9	1,61
4 комнатная квартира							
Спальня	Гр 2.4.1	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Спальня	Гр 2.4.1	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Коридор	Гр 2.4.1	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Спальня	Гр 2.4.2	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Гостиная	Гр 2.4.2	4	0,1	0,8	0,32	–	–
Итого по группе	–	–	–	–	0,64	0,9	3,23
Кухня	Гр 2.4.3	3	0,1	0,8	0,24	–	–
Итого по группе	–	–	–	–	0,24	0,9	1,21

3.2 Расчет силовой нагрузки проектируемого объекта

Силовую нагрузку проектируемого объекта составляют лифтовые установки здания и комплекс насосных машин в помещении, называемом насосной.

Расчетную мощность электродвигателей определим по следующим формулам:

$$P_{рл} = P_{л} \cdot K_{сл}, \quad (16)$$

$$P_{рнасос} = P_{насос} \cdot K_{снасос}, \quad (17)$$

где $P_{л}$ – установленная мощность электродвигателя каждого лифта, определяемая по [3];

$K_{сл}$ – коэффициент спроса лифтов определяемый по [3];

$P_{насос}$ – установленная мощность электродвигателей, используемых в насосных установках согласно [3];

$K_{снасос}$ – коэффициент спроса для электродвигателей насосов, рассчитанный по [3].

В таблице 12 приведены сводные расчетные данные по силовым нагрузкам.

Для расчета расчетной нагрузки электрооборудования жилых зданий используется следующая формула:

$$P_{сил} = \sum_{i=1}^n P_{рли} + \sum_{i=1}^m P_{рнасос}, \quad (18)$$

$$P_{сил} = (6 + 6) + (2.31 + 0.238 + 0.634 + 0.118 + 0.385 + 0.49) = 16.17 \text{ кВт.}$$

3.3 Расчет нагрузки жилого здания

Планируемые квартиры оборудованы газовыми плитами.

Квартиры комфортабельные. Подход, основанный на индивидуальных нагрузках, был выбран в соответствии с исходными данными для проектирования системы электроснабжения данного объекта.

Считается, что квартиры имеют значение $\cos\varphi$, равное 0,92, как указано в [1].

Определяем электрическую нагрузку, приведенную к вводу устройству здания и сборным шинам ТП, по формуле:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв}_y} \cdot N, \text{ кВт}, \quad (19)$$

где $P_{\text{кв}_y}$ – удельная нагрузка на одну квартиру, определяется по [3];

N – количество квартир, присоединенных к вводу в дом.

$$P_{\text{кв}} = 2 \cdot 40 = 80 \text{ кВт}.$$

По следующей формуле определяется расчетная нагрузка на предлагаемый элемент в целом:

$$P_{\text{жд}} = P_{\text{кв}} + 0,9P_{\text{сил}}, \quad (20)$$

$$P_{\text{жд}} = 80 + 0,9 \cdot 16,175 = 94,55 \text{ кВт}.$$

Результаты расчета остальных домашних электропотребителей сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Расчетные данные силовых нагрузок

Наименование помещений	Обозначения питающих линий	n, шт	Установленная мощность P_H , кВт	Коэффициенты		Расчетная нагрузка электродвигателя			I_p, A
				K_c	$\cos\varphi / \text{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВа	
Циркуляционный насос отопления	С 5	1	0,906	0,7	0,58/1,4	0,634	0,88	1,09	1,65
Многонасосная установка	С 3	3	1,1	0,7	0,96/0,29	2,31	0,66	2,40	3,65
Циркуляционный насос	С 4	1	0,34	0,7	0,59/1,36	0,238	0,32	0,40	0,61
Циркуляционный насос ГВС	С 6	1	0,169	0,7	0,55/1,5	0,118	0,17	0,21	0,32
Подпиточный насос	С 7	1	0,55	0,7	0,93/0,39	0,385	0,15	0,41	0,62
Дренажный насос	С 8	1	0,7	0,7	0,57/1,4	0,49	0,68	0,84	1,28
Щит управления лифтовой установки №1	С9	1	7,5	0,8	0,65/1,17	6	7,02	9,23	14
Щит управления лифтовой установки №2	С10	1	7,5	0,8	0,65/1,17	6	7,02	9,23	14
Итого	–	–	–	–	0,69/1,04	16,17	16,9	23,39	36
Щит освещения	С15	1	2,844	1	0,96/0,29	2,844	0,82	2,95	4,5

3.4 Выбор сечения кабеля и расчет потерь напряжения

«В соответствии с расчетным током линии выбирается сечение кабеля. В соответствии со следующим критерием выбираются марки и сечения кабелей» [13]:

$$I_{\text{доп}} \cdot K_T \cdot K_{\text{п}} \geq I_{\text{р,узла}}, \quad (21)$$

где « $I_{\text{р,узла}}$ – расчетный ток узла электроприемников;

K_T – поправочный коэффициент на температуру [22];

$K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент на метод прокладки кабеля» [22];

$I_{\text{доп}}$ – длительно–допустимый ток определенного сечения.

Значение $I_{\text{доп}}$ определяем по таблицам приведенным в [3].

Потери напряжения во внутренних сетях более 5% запрещены и рассчитываются по следующей формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{S \cdot k}, \%, \quad (22)$$

где S – площадь сечения токопроводящей жилы, мм^2 ;

M – момент нагрузки определяемый по формуле (23)

$$M = P_p \cdot L, \text{ кВт} \cdot \text{м}, \quad (23)$$

где P_p – расчетная мощность нагрузки, кВт;

L – протяженность линии, м;

k – коэффициент, зависящий от количества фаз линии, материала жилы (для медных жил: трехфазная линия – $k = 72$, однофазная линия – $k = 12$) [28].

Далее приведен расчет линии С1.

Исходные данные по линии С1:

$$- P_p = 40 \text{ кВт};$$

$$- I_p = 66,1 \text{ А};$$

$$- L = 30 \text{ м.} \gg [12].$$

Трехфазная линия С1. Марка кабеля выбрана первой: ВВГ 4×25+1×16. Пять проводов собраны в пучки и уложены в трубы. Для кабеля с ПВХ-изоляцией используются поправочные параметры $K_{\text{п}} = 0,78$ и $K_{\text{т}} = 1$. $I_{\text{доп}}$ для выбранного кабеля составляет 95 А, согласно [3].

Производим проверку выбранной марки кабеля по условию (21):

$$95 \cdot 1 \cdot 0,78 = 74,1 \text{ А} \geq 66,1 \text{ А}.$$

Необходимое условие выполнено. Выбранная марка кабеля рассматривается в соответствии с критериями (22 и 23):

$$M = 40 \cdot 30 = 1800 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\Delta U = \frac{1800}{25 \cdot 72} = 1 \% \leq 5 \%.$$

Необходимое условие выполнено. В итоге выбирается кабель данной марки с длительно допустимым током $I_{\text{доп}} = 95 \text{ А}$.

Аналогично рассчитываются все линии и сети. В таблице 13 приведены результаты расчетов.

Таблица 13 – Результаты расчетов выбора кабельной продукции

Маркировка линии	P_p , кВт	I_p , А	$I_{\text{доп}}$, А	Длина участка L, м	Момент нагрузки кВт·м	ΔU , %	Марка кабеля, количество сечение и жил
С 1	40	66,1	95	45	1800	1	ВВГнг 4×25
С 2	40	66,1	95	75	2400	1,6	ВВГнг 4×25
С 3	2,31	3,65	25	20	46,2	0,25	ВВГнг 5×2,5
С 4	0,238	0,61	25	9,4	2,23	0,01	ВВГнг 5×2,5

Продолжение таблицы 13

Маркировка линии	P_p , кВт	I_p , А	$I_{доп}$, А	Длина участка L, м	Момент нагрузки кВт·м	ΔU , %	Марка кабеля, количество сечение и жил
С 5	0,634	1,65	25	10	6,34	0,03	ВВГнг 5×2,5
С 6	0,118	0,32	25	11	1,298	0,02	ВВГнг 5×2,5
С 7	0,385	0,62	25	11,6	4,466	0,02	ВВГнг 5×2,5
С 8	0,49	1,28	25	12,4	6,076	0,03	ВВГнг 5×2,5
С 9	6	14	25	63	378	2,1	ВВГнг 5×2,5
С 10	6	14	25	65	390	2,16	ВВГнг 5×2,5
С 11	9	44,5	55	8,7	78,3	0,65	ВВГнг 3×10
С 12	9	44,5	55	9	81	0,67	ВВГнг 3×10
С 13	9	44,5	55	14	126	1,05	ВВГнг 3×10
С 14	9	44,5	55	15	135	1,12	ВВГнг 3×10
Гр 2.1.3	0,18	0,9	25	12	2,16	0,07	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.2.1	0,72	3,63	25	44	31,68	1,05	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.2.2	0,45	2,27	25	34,8	15,66	0,52	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.2.3	0,45	2,27	25	29	13,05	0,43	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.3.1	0,96	4,84	25	73	70,08	2,33	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.3.2	0,48	2,42	25	42	20,16	0,67	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.3.3	0,32	1,61	25	35,6	11,392	0,37	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.4.1	0,92	4,84	25	72	69,12	2,30	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.4.2	0,64	3,23	25	45	28,8	0,96	ВВГнг 3×2,5
Гр 2.4.3	0,24	1,21	25	33	7,92	0,26	ВВГнг 3×2,5

3.5 Выбор оборудования вводно-распределительного устройства

Отправной точкой для распределения электрической энергии по потребителям является вводно-распределительное устройство в проектируемом пункте. В проекте предусмотрена установка трехпанельного распределительного устройства. Первая панель представляет собой ввод, вторая – распределение (потребители квартир), третья – коммунальные услуги (освещение мест общего пользования, питание насосного оборудования, установка лифтов) [24].

«Выбор распределительного устройства для оборудования вводного щита. Установить распределительное устройство вводного щита с автоматическим переключением резерва марки «ВРУ1–18–80 УХЛ4» исходя из категорий электроснабжения предлагаемого изделия. Электромагнитные контакторы устройства автоматического включения резерва и счетчик для

контроля расхода энергии в здании устанавливаются во вводной панели распределительного устройства для электроснабжения аварийного жилого дома. Выбор оборудования вводной панели распределительного устройства осуществляется исходя из суммарного расчетного тока, который составляет $I_p = 191,6 \text{ А}$ » [14].

«Для защиты питающих и групповых линий от токов короткого замыкания и токов перегрузки выбираем автоматические выключатели с комбинированными расцепителями в соответствии с [4]. Выбираем автоматические выключатели по следующим критериям:

$$U_0, \text{ В} \geq U_{\text{сети}}, \text{ В}, \quad (24)$$

$$I_{\text{ном.т}}, \text{ А} \geq 1,1 \cdot I_p, \text{ А}, \quad (25)$$

$$I_{\text{ном.э}}, \text{ А} \geq K_{\text{пуск}} \cdot I_p, \text{ А}, \quad (26)$$

$$I_{\text{д.доп}}, \text{ А} \geq I_{\text{ном.т}}, \text{ А}, \quad (27)$$

где I_p – общий расчетный ток;

$I_{\text{ном.т}}$ – номинальный ток теплового расцепителя;

$I_{\text{ном.э}}$ – номинальный ток электромагнитного расцепителя;

$I_{\text{д.доп}}$ – длительно допустимый ток защищаемой линии;

$K_{\text{пуск}}$ – пусковой коэффициент принятый равным $K_{\text{пуск}} = 7$.

В качестве вводного автоматического выключателя выбираем трехполюсный автоматический выключатель марки «ВА 88–35 (3ф) 250А» ($I_{\text{ном.т}} = 250 \text{ А}$; $I_{\text{ном.э}} = 2500 \text{ А}$). Производим проверку выбранного выключателя по условиям (24), (25)» [13]:

$$400 \text{ В} \geq 380 \text{ В},$$

$$250 \text{ А} \geq 1,1 \cdot 191,6 \text{ А}.$$

Необходимые условия были выполнены. Одобряется установка выбранной марки автоматического выключателя «ВА 88–35 (3ф) 250А».

В качестве электромагнитных контакторов выбираем контакторы марки «КТИ 5225 225А 400В» с номинальным током $I_{\text{ном}} = 225 \text{ А}$.

Выбор счетчика. На вводном щите распределительного устройства мы установили счетчик электроэнергии, регулирующий потребление электроэнергии всем домом. В зависимости от суммарного номинального тока распределительного устройства мы выбираем счетчик.

В электрических сетях, с напряжением 0,4 кВ, потребляемой активной мощностью свыше 60 кВт и током более 100 А, подключение трехфазного счетчика электроэнергии выполняется через трансформаторы тока. Так как $I_p = 191,6 \text{ А} > 100 \text{ А}$, выполняем подключение трехфазного счетчика электроэнергии через трансформатор тока (ТТ). Был выбран многотарифный трехфазный измеритель с электронным интерфейсом с наименованием «ОТАН САР4У–Е712 5А» в соответствии с [1].

При выборе трансформатора тока руководствовались требованиями, перечисленными в [3] и сформулированными в следующих условиях:

$$\frac{I_p}{K_T}, \text{ А} \geq I_{\text{ном.сч}} \cdot 0,4, \text{ А}, \quad (28)$$

$$\frac{I_p \cdot 0,15}{K_T}, \text{ А} \geq I_{\text{ном.сч}} \cdot 0,05. \quad (29)$$

Условия выполняются. Установка выключателя «ВА 88– 32 (3ф) 50А» одобрена.

«Счетчик для регулирования потребляемой мощности мы также устанавливаем на щитке. Суммарный расчетный ток вводно–распределительного устройства определяет тип используемого счетчика. Мы используем прямое подключение счетчика, так как $I_p = 40\text{А} \text{ } 100\text{А}$. Выбираем трехфазный счетчик DALA SAR4U–Е721 TX IP P RS.

От хозяйственной панели ВРУ предусматриваем питание следующих линии: С3, С4, С5, С6, С7, С8, С9, С10, С15. Принимая во внимание характер нагрузки на данных линиях и необходимого множителя номинального тока в виде пускового коэффициента $K_{\text{пуск}} = 7$, и выбираем выключатели с времятоковой характеристикой «С».

Для защиты оборудования и линий С3, С4, С5, С6, С7 и С8 выбираем автоматические выключатели марки «ВА47–29 3Р 10 А» с время–токовой характеристикой «С», так как расчетный ток этих линий не превышает 10 А [15]. Для наиболее нагруженной линии С3 проверяем тип выбранного автоматического выключателя в соответствии с условиями (24), (25), (26) и (27):

$$400 \text{ В} \geq 380 \text{ В},$$

$$10 \text{ А} \geq 1.1 \cdot 3.65 \text{ А},$$

$$50 \text{ А} \geq 7 \cdot 3.65 \text{ А},$$

$$25 \text{ А} \geq 10 \text{ А}.$$

Необходимые условия были выполнены. Установка автоматических выключателей с время–токовой характеристикой «С» и маркой «ВА47–29 3Р 10 А» разрешена.

Выбираем автоматические выключатели с время–токовой характеристикой «С» марки «ВА47–29 3Р 10 А» для защиты оборудования и линии С15. Оцениваем выбранный автоматический выключатель в соответствии с ситуациями (24), (25) и (27):

$$400 \text{ В} \geq 380 \text{ В},$$

$$10 \text{ А} \geq 1.1 \cdot 4.5 \text{ А},$$

$$25 \text{ А} \geq 10 \text{ А}.$$

Необходимые условия были выполнены. Согласие на установку автоматического выключателя «ВА47–29 3Р 10 А» с характеристикой тока времени «С».

Выбрать автоматический выключатель марки «ВА47–29 3Р 25 А» с время–токовой характеристикой «С» для защиты оборудования и линий С9 и С10. Выбранный автоматический выключатель проверяется в соответствии со следующими критериями (24), (25), (26) и (27):

$$400 \text{ В} \geq 380 \text{ В},$$

$$25 \text{ А} \geq 1.1 \cdot 14 \text{ А},$$

$$125 \text{ А} \geq 7 \cdot 14 \text{ А},$$

$$25 \text{ А} \geq 25 \text{ А}.$$

Условия выполняются. Утверждаем установку выбранного выключателя марки «ВА47–29 3Р 25 А» с времятоковой характеристикой «С» [25].

3.6 Выбор оборудования щита освещения общедомовых помещений

В рамках проекта будет установлен щит освещения. Проектом предусмотрено питание от щита освещения однофазных линий группового освещения Гр 1.1, Гр 1.2 и Гр 1.3 помещений общего пользования.

В связи с тем, что ток на линиях не превышает 10 А, выбираем двухполюсный автоматический выключатель с маркой «ВА47–29 2Р 10 А» с время–токовой характеристикой «В». Проводим испытания выбранного автоматического выключателя на наиболее нагруженной линии в условиях (24), (25) и (27):

$$230 \text{ В} \geq 220 \text{ В},$$

$$10 \text{ А} \geq 1.1 \cdot 7.67 \text{ А},$$

$$25 A \geq 10 A.$$

Условия выполняются. Утверждаем установку выбранного выключателя марки «ВА47–29 2P 10 А» с времятоковой характеристикой «В».

3.7 Выбор оборудования этажных и квартирных распределительных электрощитов

Для сбора и распределения электроэнергии между потребителями на жилом уровне проектом предусмотрена разработка этажного распределительного щита. Для подключения к магистральным линиям С1 и С2, проходящим по стоякам, решено использовать ответвительные зажимы. Благодаря установке этого щита мы можем распределять электроэнергию и защищать подводки к электрощитам в квартирах от перегрузок и токов короткого замыкания. От этого щита, согласно проекту, электроэнергия подается на следующие однофазные линии питания квартирных электрощитов: С11, С12, С13 и С14.

Для расчета и выбора защитных аппаратов, устанавливаемых в этажных электрощитах, согласно [2], мощность каждой квартиры принимаем как для одной квартиры, т.е. $P_{кв} = 9$ кВт. Расчетный ток одной линии равен $I_p = 44,5$ А.

Выбираем автоматический выключатель «ВА47–29 2P 50 А» с времятоковыми характеристиками типа «В».

Проводим испытания выбранного автоматического выключателя на линии, наиболее нагруженной в условиях (24), (25) и (27):

$$230 B \geq 220 B,$$

$$50 A \geq 1.1 \cdot 44.5 A,$$

$$55 A \geq 50 A.$$

Условия выполняются. Утверждаем установку выбранного выключателя марки «ВА47–29 2Р 50 А» с времятоковой характеристикой «В».

Кроме того, мы ставим счетчик на этажный распределительный щит, чтобы регулировать количество потребляемой мощности каждым прибором. В зависимости от предполагаемого тока в квартире выбирается счетчик. I_p равен 44,5 А х 100 А, подключаем счетчик напрямую. Выбираем трехфазный счетчик ORMAN SO–E711 Р PLC IP Р RS. На входящей в квартиру линии применяем дифференциальные выключатели марки «ВД1–63 2П 50 А 100 мА» в соответствии с [1].

На типовом этаже расположены 4 квартиры. Электроэнергия распределяется по групповым линиям квартиры квартирными электрощитами, которые расположены в каждой квартире. В каждой квартире имеется четыре групповые линии, питающие освещение и штепсельные розетки. Согласно [1], для защиты групповых линий допускается установка автоматических выключателей с маркой «ВА47–29 2Р 10 А» и время–токовой характеристикой типа «С». Кроме того, для защиты групповых линий освещения в квартирах следует выбрать автоматические выключатели с время–токовой характеристикой «С» марки «ВА47–29 2Р 16 А». В работе предусмотрена установка дифференциальных автоматических выключателей «ВД1–63 2Р 16А 30мА» на каждой групповой розеточной линии квартир. По условиям (24), (25) и (27) я проверил выбранный автоматический выключатель для самой нагруженной линии группового освещения «Гр 3.3»:

$$230 \text{ В} \geq 220 \text{ В},$$

$$16 \text{ А} \geq 1.1 \cdot 12.08 \text{ А},$$

$$25 \text{ А} \geq 16 \text{ А}.$$

Условия выполняются. Принимаем к установке для защиты групповых линий освещения автоматический выключатель марки «ВА47–29 2Р 16 А».

Произвели проверку выбранного выключателя для наиболее нагруженной групповой линии штепсельных розеток «Гр 2.4.1» по условиям (24), (25) и (27):

$$230 \text{ В} \geq 220 \text{ В},$$

$$10 \text{ А} \geq 1,1 \cdot 4,84 \text{ А},$$

$$25 \text{ А} \geq 10 \text{ А}.$$

Условия выполняются. Принимаем к установке для защиты групповых линий освещения автоматический выключатель марки «ВА47–29 2Р 10 А».

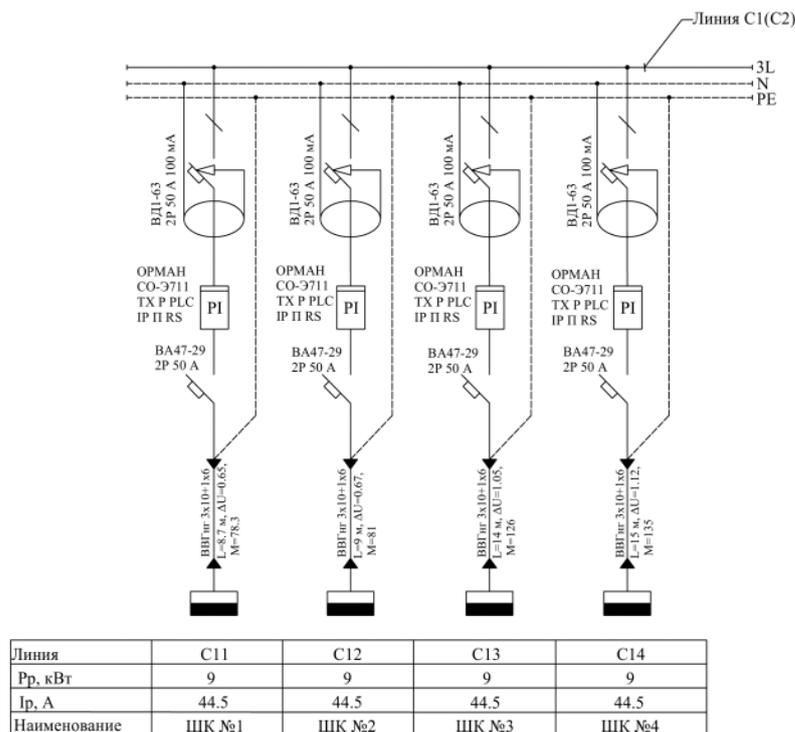


Рисунок 1 – Однолинейная схема этажного распределительного электрощита

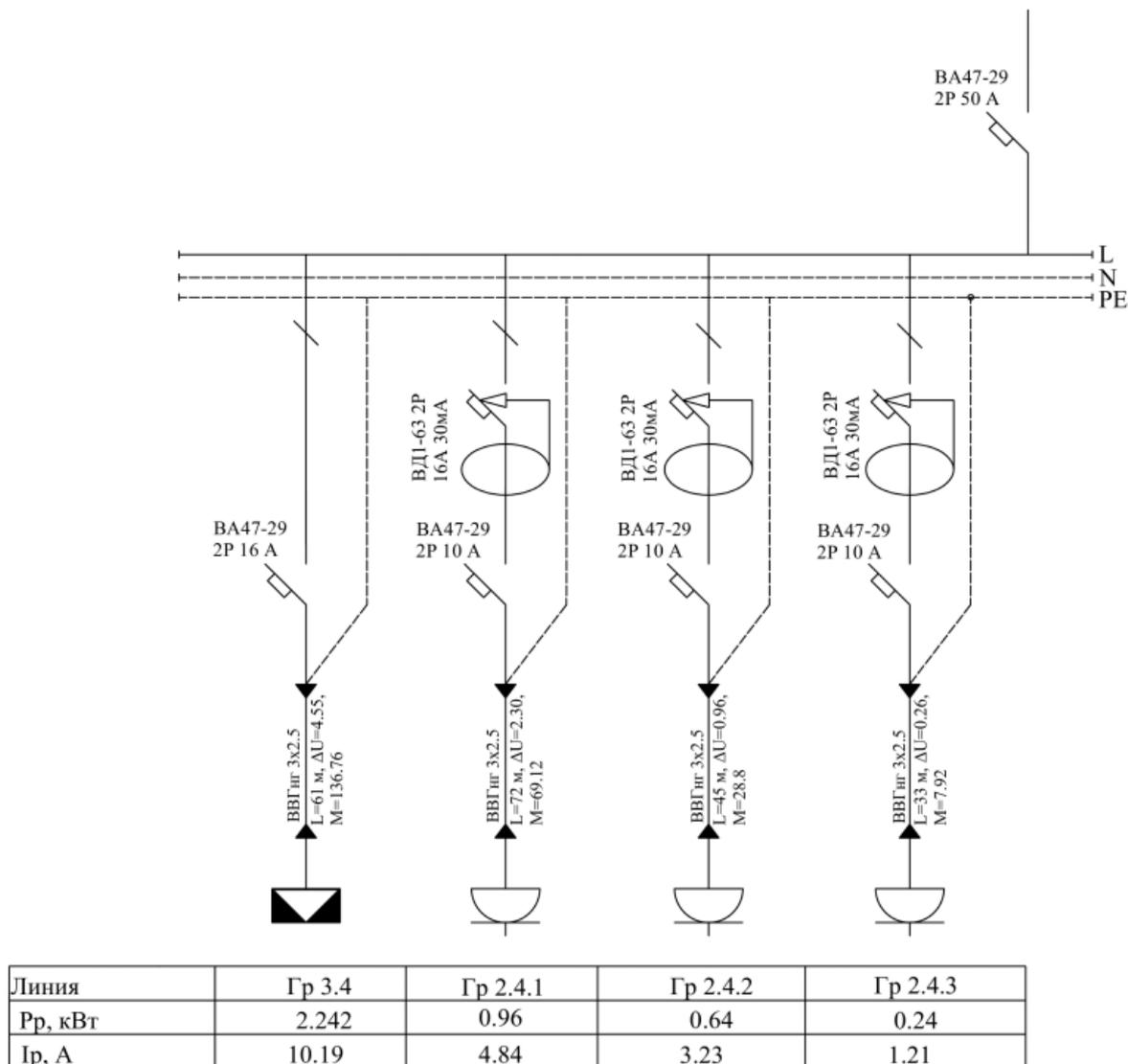


Рисунок 2 – Однолинейная схема распределительного электрощита четырёхкомнатной квартиры

Однолинейные схемы этажных и квартирных распределительных электрощитов проиллюстрированы на рисунках 1 и 2, позволяют увидеть распределение энергии по групповым потребителям.

3.8 Расчет токов короткого замыкания

«Токи короткого замыкания рассчитываются в соответствии с техническими условиями [1] и [3]. Расчет производится по методике, изложенной в [10].

В соответствии с [3], в качестве расчетного вида КЗ принимаем:

- трехфазное КЗ;
- однофазное КЗ.

Расчет тока трехфазного КЗ, ведется по формуле:

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{U_{\text{срНН}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}}, \text{ кА.} \quad (30)$$

Расчет тока однофазного КЗ, ведется по формуле:

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{срНН}}}{\sqrt{(2r_{\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}}, \text{ кА,} \quad (31)$$

где $U_{\text{срНН}}$ – среднее напряжение сети;

r_{Σ} , x_{Σ} , $r_{0\Sigma}$, $x_{0\Sigma}$ – совокупность электросопротивлений прямого и обратного порядка соответственно до рассматриваемой точки КЗ, мОм [23].

Для расчета суммарного электрического сопротивления в прямом и обратном порядке до точки короткого замыкания используются следующие формулы:

$$r_{\Sigma} = r_{\text{T}} + r_{\text{ТА}} + r_{\text{КВ}} + r_{\text{К}} + r_{\text{1КБ}} + r_{\text{Д}}, \text{ мОм,} \quad (32)$$

$$x_{\Sigma} = x_{\text{T}} + x_{\text{ТА}} + x_{\text{КВ}} + x_{\text{1КБ}}, \text{ мОм,} \quad (33)$$

$$r_{0\Sigma} = r_{0\text{T}} + r_{\text{ТА}} + r_{\text{КВ}} + r_{\text{К}} + r_{0\text{КБ}} + r_{\text{Д}}, \text{ мОм,} \quad (34)$$

$$x_{0\Sigma} = x_{0\text{T}} + x_{\text{ТА}} + x_{\text{КВ}} + x_{0\text{КБ}}, \text{ мОм,} \quad (35)$$

где r_{T} , x_{T} – электросопротивления прямого порядка питающего силового трансформатора, мОм;

$r_{0\text{T}}$, $x_{0\text{T}}$ – электросопротивления обратного порядка питающего силового трансформатора, мОм;

$r_{\text{ТА}}$, $x_{\text{ТА}}$ – электросопротивления первичных обмоток ТТ, мОм;

Γ_{KB}, X_{KB} – электросопротивления токовых катушек автоматических выключателей, мОм;

Γ_K – электросопротивления контактов пускателей, мОм;

Γ_{1KB}, X_{1KB} – электросопротивления прямого порядка кабельных линий, мОм;

Γ_{0KB}, X_{0KB} – электросопротивления обратного порядка кабельных линий, мОм;

Γ_D – электросопротивление дуги в точке КЗ, мОм.

Для расчета величины короткого замыкания в сети 0,4 кВ электрические сопротивления трансформаторов в обратном порядке считаются одинаковыми с электрическими сопротивлениями в прямом порядке.

Определяем токи короткого замыкания от ТП до наиболее удаленной розетки магистрали С1. Расчетная схема представлена на рисунке 3» [16].

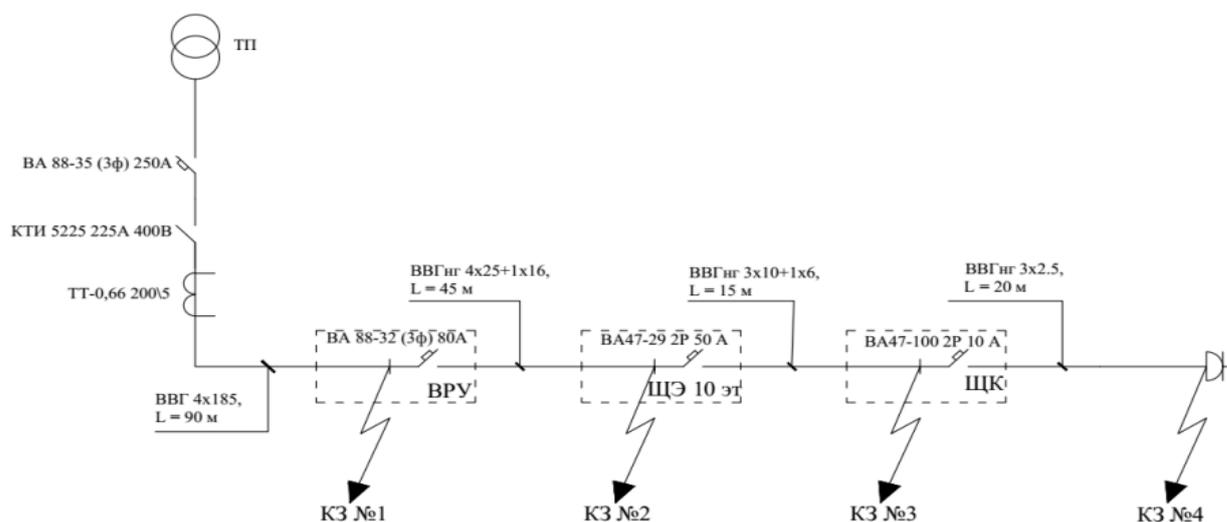


Рисунок 3 – Схема замещения расчетной линии

Расчет тока КЗ в точке №1 ($i_{KЗ1}$).

По вопросу электроснабжения проектируемого жилого дома от трансформаторной подстанции, на которой установлены два трансформатора

ТМ–630/10, один из которых находится в горячем резерве, застройщиком достигнута договоренность с энергоснабжающей организацией. От шин с трансформаторами напряжения 0,4 кВ по лучевой схеме пришли растянутые кабели с маркой «ВВГ 4x185». В таблице 14 приведена сводная паспортная информация трансформатора.

Таблица 14 – Параметры трансформатора ТМ–630/10

Тип	S_{HT} , кВа	i_x , %	$U_{кз}$, %	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{кз}$, кВт
ТМ–630/10	630	1,7	5,5	1,25	7,6

«Определим активное и индуктивное электросопротивления прямого порядка понижающих трансформаторов:

$$r_T = \frac{P_{к.ном} U_{HH.ном}^2}{S_{T.ном}^2} \cdot 10^6, \quad (36)$$

$$r_T = \frac{7,6 \cdot 0,4^2}{630^2} \cdot 10^6 = 3,06 \text{ мОм},$$

$$x_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{T.ном}}\right)^2} \cdot \frac{U_{HH.ном}^2}{S_{T.ном}} \cdot 10^4, \quad (37)$$

$$x_T = \sqrt{5,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 7,6}{630}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^4 = 13,63 \text{ мОм}.$$

Активное и индуктивное электросопротивления прямого и обратного порядка кабельной линии определяем по формулам:

$$r_{1каб} = r_{1y} \cdot L, \text{ мОм}, \quad (38)$$

$$x_{1каб} = x_{1y} \cdot L, \text{ мОм}, \quad (39)$$

$$r_{0каб} = r_{0y} \cdot L, \text{ мОм}, \quad (40)$$

$$x_{0каб} = x_{0y} \cdot L, \text{ мОм}, \quad (41)$$

Справочные данные электросопротивлений электрических оборудования и проводников 0,4 кВ сведены в таблицу 15» [20].

Таблица 15 – Справочные данные сопротивлений электрических оборудования и проводников 0,4 кВ

Наименования электрических оборудования и проводников	Активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности r_1/x_1 , мОм	Активное и индуктивное сопротивление обратной последовательности r_0/x_0 , мОм
ВА 88 – 35 (3ф) 250А, (r_{KB}, x_{KB})	0,65/0,17	–
КТИ 5225 225А 400В, (r_K)	0,15/–	–
ТТ–0.66 200/5, ($r_{ТА}/x_{ТА}$)	0,11/0,17	–
ВВГ 4x185 (r_y/x_y)	0,115/0,069	0,37/0,27
ВА 88–32 (3ф) 80А, (r_{KB}/x_{KB})	2,15/1,2	–
ВВГ 4x25 + 1x16 (r_y/x_y)	0,3/0,73	1,63/0,91
ВА47–29 2Р 50 А, (r_{KB}/x_{KB})	6,2/3,5	–
ВВГнг 3x10+1x6 (r_y/x_y)	3,54/0,094	4,07/1,69
ВА47–29 2Р 10 А, (r_{KB}/x_{KB})	13,5/8,3	–
ВВГнг 3x2,5 (r_y/x_y)	8,5/0,12	2,4/1,8

Активное электросопротивление дуги короткого замыкания $r_d = 7$ мОм.

Расчетные данные электрических сопротивлений кабельных линий сведены в таблицу 16.

Расчетные данные полных сопротивлений кабельных линий до точек КЗ сведены в таблицу 17.

Таблица 16 – Расчетные данные сопротивлений кабельных линий 0,4 кВ

Наименования электрических проводников	Активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности $r_{1\text{каб}}/x_{1\text{каб}}$, мОм	Активное и индуктивное сопротивление обратной последовательности $r_{0\text{каб}}/x_{0\text{каб}}$, мОм
ВВГ 4×185, (L=90м)	10,35/6,21	33,3/24,33
ВВГ 4×25 + 1×16, (L=45м)	38,7/4	73,3/40,9
ВВГнг 3×10+1×6, (L=15м)	53,1/1,41	61/25,3
ВВГнг 3×2,5, (L=20м)	170/2,4	186/36

Таблица 17 – Расчетные данные полных сопротивлений 0,4 кВ до точек КЗ

Точки КЗ, №	Активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности r_{Σ}/x_{Σ} , мОм	Активное и индуктивное сопротивление обратной последовательности $r_{0\Sigma}/x_{0\Sigma}$, мОм
КЗ №1	21,32/20,18	–
КЗ №2	69,2/25,4	–
КЗ №3	121,5/30,3	187/109,3
КЗ №4	304,9/40,9	386,5/153,57

Ток КЗ №1 определяем по формуле (30):

$$I_{\text{кз1}} = \frac{400}{\sqrt{3}\sqrt{21,32^2+20,18^2}} = 7,8 \text{ кА.}$$

Уставка электромагнитного расцепителя для автоматического выключателя «ВА 88 – 35 (3ф) 250А» составляет $I_{\text{ном.э}} = 2500 \text{ А}$.

Производим проверку отключающей способности автоматического выключателя по условию:

$$I_{\text{кз}} > I_{\text{ном.э}}, \quad (42)$$

$$7800 \text{ А} > 2500 \text{ А.}$$

Выключателем «ВА 88 – 35 (3ф) 250А» отключение аварийного участка в точке КЗ №1 обеспечивается.

Ток КЗ №2 определяем по формуле (30):

$$I_{кз1} = \frac{0.4}{\sqrt{3}\sqrt{69,17^2+25.38^2}} = 3,13 \text{ кА.}$$

Уставка электромагнитного расцепителя для автоматического выключателя «ВА 88–32 (3ф) 80А» составляет $I_{ном.э} = 800 \text{ А}$. Производим проверку отключающей способности автоматического выключателя по условию (42):

$$3130 \text{ А} > 800 \text{ А.}$$

Выключателем «ВА 88–32 (3ф) 80А» отключение аварийного участка в точке КЗ №2 обеспечивается.

Ток однофазного КЗ в точке КЗ №3 определяем по формуле (31):

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 230}{\sqrt{(2 \cdot 121,47 + 187,02)^2 + (2 \cdot 30,29 + 109,27)^2}} = 0,861 \text{ кА.}$$

Уставка электромагнитного расцепителя для автоматического выключателя «ВА47–29 2Р 50 А» составляет $I_{ном.э} = 500 \text{ А}$. Производим проверку отключающей способности автоматического выключателя по условию (42):

$$800 \text{ А} > 500 \text{ А.}$$

Выключателем «ВА47–29 2Р 50 А» отключение аварийного участка в точке КЗ №3 обеспечивается.

Ток однофазного КЗ в точке КЗ №4 определяем по формуле (31):

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 230}{\sqrt{(2 \cdot 304,9 + 386,52)^2 + (2 \cdot 40,99 + 153,57)^2}} = 0,389 \text{ кА.}$$

Уставка электромагнитного расцепителя для автоматического выключателя «ВА47–29 2P 10 А» составляет $I_{ном.э} = 50 \text{ А}$. Производим проверку отключающей способности автоматического выключателя по условию (42):

$$389 \text{ А} > 30 \text{ А.}$$

В точке короткого замыкания № 4 автоматический выключатель «ВА47–29 2P 10А» отключает аварийную секцию. Защита электрических сетей и потребителей обеспечивается токами срабатывания электромагнитных расцепителей всех выбранных автоматических выключателей.

Выводы по разделу

В завершении данного раздела можно подчеркнуть его важность в контексте проектирования электрической инфраструктуры и энергетики для жилого комплекса. Раздел охватывает широкий спектр вопросов, начиная от расчетов нагрузки в квартирах и здании в целом до выбора оборудования и расчета токов короткого замыкания.

Эти этапы необходимы для обеспечения надежной и безопасной электросистемы в жилом комплексе. Выбор правильного оборудования, кабельной инфраструктуры и расчеты нагрузки способствуют оптимизации энергопотребления и соблюдению стандартов электробезопасности.

Успешное выполнение данного раздела обеспечивает фундамент для создания эффективной и надежной электрической системы в жилом комплексе, что является важным аспектом комфортного проживания жильцов и экономической эффективности объекта.

4 Экономическое обоснование проекта

Цена проектируемого объекта является одним из ключевых факторов, который необходимо учитывать при его анализе. Капитальные вложения, которые рассчитываются как сумма принятых ценовых предложений на монтаж определенного электрооборудования и кабельной продукции, определяют стоимость проекта.

Предполагаемая стоимость проекта определяет вероятность его строительства и последующей рентабельности. Выделенный бюджет на строительство накладывает существенные ограничения на проектировщика, и именно исходя из этого на этапе проектирования выбирается оптимальное оборудование по соотношению цена–качество. Учитывая эту информацию, выбор самого дорогого оборудования – не самый лучший вариант.

Окончательная смета проекта определяется с помощью определения капитальных вложений. Необходимо заполнить сметную документацию, в которой отражается общая стоимость строительства. В сметную документацию включаются расчеты денежных вложений в трудовые затраты, а также затраты на оплату труда строителей и других сотрудников, участвующих в проектировании и строительстве объекта.

В настоящее время существует достаточно предприятий, поставляющих то или иное оборудование. Эта реальность приводит к различному выбору ценовых предложений, что, естественно, обесценивает выбранные гаджеты, позволяя выбрать наиболее выгодное предложение по цене и качеству.

«В составленной технической спецификации указаны наименования организации поставляющих выбранную продукцию, марка выбранных аппаратов и установок, ценовое предложение и итоговые капитальные вложения на покупку основных электрооборудований и установок. В техническую спецификацию не включены стоимости установочной продукции, так как выбор и установка данной продукции предоставляется владельцу жилплощади.

Официальные каталоги перечисленных поставщиков предоставили необходимые данные для составления технической спецификации электрооборудования для данного проекта. В таблице 18 приведены сводные расчеты капитальных вложений по проекту» [17].

Таблица 18 – Техническая спецификация проекта

Наименование оборудования и материалов	Марка, обозначение оборудования и материалов	Поставщик	п, шт	Цена единицы с учетом НДС, руб	Цена за партию руб
Панель ВРУ	Индивидуальный заказ	–	–	–	–
Автоматические выключатели	ВА 88–35 (3ф) 250 А	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	2	6480	12960
Электромагнитные контакторы	КТИ 5225 225А 400В	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	2	6722	13445
Многотарифный трехфазный счетчик	ОТАН САР4У–Э712 5А	ТОО «Корпорация Сайман»	1	6480	6480
Трансформатор тока	ТТ–0,66 200\5	ТОО «Светотехника–1»	1	288	288
Распределительная панель	Инд. заказ	–	–	–	–
Автоматические выключатели	ВА 88–32 (3ф) 80А	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	4	1776	7106
Хозяйственная панель	Инд. заказ	–	–	–	–
Автоматические выключатели	ВА 88–32 (3ф) 50А	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	1	1776	1776
Многотарифный трёхфазный счетчик	ДАЛА САР4У–Э721 ТХ IP П RS	ТОО «Корпорация Сайман»	1	2220	2220
Автоматические выключатели с характеристикой «С»	ВА47–29 3Р 10 А	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	7	209	1467
Автоматические выключатели с характеристикой «С»	ВА47–29 3Р 10 А	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	2	215	430
Автоматический выключатель с характеристикой «С»	ВА47–29 2Р 50 А	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	40	203	8128
Многотарифный однофазный счетчик	ОРМАН СО–Э711 ТХ Р PLC IP П RS	ТОО «Корпорация Сайман»	40	2760	110400
УЗО	ВД1–63 2Р 50 А 100 мА	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	40	812	32504
Квартирные электрощиты	ЩРВ–П 8 IP41	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	40	227	9080

Продолжение таблицы 18

Наименование оборудования и материалов	Марка, обозначение оборудования и материалов	Поставщик	п, шт	Цена единицы с учетом НДС, руб	Цена за партию руб
Автоматические выключатели с характеристикой «С»	ВА47–29 2Р 10 А	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	120	114	13680
Автоматические выключатели с характеристикой «С»	ВА47–29 2Р 16 А	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	40	103	4120
УЗО	ВД1–63 2Р 16А 30мА	ТОО «ТД ИЭК КАЗ»	120	555	66648
Кабель силовой сечением:	–	–	–	–	–
4×25 + 1×16	ВВГнг–0,66	ООО "РТК" "Новые Технологии"	120	11,55	1386
5×2,5	ВВГнг–0,66	ООО «РТК» «Новые Технологии»	203	504,4	102393
3×10+1×6	ВВГнг–0,66	ООО «РТК» «Новые Технологии»	467	11,55	5393,85
3×2,5	ВВГнг–0,66	ООО «РТК» «Новые Технологии»	12072	11,55	139431
4×185	ВВГнг–0,66	ООО «РТК» «Новые Технологии»	90	1558	140217
Светильники светодиодные	ARCTIC 218 (SAN/SMC) HF ES1	ООО «МГК «Световые технологии»	68	1750	119000
Светильники светодиодные	AOT.OPL 118HF	ООО «МГК «Световые технологии»	90	2581	232335
Итого		-			836642,9

Выводы по разделу.

Стоимость проекта определяется капитальными вложениями, которые включают в себя цены на электрооборудование и кабельную продукцию. Эти затраты играют ключевую роль в принятии решения о возможности и рентабельности строительства объекта. Оптимальный выбор оборудования и материалов, учитывая соотношение цена–качество, оказывает влияние на предполагаемую стоимость проекта. Техническая спецификация проекта содержит информацию о поставщиках, марках выбранного оборудования, ценовых предложениях и итоговых капитальных вложениях на покупку основного электрооборудования и установок.

5 Электробезопасность

5.1 Система заземления

Для обеспечения защищенного заземления все металлические нетоковедущие части электрооборудования должны быть подключены к защитному проводнику РЕ. Защитный проводник РЕ питающего кабеля соединяется с защитным контактом штепсельных розеток, допущенных к установке. Электрические щиты должны быть оборудованы отдельными шинами заземления РЕ и шинами нулевого провода.

«Электроснабжение здания осуществляется системой TN–C–S, что подразумевает повторное заземление на проектируемом объекте. Повторное заземление решено выполнить горизонтальными заземлителями прокладываемых по периметру здания на уровне 60 см ниже уровня земли и на расстоянии 2 м от фундамента. Выбираем в качестве горизонтального заземлителя стальные полосы сечением 40×4 мм.

Согласно [3], для непроизводственных объектов контролируется сопротивление заземляющего устройства, которое не должно превышать 4 Ом.

Удельное сопротивление грунта определяем по формуле:

$$\rho_{\text{гр}} = K_{\text{сез}} \cdot \rho, \quad (43)$$

где $K_{\text{сез}}$ – сезонный коэффициент принимаемый равным $K_{\text{сез}} = 2,3$;

ρ – удельное сопротивление грунта, принимаемое для III климатической зоны равной $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

$$\rho_{\text{гр}} = 2,3 \cdot 100 = 230 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Определяем сопротивление горизонтального заземлителя по формуле:

$$R_3 = \frac{0,4 \cdot \rho_{\text{гр}}}{L_{\text{п}}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\text{п}}^2}{b \cdot t}, \quad (44)$$

где $L_{\text{п}}$ – длина полосы 118,64 м;

b – ширина полосы, м;

t – уровень прокладывания электрода, м;

$\rho_{\text{гр}}$ – расчетное удельное сопротивление грунта;

$$R_3 = \frac{0,4 \cdot 230}{118,64} \cdot \lg \frac{2 \cdot 118,64^2}{0,4 \cdot 0,6} = 3,85 \text{ Ом.}$$

Полученное значение $R_3=3,85 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$, выбранное заземляющее устройство соответствует требованиям ПУЭ» [18].

5.2 Общие меры безопасности

«Электрический ток – это источник повышенной опасности, так как его невозможно определить, не имея соответствующей аппаратуры. В целях предотвращения поражения электрическим током требуется, обеспечить правильные условия эксплуатации электрооборудования путем исключения возможности случайного или косвенного прикосновения человеком токоведущих частей. В связи с этим, электрооборудования устанавливаются на высоте недоступной для человека без соответствующего приспособления и ограничивают доступ к токоведущим частям» [18].

Электрические щиты должны быть выполнены в виде закрытых шкафов с уникальным диэлектрическим покрытием на корпусе и размещаться в помещениях с определенным назначением. Электрические соединения потребителей электроэнергии и других коммутационных аппаратов должны быть герметично закрыты от случайного прикосновения [27].

«Ремонтные работы должны выполняться в соответствии с правилами изложенных в [3] сотрудниками с соответствующей квалификацией. Согласно с [3], для обеспечения безопасной работы персонала, предусмотрены следующие технологические меры:

– ограниченный доступ к токоведущим частям;

- применение механических и электрических блокировок
- заземление и зануление корпусов электрических установок;
- использование предупредительной сигнализации;
- использование всевозможных средств защиты;
- соблюдение правил безопасности труда.

Во время подготовки рабочего места вместе с отключением питания ремонтируемого участка, должны быть выполнены следующие меры:

- выполнены все меры по недопущению непроизвольного включения ремонтируемого оборудования или отрезка сети;
- на механических и автоматических блокировках коммутационных аппаратов вывешены предупреждающие и запрещающие замыкать контакты данных аппаратов плакаты, приводящих к появлению напряжения на ремонтируемом участке;
- произведена проверка на предмет отсутствия напряжения на концах ремонтируемого участка цепи или оборудования;
- ремонтируемый участок заземлен. Мероприятия по организации безопасности работ в электроустановках:
- назначение работ нарядом, перечнем работ или распоряжением, в порядке текущей эксплуатации;
- надзор за выполняемыми работами на электроустановках» [19].

Выводы по разделу

В завершении данного раздела, посвященного электробезопасности, следует подчеркнуть его важность в проекте. Система заземления играет фундаментальную роль в предотвращении рисков, связанных с электроопасностью, и обеспечивает безопасность при работе с электрооборудованием.

Общие меры безопасности, включая соблюдение правил техники безопасности и использование соответствующей защитной экипировки, также имеют критическое значение для уменьшения рисков и обеспечения безопасной эксплуатации электрооборудования.

В итоге обеспечение электробезопасности является неотъемлемой частью проектирования и строительства объекта, и это обеспечивает как надежность, так и безопасность для персонала и будущих жильцов жилого комплекса.

Важно подчеркнуть, что электробезопасность не является просто формальной частью процесса. Она имеет реальное значение для сохранения жизни и здоровья людей, работающих с электрооборудованием, а также для защиты имущества от возможных аварий и инцидентов, связанных с электрическими системами.

Проектирование системы заземления требует серьезных расчетов и обоснованных решений. Это обеспечивает стабильность системы, устойчивость к перенапряжениям и снижает риск поражения электрическим током в случае нештатных ситуаций.

Все эти аспекты в совокупности обеспечивают эффективную электробезопасность и создают условия для безопасной эксплуатации электрооборудования в жилом комплексе.

Заключение

«В период урбанизации населения появляется необходимость в развитии отрасли строительства многоэтажных жилых зданий и методов проектирования систем электроснабжения. Внедрение автоматизированных систем и расширение спектра используемого электрооборудования привели к росту сложности систем электроснабжения, что влияет на применимость исследований по проблеме проектирования систем электроснабжения жилых зданий» [18].

«В данной выпускной квалифицированной работе нами был выполнен проект системы электроснабжения жилого комплекса. Разработка проекта велась в три этапа:

- предварительное проектирование;
- разработка технического задания;
- эскизное проектирование.

На этапе предварительного проектирования были изучены типовые проекты систем электроснабжения жилых зданий, а также технические условия нормативно–технической градостроительной документации» [5]. После анализа изученных материалов было разработано техническое задание. В процессе разработки технического задания мы собрали предварительную информацию о задачах и целях проекта. Перед нами стояли следующие задачи:

- расчет нагрузок жилого здания;
- выбор оптимального электрооборудования;
- построение схем электроснабжения;
- определение капитальных вложений проекта;
- составление мер общей безопасности эксплуатации системы.

«Проблемы, с которыми мы столкнулись при проектировании систем электроснабжения жилых зданий, были осознаны нами в процессе написания выпускной квалифицированной работы:

- недостаточность специализированной технической литературы в области современного электроснабжения и электрооборудования жилых и общественных зданий;
- соблюдение большого количества требований нормативно–технических документов;
- объем производимых расчетов при проектировании жилых зданий сравнительно больше, чем для производственных объектов.» [14]

Сложность разработки систем электроснабжения жилых зданий, безусловно, обусловлена вышеперечисленными проблемами. Большая часть имеющейся на сегодняшний день технической литературы по данной тематике была написана в советское время, что объясняет ее несоответствие современным стандартам. По нашему мнению, существует острая необходимость в создании профессиональной литературы по данной тематике, отвечающей всем стандартам и современным реалиям. Это значительно облегчило бы процесс обучения и подготовки специалистов в области проектирования электроснабжения жилых и общественных зданий.

В заключение следует подчеркнуть, что данная тема является отличительной, поскольку написание выпускной квалификационной работы (ВКР) было непосредственно связано с обработкой значительного количества данных, касающихся международных стандартов и законов, соблюдение которых является обязательным. Изучение нормативно–технической документации, работа со справочными материалами, соблюдение стандартов – все это является частью процесса выполнения прямых обязанностей, которые должен выполнять каждый инженер.

Список используемых источников

1. Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Альзаккар А., Низамиев М.Ф., Шумихина О.А. Прогнозирование и анализ электропотребления и потерь электроэнергии на промышленных объектах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т.24. № 6.
2. Антонов Н. В., Евдокимов М. Ю., Чичеров Е. А. Проблемы в оценке региональной дифференциации потребления электроэнергии в бытовом секторе России // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2019. № 4.
3. Внутренние электросети в зданиях [Электронный ресурс] URL: <https://energy-systems.ru/main-articles/proektirovanie-elektriki/4229-vnutrennee-elektrosnabzhenie-zdanij> (дата обращения: 17.10.2023 г)
4. ГОСТ Р 52735–2007 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ». Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837777.pdf> (дата обращения: 16.10.2023 г)
5. Грачева Е.И., Алимова А.Н. Возможные погрешности расчетов потерь электроэнергии в цеховых промышленных сетях // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 11–12.
6. Гуртовцев А.Е. Оптические трансформаторы и преобразователи тока. Принципы работы, устройство, характеристики // Новости Электротехники. 2019. №5.
7. Дугогасящие реакторы 6–35 кВ. Техническая информация от компании ООО «Энерган». (г. Санкт-Петербург) URL: <https://www.ege-energan.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/dugogasyashhie-katushki-petersona-6-35-kvt/> (дата обращения: 20.10.2023 г)

8. Злобина И.Г., Казакова Е.Ю., Шестакова Л.А. Электрические станции и подстанции: учебное пособие к выполнению курсового проекта. Чебоксары: ЧГУ. 2018. 361 с.

9. Иванов А.В., Колчин Т.В. Методическое пособие по расчету систем оперативного тока, собственных нужд, заземляющих устройств и молниезащиты подстанций 35 кВ и выше. Н. Новгород: НГТУ. 2020. 287 с.

10. Илюшин П.В. Тыквинский А.М. Особенности обеспечения надёжного электроснабжения промышленных потребителей в изолированных энергосистемах // Вестник КГЭУ. 2019. Т. 11. № 1(41).

11. Министерство энергетики Российской Федерации. Энергоэффективное освещение [Электронный ресурс] URL: <https://minenergo.gov.ru/node/7112> (дата обращения: 20.10.2023 г)

12. Министерство энергетики Российской Федерации. Проект энергостратегии российской федерации на период до 2035 года (редакция от 01.02.2017) [Электронный ресурс] URL: <http://minenergo.gov.ru/>.(дата обращения: 20.10.2023 г)

13. О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: постановление Правительства РФ от 22.05.2022 г № 963 [Электронный ресурс] URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205310025> (дата обращения: 20.10.2023 г)

14. О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений: Приказ Министерства регионального развития РФ от 17.11.2017 г № 1550/пр [Электронный ресурс] URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=310353> (дата обращения: 10.10.2023 г)

15. Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: постановление Правительства РФ от 2020 г № 2,

ст.190 [Электронный ресурс] URL: <https://base.garant.ru/402864796/> (дата обращения: 12.10.2023 г)

16. Об энергосбережении о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон Российской Федерации от 26 июля 2019 г. № 241–ФЗ. [Электронный ресурс] URL: <http://pravo.gov.ru/> (дата обращения: 06.10.2023 г)

17. Пат. 193659, Российская Федерация, МПК F24F 7/00. Вентиляционное устройство / А.С. Климов, Г.П. Кузема и др.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО СФУ. – №2019124219; заявл. 25.07.2019; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 32.

18. Руководство по эксплуатации: Шкаф микропроцессорной защиты и автоматики трансформатора 110–220 кВ типа «Бреслер ШТ» [Электронный ресурс] URL: <http://naladka.by/documents/PZA/%C2%F1%E5%20%F2%E8%EF%FB%20%F8%EA%E0%F4%EE%E2%20%C1%F0%E5%F1%EB%E5%F0.pdf> (дата обращения: 11.09.2023 г)

19. Руководство пользователю компании АBB – кабельные системы с изоляцией из сшитого полиэтилена [Электронный ресурс] URL: <https://library.e.abb.com/public/b1321ac559db401ab26cc3f99d0120c3/Manual-Giude-SafeRing&SafePlus%2012-24%20kV-2012.pdf> (дата обращения: 20.09.2023 г)

20. Синенко Л.С. Учебное пособие к практическим занятиям. Красноярск: ИПУ СФУ 2019. 146 с.

21. Синягин Н.Н. Система планово-предупредительного ремонта оборудования и сетей промышленной энергетики. URL: https://www.studmed.ru/sinyagin-nn-afanasev-aa-novikov-sa-sistema-planovo-predupreditelnogo-remonta-oborudovaniya-i-setey_422661ca840.html (дата обращения: 04.09.2023 г)

22. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., и др. Энергосберегающие решения в распределительных электрических сетях на

основе анализа их фактических нагрузок, Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 5 (62).

23. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Солуянов Д.Ю., и др. Актуализация электрических нагрузок многоквартирных жилых домов, Вестник Чувашского университета. 2020. №1.

24. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин В.И., и др. Исследование электрических нагрузок многоквартирных жилых комплексов в период распространения новой коронавирусной инфекции // Вопросы электротехнологии. 2021. № 2 (31).

25. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения URL: <https://ru.djvu.online/file/zOtsUc8Y0yEft> (дата обращения: 22.09.2023 г)

26. Ledva G.S., Mathieu J.L., Separating Feeder Demand into Components Using Substation, Feeder, and Smart Meter Measurements // IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 11, iss. 4, 2020, Accession Number: 19710011, pp.3280–3290.

27. Paula Carroll, Tadhg Murphy, Michale Hanley, Daniel Dempsey, John Dunne, Household Classification Using Smart Meter Data // Journal of official statistics vol. 2018. V. 34 N.1. pp. 1–25.

28. Paula Carroll, Tadhg Murphy, Michale Hanley, Daniel Dempsey, John Dunne, Household Classification Using Smart Meter Data // Journal of official statistics vol. 2018. V. 34 N.1. pp. 1–25.

29. Semenov A.S., Semenova M.N., Bebikhov Y.V. Development of universal mathematical model of electrical power supply system of area of industrial enterprise // International Russian Automation Conference (RusAutoCon), IEEE, 2019. P. 1–5.

30. Soluyanov Y.I., Fedotov A.I., Ahmetshin A.R., Calculation of electrical loads of residential and public buildings based on actual data, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. V. 643.

31. Soluyanov YI., Fedotov AI., Soluyanov D.Y., et al. Experimental research of electrical loads in residential and public buildings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. V. 860.