

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения строящегося жилого комплекса
«Восточный» в г. Салехард

Студент

А.А. Ситников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., О.В. Самолина

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

Тольятти 2021

Аннотация

Выпускная квалифицированная работа 47 страниц., 10 рисунков, 8 таблиц, 28 источников.

Ключевые слова: жилой комплекс, жилой дом, проект, электроснабжение, разработка, схема, нагрузка, мощность, электрооборудование, линия, кабель, надежность, безопасность.

Объект исследования: строящийся жилой комплекс «Восточный» в г. Салехард.

Предмет исследования: вопросы проектирования системы электроснабжения жилого комплекса.

Цель работы: разработка проекта системы электроснабжения ЖК в соответствии с данными проектной документации и требованиями действующих нормативно-технических документов.

Содержание ВКР включает в себя следующие вопросы: общее описание жилого комплекса «Восточный», исходные данные на проектирование; определение расчетных нагрузок жилых домов и освещения территории; компенсация реактивной мощности и расчет нагрузок жилого комплекса в целом; выбор силовых трансформаторов КТПН; расчет питающей линии 10 кВ до КТПН; расчет питающих линий 0,4 кВ до жилых домов; расчет распределительной сети жилых домов; расчет токов короткого замыкания, проверка выбранного электрооборудования; охрана труда, безопасность и экологичность проекта.

Содержание

Введение	4
1 Общее описание ЖК «Восточный», исходные данные на проектирование ..	6
1.1 Общее описание ЖК «Восточный»	6
1.2 Исходные данные на проектирование.....	7
2 Проектирование системы электроснабжения ЖК.....	11
2.1 Определение расчетных нагрузок МЖД и освещения территории.....	11
2.2 Компенсация реактивной мощности и расчет нагрузок ЖК в целом....	16
2.3 Выбор силовых трансформаторов КТПН	17
2.4 Расчет питающей линии 10 кВ до КТПН	18
2.5 Расчет питающих линий 0,4 кВ до МЖД.....	19
2.6 Расчет распределительной сети МЖД	21
2.7 Расчет токов короткого замыкания, проверка выбранного электрооборудования	25
3 Охрана труда, безопасность и охрана окружающей среды	35
3.1 Организация охраны труда при электромонтажных работах	35
3.2 Система заземления КТПН 10/0,4 кВ.....	36
3.3 Охрана окружающей среды	39
Заключение	41
Список используемых источников.....	42
Приложение А. План освещения территории ЖК.....	45
Приложение Б. Компоновка КТПН 10/0,4 кВ.....	46
Приложение В. План силовой распределительной сети этажной секции МЖД	47

Введение

В данной работе выполняется проектирование системы электроснабжения строящегося жилого комплекса «Восточный» в г. Салехард.

Актуальность темы обусловлена тем, что постоянно производится постройка и ввод в эксплуатацию жилых комплексов и многоэтажных жилых домов, для которых необходимо выполнять качественные проекты систем электроснабжения в соответствии с актуальными требованиями. «Электроустановки современных зданий представляющие собой сложные системы, предъявляют постепенно повышающиеся требования к надежности электроснабжения, и должны отвечать требованиям наименьших затрат на их сооружение, удобство эксплуатации» [2]. Таким образом, очевидно, что данная тема ВКР и рассматриваемые вопросы являются важными и актуальными.

Объект исследования: строящийся жилой комплекс «Восточный» в г. Салехард.

Предмет исследования: вопросы проектирования системы электроснабжения жилого комплекса.

Цель работы: разработка проекта системы электроснабжения ЖК в соответствии с данными проектной документации и требованиями действующих нормативно-технических документов.

Задачи работы:

- привести общее описание ЖК «Восточный», систематизировать исходные данные на проектирование;
- определить расчетные нагрузки МЖД и освещения территории ЖК;
- рассмотреть компенсацию реактивной мощности, выполнить расчет нагрузок ЖК в целом;
- выбрать силовые трансформаторы КТПН;
- провести расчет питающей линии 10 кВ до КТПН;

- составить план прокладки кабельных линий по территории ЖК;
- составить план системы освещения территории ЖК;
- провести расчет питающих линий 0,4 кВ до МЖД;
- провести расчет распределительной сети МЖД;
- выбрать современное электрооборудование;
- провести расчет токов короткого замыкания, проверку выбранного электрооборудования;
- рассмотреть обеспечение охраны труда, безопасности и охраны окружающей среды.

В процессе работы были использованы эмпирические и комплексно комбинированные методы исследования, а именно: изучение проектно-строительной и нормативно-технической документации и информационных материалов; анализ и синтез; аналитико-расчётный.

1 Общее описание ЖК «Восточный», исходные данные на проектирование

1.1 Общее описание ЖК «Восточный»

Жилой комплекс (ЖК) «Восточный» – это планируемый к постройке современный ЖК, состоящий из четырех однотипных монолитно-кирпичных многоэтажных жилых домов (МЖД). Этажность МЖД – 9 этажей, в каждом имеется по два современных лифта. ЖК «Восточный» планируется к постройке в восточной части г. Салехард, в северной части МКР «Брусничный». Постройка ЖК «Восточный» позволит обеспечить актуальные нужды жильцов г. Салехард в приобретении относительно недорогого (ввиду удаленности от центра города) жилья комфорт-класса. В состав МЖД входят квартиры-студии, одно-, двух- и трехкомнатные квартиры, вспомогательные и подсобные помещения [7].

Подъездные пути к ЖК будут обеспечиваться с помощью двух автодорог, соединенными с транспортной сетью МКР «Брусничный».

Освещение территории ЖК предполагается выполнить на основе современных энергоэффективных светодиодных светильников с автоматизированным управлением на основе программируемых реле с датчиками присутствия и интенсивности освещения. Основную часть светильников предполагается установить на опорах вдоль автодорог. Также на фасадах МЖД будут установлены дополнительные светильники для обеспечения надлежащего уровня освещенности удаленной от автодорог территории ЖК [7].

Далее, проанализировав проектно-строительную документацию [7], систематизируем и подготовим исходные данные для дальнейшего расчета системы электроснабжения (СЭС) ЖК.

1.2 Исходные данные на проектирование

План ЖК «Восточный» с расположением зданий и места установки питающей подстанции показан на рисунке 1.

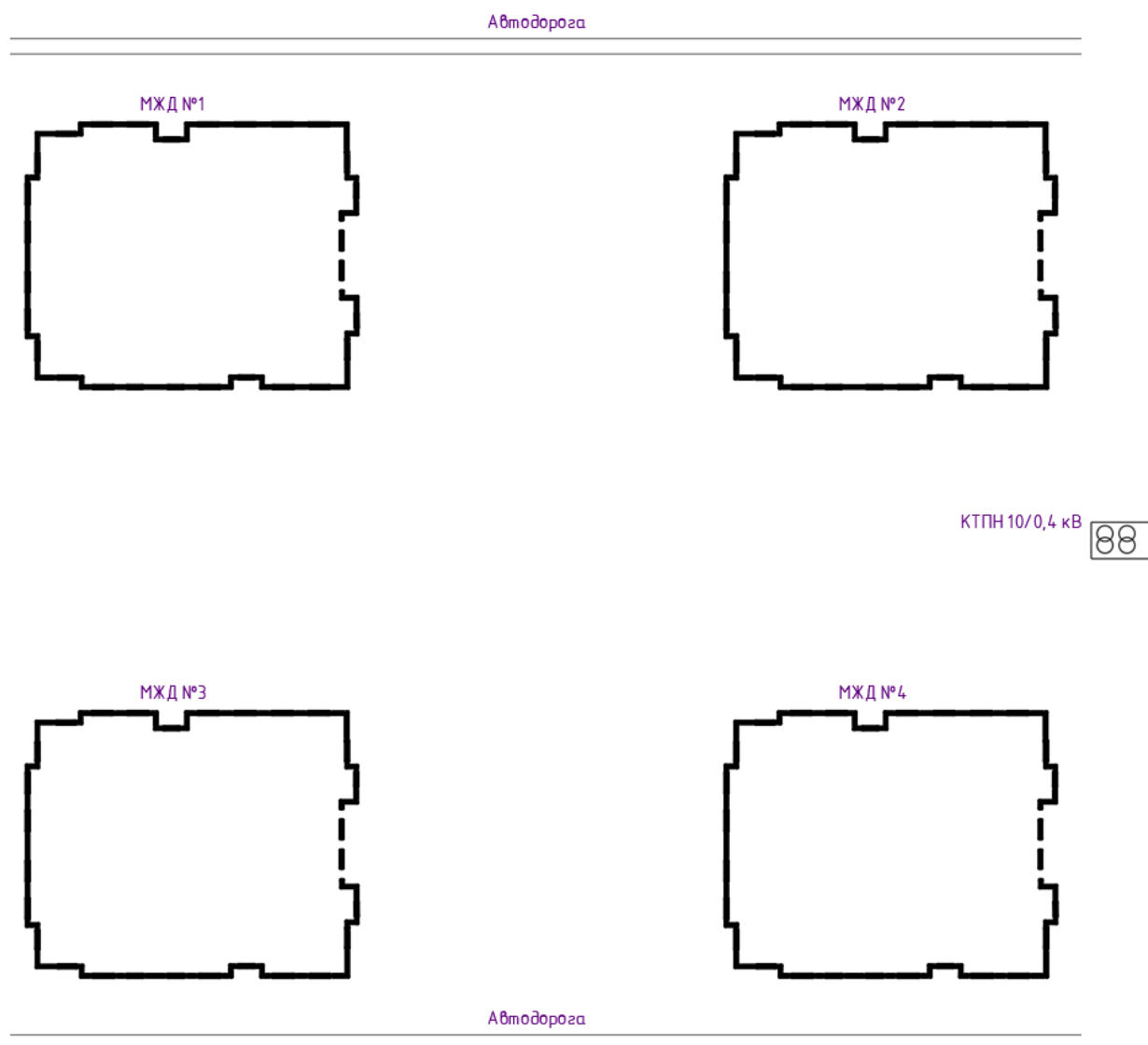


Рисунок 1 – План ЖК «Восточный»

МЖД будут питаться по кабельным линиям (КЛ) 0,4 кВ от КТПН 10/0,4 кВ, расположение которой указано на рисунке 1. На первых этажах МЖД в щитовых расположены главные распределительные щиты (ГРЩ), на последующих этажах расположены этажные распределительные пункты

(РП), обеспечивающие питание всех потребителей электроэнергии (помещений) данного этажа. В состав МЖД входят девять однотипных этажных секций (ЭС) план которых показан на рисунке 2.

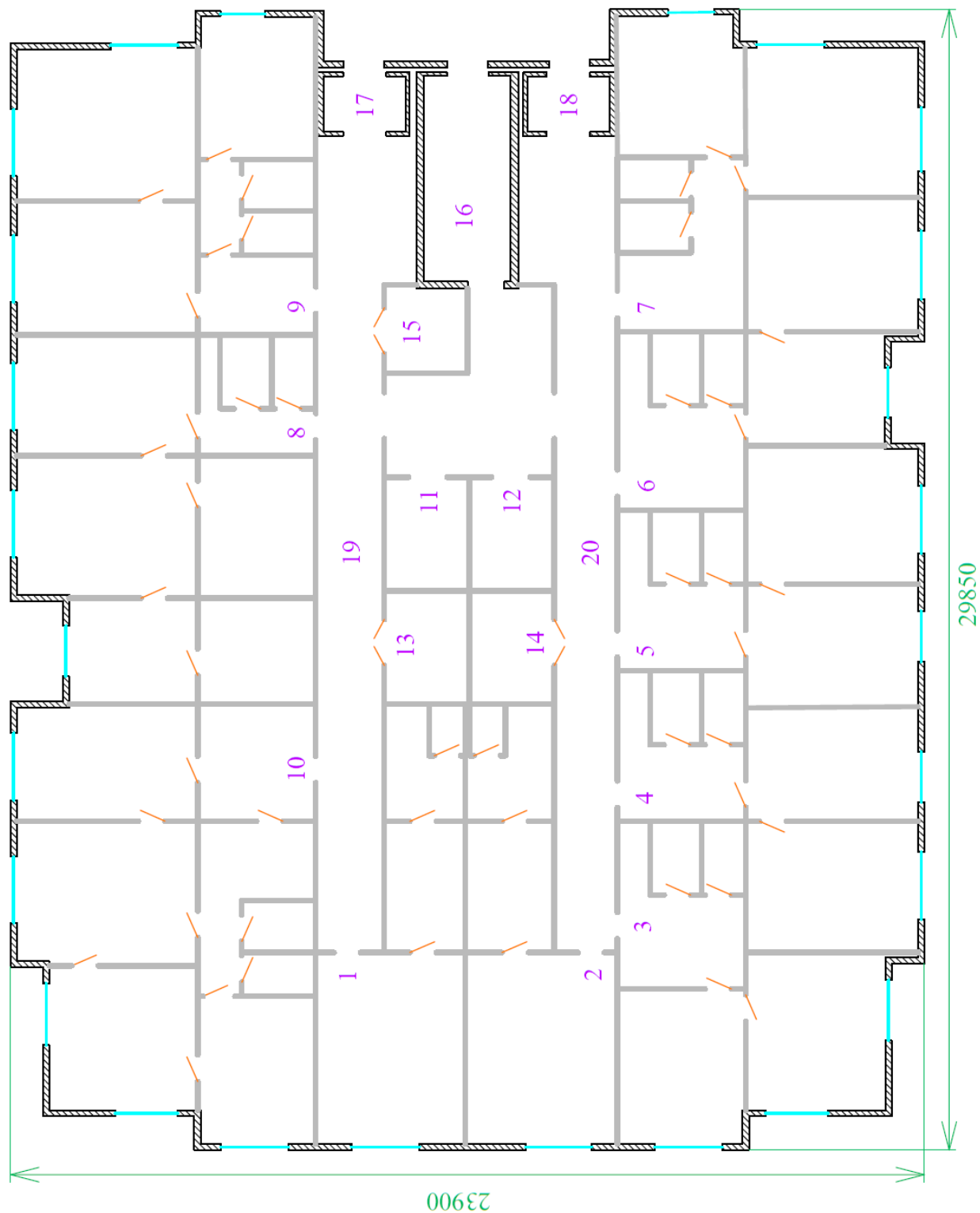


Рисунок 2 – План этажной секции МЖД

Электрические нагрузки помещений одной ЭС, коэффициенты спроса и мощности нагрузок сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Электрические нагрузки помещений одной этажной секции

Обозн.	Объект	Руст, кВт	Кс	cosφ
1	Студия	13,5	0,51	0,96
2	Студия	13,5	0,51	0,96
3	1-комн. кв.	16	0,49	0,96
4	1-комн. кв.	16	0,49	0,96
5	1-комн. кв.	16	0,49	0,96
6	1-комн. кв.	16	0,49	0,96
7	1-комн. кв.	16	0,49	0,96
8	2-комн. кв.	20	0,44	0,96
9	2-комн. кв.	20	0,44	0,96
10	3-комн. кв.	24	0,41	0,96
11	Шахта лифта	1,1	0,25	0,92
12	Шахта лифта	1,1	0,25	0,92
13	Подсобка	4,1	0,14	0,97
14	Подсобка	1,1	0,14	0,97
15	Щитовая	20,8	0,55	0,82
16	Лестничная площадка	2,9	0,1	0,92
17	Тамбур	2,5	0,1	0,92
18	Тамбур	2,5	0,1	0,92
19	Проходная	2,9	0,1	0,92
20	Проходная	2,9	0,1	0,92
ΣРП	Итого по РП этажному	212,9	0,444	0,94

«Нагрузки щитовой учитывают общедомовые (вентиляция, насосы и т.д.). На ЭС последнего этажа имеется две лифтовые силовые: $P_{уст}=7,2$ кВт; $K_c=0,75$; $\cos\varphi=0,81$ » [7].

Так как в здании имеются лифты, в целом МЖД относятся ко 2 категории надежности электроснабжения [14]. В составе электрических нагрузок МЖД, ко 2 категории относятся следующие помещения:

- шахты лифтов;
- лифтовые силовые;
- щитовая.

Остальные помещения, включая квартиры, относятся к 3 категории.

Питание КТПН 10/0,4 кВ будет осуществляться от РУ 10 кВ МКР «Брусничный», расстояние до КТПН составит 1,05 км [7].

Согласно проектной документации «необходимо обеспечить индивидуальное питание каждого МЖД от КТПН (для возможности индивидуального отключения при ремонтных и наладочных работах, точной и селективной работы аппаратов защиты). Также в распределительной сети этажных секций МЖД необходимо обеспечить индивидуальное питание всех помещений и квартир» [7]. «Распределительную сеть внутри МЖД необходимо выполнить с системой нейтрали TN-C-S, обеспечивающей повышенный уровень электробезопасности и эффективную работу устройств защитного отключения (УЗО). Также требуется выбрать современные УЗО для обеспечения пожаробезопасности и электробезопасности при эксплуатации СЭС МЖД» [7].

Далее по приведенным исходным данным выполняется проектирование системы электроснабжения ЖК.

Вывод по разделу.

Приведено общее описание ЖК «Восточный», систематизированы исходные данные на проектирование. Также приведены основные требования к проектированию СЭС ЖК согласно требованиям нормативных документов и проектной документации.

2 Проектирование системы электроснабжения ЖК

«Основой для выполнения электротехнической части проекта здания является план этажной секции и технические условия на присоединение потребителей к электрическим сетям (установленные мощности энергопотребления для квартир, нагрузки коммунально-бытовых общедомовых потребителей, коэффициенты мощности и коэффициенты мощности спроса нагрузок, категоричность электроприемников по обеспечению надежности электроснабжения и т.д.). При проектировании системы электроснабжения должны быть определены расчетные электрические нагрузки каждого из участков и суммарная нагрузка, подключаемая к этажному распределительному пункту (РП). В первом случае это необходимо для выбора сечения линий электропередачи, питающих участки и выбора аппаратов защиты, во втором – для определения суммарной мощности, распределяемой в главный распределительный щит (ГРЩ) на вводе в здание и выбора силового электрооборудования. По результатам расчетов выбирается оборудование системы электроснабжения МЖД, далее проводится расчет токов короткого замыкания и проводится проверка выбранного электрооборудования и кабельных линий по допустимым параметрам» [2].

2.1 Определение расчетных нагрузок МЖД и освещения территории

Проведем расчет электрических нагрузок МЖД. Рассмотрим пример расчета для квартиры-студии.

«Расчетные нагрузки помещений определяются с помощью коэффициентов спроса (K_c). Расчетные мощности помещений рассчитываются по формулам» [2]:

$$P_p = K_c \cdot P_{уст}, \quad (1)$$

где K_c – «коэффициент спроса активной мощности для данного помещения» [2];

$P_{уст}$ – «установленная мощность активных нагрузок для данного помещения, кВт» [2].

$$P_p = 13,5 \cdot 0,51 = 6,885 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2)$$

$$Q_p = 6,885 \cdot 0,292 = 2,008 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (3)$$

$$S_p = \sqrt{6,885^2 + 2,008^2} = 7,172 \text{ кВА}.$$

Расчеты нагрузок всех помещений этажной секции аналогичны, результаты расчетов нагрузок для этажных секций и МЖД в целом сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет нагрузок помещений для этажных секций и МЖД в целом

Обозн.	Объект	P _{уст} , кВт	K _c	cosφ	tgφ	Расчетные нагрузки		
						P _p , кВА	Q _p , квар	S _p , кВА
1	Студия	13,5	0,51	0,96	0,292	6,885	2,008	7,172
2	Студия	13,5	0,51	0,96	0,292	6,885	2,008	7,172
3	1-комн. кв.	16	0,49	0,96	0,292	7,840	2,287	8,167
4	1-комн. кв.	16	0,49	0,96	0,292	7,840	2,287	8,167
5	1-комн. кв.	16	0,49	0,96	0,292	7,840	2,287	8,167
6	1-комн. кв.	16	0,49	0,96	0,292	7,840	2,287	8,167
7	1-комн. кв.	16	0,49	0,96	0,292	7,840	2,287	8,167
8	2-комн. кв.	20	0,44	0,96	0,292	8,800	2,567	9,167
9	2-комн. кв.	20	0,44	0,96	0,292	8,800	2,567	9,167

Продолжение таблицы 2

Обозн.	Объект	Р _{уст} , кВт	K _с	cosφ	tgφ	Расчетные нагрузки		
						P _p , кВА	Q _p , квар	S _p , кВА
10	3-комн. кв.	24	0,41	0,96	0,292	9,840	2,870	10,250
11	Шахта лифта	1,1	0,25	0,92	0,426	0,275	0,117	0,299
12	Шахта лифта	1,1	0,25	0,92	0,426	0,275	0,117	0,299
13	Подсобка	4,1	0,14	0,97	0,251	0,574	0,144	0,592
14	Подсобка	1,1	0,14	0,97	0,251	0,154	0,039	0,159
15	Щитовая	20,8	0,55	0,82	0,698	11,440	7,985	13,951
16	Лестничная площадка	2,9	0,1	0,92	0,426	0,290	0,124	0,315
17	Тамбур	2,5	0,1	0,92	0,426	0,250	0,106	0,272
18	Тамбур	2,5	0,1	0,92	0,426	0,250	0,106	0,272
19	Проходная	2,9	0,1	0,92	0,426	0,290	0,124	0,315
20	Проходная	2,9	0,1	0,92	0,426	0,290	0,124	0,315
∑РП	Итого по РП этажному	212,9	0,444	0,94	0,363	94,498	32,438	99,911

Расчетные мощности лифтовых силовых:

$$P_{p.l} = 7,2 \cdot 0,75 = 5,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.l} = 5,4 \cdot 0,724 = 3,91 \text{ квар};$$

$$S_{p.l} = \sqrt{5,4^2 + 3,91^2} = 6,667 \text{ кВА}.$$

«Суммарная активная нагрузка для всего здания составит» [2]:

$$\sum P_p = P_{p.секции} \cdot n_{эт} \cdot K_o + n_{лифтов} \cdot P_{p.l}, \quad (4)$$

где $P_{p.секции}$ – «расчетная активная мощность одной этажной секции, кВт» [2];

$n_{эт}$ – «число этажей, шт» [2];

K_o – «коэффициент одновременности нагрузок МЖД (согласно справочным данным, в зависимости от числа квартир)» [2];

$n_{\text{лифтов}}$ – «число лифтов, шт» [2];

$P_{\text{р.л}}$ – «расчетная мощность электропривода лифтов, кВт» [2].

$$\sum P_p = 94,468 \cdot 9 \cdot 0,4 + 2 \cdot 5,4 = 350,993 \text{ кВт};$$

«Суммарная реактивная нагрузка для всего здания составит» [2]:

$$\sum Q_p = Q_{\text{р.секции}} \cdot n_{\text{эт}} \cdot K_o + n_{\text{лифтов}} \cdot Q_{\text{р.л}}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{р.л}}$ – «расчетная мощность электропривода лифтов» [2].

$$\sum Q_p = 32,438 \cdot 9 \cdot 0,4 + 2 \cdot 3,91 = 124,598 \text{ квар};$$

«Суммарная полная нагрузка для всего здания составит» [2]:

$$\sum S_p = \sqrt{\sum P_p^2 + \sum Q_p^2}, \quad (6)$$

$$\sum S_p = \sqrt{350,993^2 + 124,598^2} = 372,452 \text{ кВА}.$$

«Расчет нагрузки освещения территории проводится по удельной мощности и площади. Для территории жилых районов, при использовании светодиодного освещения, нормативное значение удельной мощности освещения: $P_{\text{уд.}} = 0,1 \text{ Вт / м}^2$ » [16].

«Расчетная активная мощность освещения территории района» [16]:

$$P_{\text{ро}} = P_{\text{уд}} \cdot F, \quad (7)$$

где F – «площадь территории района, м^2 » [16].

$$P_{po} = P_{уд} \cdot F, \quad (8)$$

$$P_{po} = 0,1 \cdot 10680 = 1068 \text{ Вт} = 1,068 \text{ кВт.}$$

В системе освещения используем светодиодные светильники ДКУ-95/11400.

«Требуемое число светильников для освещения территории определяется исходя из расчетной активной мощности системы внешнего освещения» [1]:

$$N = \frac{P_{po}}{P_{св}}, \text{ шт.}, \quad (9)$$

где $P_{св}$ – «паспортная активная мощность одного светильника, кВт» [1].

$$N = \frac{1,068}{0,095} \approx 12 \text{ шт.}$$

В системе освещения используем 12 светодиодных светильников ДКУ-95/11400, установленных на опорах ОГКл-9 вдоль автодорог и ОГКл-6 в отдалении от дорог. План освещения территории ЖК показан на рисунке А.1, Приложение А.

Итого расчетные мощности освещения территории:

$$P'_{po} = 12 \cdot 0,095 = 1,14 \text{ кВт};$$

$$Q'_{po} = 1,14 \cdot 0,426 = 0,486 \text{ квар};$$

$$S'_{po} = \sqrt{1,14^2 + 0,486^2} = 1,239 \text{ кВА.}$$

Согласно плану освещения территории ЖК, на фасаде каждого МЖД будет размещено по одному светильнику для освещения территории ЖК, таким образом, расчетные нагрузки каждого МЖД составят:

$$P_{\text{МЖД}} = 350,993 + 0,095 = 351,088 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{МЖД}} = 124,598 + 0,04 = 124,638 \text{ квар};$$

$$S_{\text{МЖД}} = \sqrt{351,088^2 + 124,638^2} = 372,555 \text{ кВА}.$$

2.2 Компенсация реактивной мощности и расчет нагрузок ЖК в целом

«Требуется рассмотреть необходимость установки устройств компенсации реактивной мощности (РМ) в ГРЩ зданий для повышения энергоэффективности и снижения потерь электроэнергии в питающей сети. Требуемая мощность компенсирующих устройств» [8,26]:

$$Q_{\text{кy}} = \alpha \cdot P_{\text{p}} \cdot (\text{tg}\varphi - \text{tg}\varphi_{\text{к}}), \quad (10)$$

где $\alpha = 0,9$ – «поправочный коэффициент учитывающий повышение $\cos\varphi$ естественным способом» [8];

P_{p} – «активная расчетная мощность нагрузки, кВт» [8];

$\text{tg}\varphi$ – «тангенс угла φ нагрузки до компенсации РМ» [8];

$\text{tg}\varphi_{\text{к}} = 0,33$ – «нормативный тангенс угла φ после компенсации (соответствует нормативному значению $\cos\varphi_{\text{к}} = 0,95$)» [8].

$$Q_{\text{кy}} = 0,9 \cdot 351,088 \cdot (0,355 - 0,33) = 7,9 \text{ квар}$$

Принимаем к установке в ГРЩ МЖД по две установки АУКРМ-0,4-5 мощностью по 5 квар (по одной на секцию шин 0,4 кВ).

Расчетные нагрузки каждого МЖД после КРМ составят:

$$P'_{\text{МЖД}} = 351,088 \text{ кВт};$$

$$Q'_{\text{МЖД}} = 124,638 - 10 = 114,638 \text{ квар};$$

$$S'_{\text{МЖД}} = \sqrt{351,088^2 + 114,638^2} = 369,33 \text{ кВА.}$$

Итого расчетные нагрузки всего ЖК с учетом числа МЖД и освещения территории:

$$P_{\text{ЖК}} = 4 \cdot 351,088 + 8 \cdot 0,095 = 1405,111 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ЖК}} = 4 \cdot 114,638 + 8 \cdot 0,04 = 458,876 \text{ квар};$$

$$S_{\text{ЖК}} = \sqrt{1405,111^2 + 458,876^2} = 1478,142 \text{ кВА.}$$

2.3 Выбор силовых трансформаторов КТПН

Для электроснабжения ЖК выбираем современную ТП марки 2КТПН-10/0,4 с двумя силовыми трансформаторами, т.к. МЖД в целом относятся ко 2 категории надежности электроснабжения.

«Оптимальная мощность силовых трансформаторов» [9]:

$$S_0 = \frac{S_{\text{ЖК}}}{\beta \cdot N}, \text{ кВА,} \quad (11)$$

где β – «нормативный коэффициент загрузки трансформатора» [9];

N – «количество трансформаторов, шт» [9];

S_p – «расчетная нагрузка потребителей, кВА» [9].

$$S_o = \frac{1478,142}{0,7 \cdot 2} = 1034,7 \text{ кВА}$$

Устанавливаются два трансформатора ТМГ12-1250/10.

«Коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме» [18]:

$$K_3 = \frac{S_{ЖК}}{S_{н.т.} \cdot N}, \quad (12)$$

$$K_3 = \frac{1478,142}{1250 \cdot 2} = 0,59$$

«Коэффициент аварийной перегрузки трансформатора» [18]:

$$K_n = \frac{S_{ЖК}}{S_{н.т.}}, \quad (13)$$

$$K_n = \frac{1478,142}{1250} = 1,18 \leq 1,4$$

Послеаварийная перегрузка составит 18 %, что менее допустимой 40 % [3,4,11]. Компоновка КТПН показана на рисунке Б.1, Приложение Б.

2.4 Расчет питающей линии 10 кВ до КТПН

Питание КТПН 10/0,4 кВ будет осуществляться от РУ 10 кВ МКР «Брусничный», расстояние до КТПН составит 1,05 км [7].

«Расчетный рабочий ток питающей линии, 3 фазы» [22]:

$$I_p = S_p / (\sqrt{3} \cdot U_n \cdot n), \text{ А}, \quad (14)$$

где n – «число цепей, шт» [22].

$$I_p = 1478,142 / (\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2) = 42,67 \text{ А}.$$

«Экономическое сечение» [17]:

$$F_{\text{ЭК}} = I_p / j_{\text{ЭК}}, \text{ мм}^2, \quad (15)$$

где $j_{\text{эк}}$ – «экономическая плотность тока, А/мм²» [17].

$$F_{\text{эк}} = 42,67 / 1,4 = 30,5 \text{ мм}^2.$$

Выбирается кабель АПВБП-3х35, $I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}$ [21].

Ток послеаварийного режима:

$$I_{\text{ав}} = 1478,142 / (\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1) = 85,341 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}.$$

«Потери напряжения в линии» [19]:

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100}{U_{\text{н}}} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \quad (16)$$

где I_p – «расчетный ток линии, А» [19];

L – «длина линии, км» [19];

r_0 и x_0 – «удельные активное и индуктивное сопротивления кабелей, Ом/км» [19];

$\cos \varphi$ – «усредненный коэффициент мощности нагрузки» [19].

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 85,341 \cdot 1,05 \cdot 100}{10000} (0,89 \cdot 0,951 + 0,095 \cdot 0,31) = 0,34 \%$$

«Потери не должны превышать допустимые 5%» [6,10,14]. Выбранный кабель проходит проверку.

2.5 Расчет питающих линий 0,4 кВ до МЖД

Согласно проектной документации «необходимо обеспечить индивидуальное питание каждого МЖД от КТПН (для возможности

индивидуального отключения при ремонтных и наладочных работах, точной и селективной работы аппаратов защиты)» [7,12].

План прокладки КЛ 0,4 кВ по территории ЖК показан на рисунке 3.

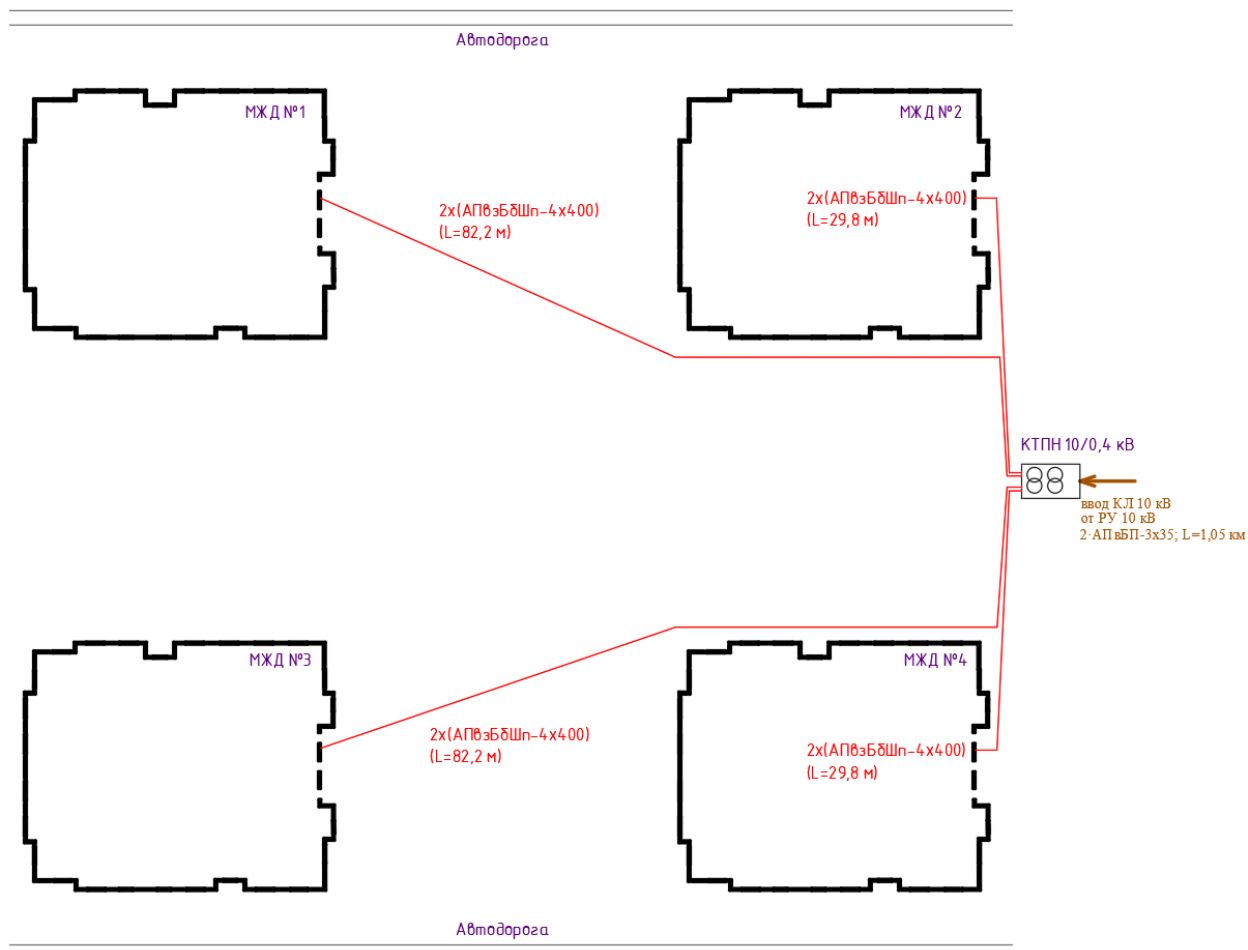


Рисунок 3 – План прокладки КЛ 0,4 кВ по территории ЖК

Для КЛ 0,4 кВ от КТПН до МЖД выбираем современные кабели марки АПвзБбШп.

«Расчетный рабочий ток питающей линии» [17]:

$$I_p = 369,33 / (\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2) = 266,541 \text{ А.}$$

Ток послеаварийного режима:

$$I_{ав} = 369,33 / (\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1) = 533,082 \text{ А}$$

Выбираем кабели АПвзБбШп-4·400, $I_{доп} = 540 \text{ А}$ [14].

Проверку по потерям напряжения проведем для наиболее протяженной КЛ:

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot 533,082 \cdot 0,082 \cdot 100}{400} (0,07 \cdot 0,951 + 0,081 \cdot 0,31) = 0,43 \%$$

Выбранный кабель проходит проверку.

2.6 Расчет распределительной сети МЖД

Согласно проектной документации «в распределительной сети этажных секций МЖД необходимо обеспечить индивидуальное питание всех помещений и квартир» [7].

План силовой распределительной сети этажной секции МЖД показан на рисунке В.1, Приложение В.

От питающей КТПН необходимо запитать вводной главный распределительный щит (ГРЩ), который находится в щитовой 1-ого этажа. Далее от ГРЩ будут запитаны РП этажных секций, от которых питаются распределительные щитки марки ЩРН, от которых питаются все потребители и освещение помещений.

Линии питания участков 2-ой категории надежности выполняются двухцепными; 3-ей категории – одноцепными. ГРЩ выбираются марки Импульс-630, этажные РП – марки ПР-11. Выбираем распределительные щитки серии ЩРН 6 и ЩРН 12. Принимаем современные кабели марки ВВГнг-LS. «Прокладка кабелей к РП проводится в легких металлических

коробах для защиты от механических повреждений, все корпуса соединяются с заземляющим устройством» [7].

Рассмотрим линию питания студии (№1 на плане этажной секции).

«Расчетный рабочий ток питающей линии, 1 фаза» [17]:

$$I_p = S_p / \cdot U_n, \quad (17)$$

$$I_p = 14,063 / 0,23 = 61,14 \text{ А.}$$

Выбираем кабель ВВГнг-LS-3·10; $I_{доп} = 80 \text{ А}$ [14]. Проверка по потерям напряжения («индуктивным сопротивлением проводов в сети до 1 кВ пренебрегаем» [23]):

$$\Delta U_{л} = \frac{61,14 \cdot 24,54 \cdot 100}{230} (0,00184 \cdot 0,96 + 0 \cdot 0,28) = 0,418 \%$$

Выбранный кабель проходит проверку.

Выбор и проверка остальных кабелей распределительной сети МЖД аналогичны, результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Выбор и проверка кабелей распределительной сети МЖД

Участок	I_p , А	Кабель	$I_{доп}$, А	r_0 , Ом/м	L, м	r, Ом	ΔU , %
1	61,14	ВВГнг-LS-3·10	80	0,00184	24,54	0,04515	0,418
2	61,14	ВВГнг-LS-3·10	80	0,00184	26,48	0,04873	0,451
3	72,46	ВВГнг-LS-3·10	80	0,00184	26,18	0,04818	0,529
4	72,46	ВВГнг-LS-3·10	80	0,00184	21,65	0,03984	0,437
5	72,46	ВВГнг-LS-3·10	80	0,00184	16,48	0,03032	0,333
6	72,46	ВВГнг-LS-3·10	80	0,00184	10,94	0,02014	0,221
7	72,46	ВВГнг-LS-3·10	80	0,00184	7,30	0,01344	0,148

Продолжение таблицы 3

Участок	I_p , А	Кабель	Идоп, А	r_0 , Ом/м	L, м	r, Ом	ΔU , %
8	90,58	ВВГнг-LS-3·16	100	0,00115	9,53	0,01096	0,150
9	90,58	ВВГнг-LS-3·16	100	0,00115	5,74	0,00661	0,091
10	108,70	ВВГнг-LS-2·25+1·16	140	0,00074	19,07	0,01411	0,232
11	5,20	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	6,83	0,05025	0,040
12	5,20	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	7,13	0,05249	0,041
13	18,38	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	13,04	0,09599	0,267
14	4,93	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	15,08	0,11096	0,083
15	36,61	ВВГнг-LS-5·6	50	0,00370	1,30	0,00482	0,015
16	13,71	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	0,55	0,00402	0,008
17	11,81	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	8,13	0,05981	0,107
18	11,81	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	9,98	0,07349	0,132
19	13,71	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	1,81	0,01335	0,028
20	13,71	ВВГнг-LS-3·2,5	30	0,00736	3,57	0,02628	0,055
ΣРП этажа	144,21	ВВГнг-LS-4·35+1·25	170	0,00052	3,70	0,00192	0,073
Лифт 1	13,51	ВВГнг-LS-5·2,5	30	0,00736	76,83	0,56545	1,410
Лифт 2	13,51	ВВГнг-LS-5·2,5	30	0,00736	77,13	0,56769	1,415

«Для защиты линий распределительной сети 0,4 кВ требуется выбрать автоматические выключатели. Условия выбора автоматических выключателей» [20]:

- «номинальное напряжение аппарата должно соответствовать напряжению сети, либо превышать его» [20]:

$$U_{\text{ном}} \geq U_c, \text{ В.} \quad (18)$$

- «ток уставки теплового расцепителя должен превышать ток нагрузки» [20]:

$$I_{т.р.} > I_p, \text{ А.} \quad (19)$$

- «отстройка уставки теплового расцепителя от номинального тока нагрузки» [20]:

$$I_{т.р.} > 1,1 \cdot I_p, \text{ А.} \quad (20)$$

Например, для защиты линии к студии (№1 на плане этажной секции) выбираем автомат ВА-47-100 на номинальный ток 80 А:

$$U_{ном} = 230 \geq 230 \text{ В;}$$

$$I_{т.р.} = 80 > 1,1 \cdot 61,14 = 67,2 \text{ А;}$$

Для остальных линий распределительной сети МЖД выбор автоматов аналогичен, результаты сведены в таблице 4.

Таблица 4 – Выбор автоматических выключателей распределительной сети МЖД

Участок	$I_p, \text{ А}$	$1,1 \cdot I_p, \text{ А}$	Выключатель	$I_{ном}, \text{ А}$
1	61,141	67,255	ВА-47-100	80
2	61,141	67,255	ВА-47-100	80
3	72,464	79,710	ВА-47-100	80
4	72,464	79,710	ВА-47-100	80
5	72,464	79,710	ВА-47-100	80
6	72,464	79,710	ВА-47-100	80
7	72,464	79,710	ВА-47-100	80
8	90,580	99,638	ВА-47-100	100
9	90,580	99,638	ВА-47-100	100
10	108,696	119,565	ВА-47-100	160
11	5,198	5,718	ВА-47-29	6
12	5,198	5,718	ВА-47-29	6

Продолжение таблицы 4

Участок	I_p, A	$1,1 \cdot I_p, A$	Выключатель	$I_{ном}, A$
13	18,377	20,215	ВА-47-29	25
14	4,931	5,424	ВА-47-29	6
15	36,614	40,275	ВА-47-29	50
16	13,705	15,076	ВА-47-29	16
17	11,815	12,996	ВА-47-29	13
18	11,815	12,996	ВА-47-29	13
19	13,705	15,076	ВА-47-29	16
20	13,705	15,076	ВА-47-29	16
Σ РП этажа	144,213	158,634	ВА-52-39	160

2.7 Расчет токов короткого замыкания, проверка выбранного электрооборудования

В данном случае параметры расчета токов КЗ для всех МЖД одинаковы (за исключением длин питающих КЛ от КТПН до МЖД). Так как длины питающих КЛ от КТПН до МЖД различаются незначительно и, в целом очень мало влияют на результаты расчетов, то проведем расчет токов КЗ только для МЖД №1 (согласно плану на рисунке 3).

«Исходными для расчета являются принятый вариант схемы электроснабжения, выбранные к установке кабели. Составляется эквивалентная схема замещения, куда вносятся только элементы сети, значимо влияющие на величину токов короткого замыкания, наносятся точки КЗ. Для рассчитываемой сети до 1 кВ индуктивные сопротивления проводов не учитываются» [15].

Полное сопротивление трансформатора питающей ТП:

$$Z_T = \Delta U_k / 100 \cdot U_{ВН}^2 / S_n, \quad (21)$$

где ΔU_k – «потери напряжения КЗ трансформатора ТП, %» [28].

$$Z_r = 6 / 100 \cdot 10^2 / 1,25 = 4,8 \text{ Ом} = 4800 \text{ мОм.}$$

Приводим сопротивление трансформатора к напряжению 0,4 кВ:

$$Z'_r = 4800 \cdot \frac{0,4}{10} = 192 \text{ мОм}$$

Рассмотрим расчет токов КЗ для секции первого и последнего этажей. На рисунке 4 представлена схема замещения сети для вычисляемых токов КЗ различных участков 1-ого этажа здания.

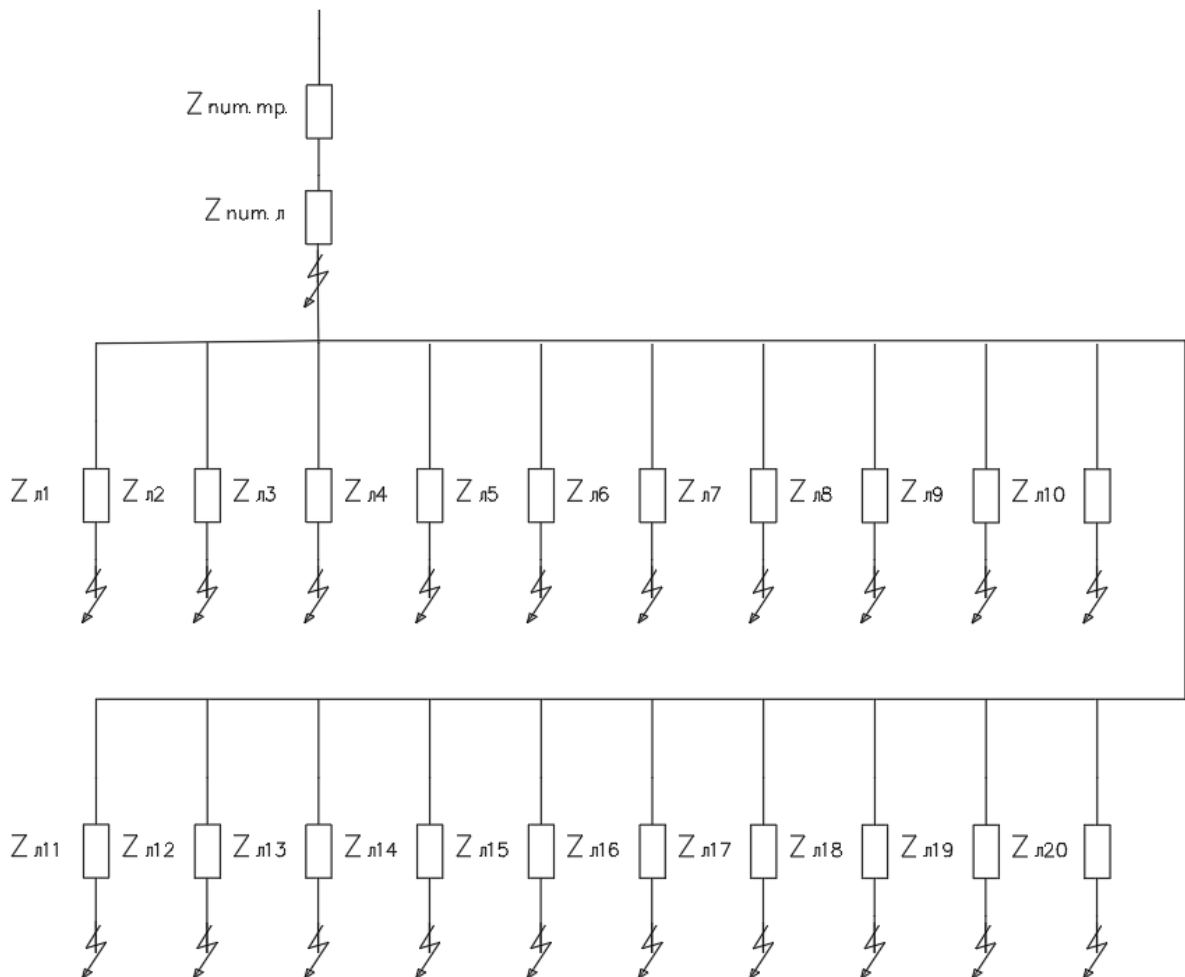


Рисунок 4 – Схема замещения сети для вычисляемых токов КЗ различных участков 1-ого этажа здания.

Для расчетов токов КЗ на последнем этаже необходимо учесть сопротивление линии от ГРЩ до РП последнего этажа. Схема замещения примет следующий вид (рисунок 5).

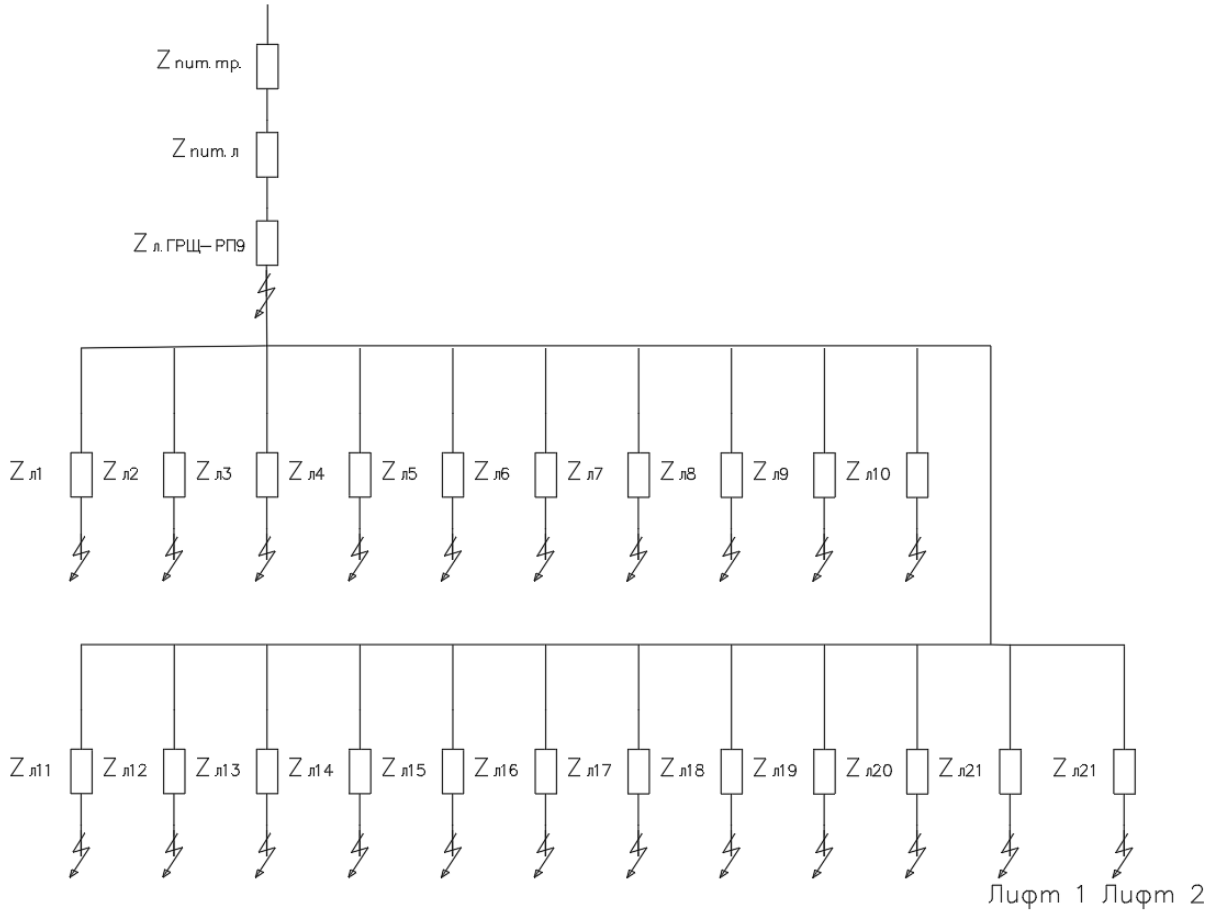


Рисунок 5 – Схема замещения сети для вычисляемых токов КЗ различных участков последнего этажа здания.

Параметры КЛ для этажных секций сведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры КЛ для этажных секций

Участок	L, м	R'(0,4), мОм
1	24,54	45,154
2	26,48	48,727
3	26,18	48,180

Продолжение таблицы 5

Участок	L, м	R'(0,4), мОм
4	21,65	39,842
5	16,48	30,323
6	10,94	20,137
7	7,30	13,440
8	9,53	10,963
9	5,74	6,605
10	19,07	14,110
11	6,83	50,249
12	7,13	52,486
13	13,04	95,988
14	15,08	110,964
15	1,30	4,819
16	0,55	4,022
17	8,13	59,812
18	9,98	73,489
19	1,81	13,353
20	3,57	26,278
Σ РП этажа	3,70	1,925

«Переходное сопротивление контактов учитывается добавкой активного сопротивления равной 15 мОм» [15].

В качестве примера рассчитаем участок ГРЩ - этажная щитовая (№15).

Эквивалентное сопротивление цепи, с учетом переходного сопротивления, сопротивления трансформаторов питающей ТП и сопротивления питающей линии до ГРЩ:

$$Z_{\Sigma} = 4,819 + 192 + 1,918 + 15 = 213,737 \text{ мОм}$$

«Периодическая слагающая тока трехфазного КЗ» [15]:

$$I'' = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z}, \quad (22)$$

где U_c – «среднее напряжение в точке КЗ, В» [15].

$$I'' = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 213,737} = 1,081 \text{ кА}$$

«Ударный ток КЗ (с учетом апериодической составляющей)» [15]:

$$I_y = I'' \sqrt{1 + 2(k_y - 1)^2}, \quad (23)$$

где k_y – «ударный коэффициент, равный 1,3 для сети до 1 кВ» [15].

$$I_y = 1,081 \cdot \sqrt{1 + 2(1,3 - 1)^2} = 1,174 \text{ кА}$$

«Ток двухфазного КЗ определяется по формуле» [15]:

$$I_{\text{кз}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I'', \quad (24)$$

$$I_{\text{кз}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,081 = 0,936 \text{ кА}$$

Расчет токов КЗ для других участков аналогичен, результаты показаны в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет токов КЗ для секции первого этажа

место КЗ	$Z_{\text{сум}}$, мОм	I'' , кА	I_y , кА	$I^{(2)}_{\text{кз}}$, кА
1	254,072	0,909	0,987	-
2	257,645	0,896	0,974	-
3	257,098	0,898	0,976	-
4	248,760	0,928	1,008	-
5	239,241	0,965	1,049	-
6	229,055	1,008	1,095	-
7	222,358	1,039	1,128	-
8	219,881	1,050	1,141	-
9	215,523	1,072	1,164	-
10	223,028	1,036	1,125	-
11	259,167	0,891	0,968	-
12	261,404	0,883	0,960	-
13	304,906	0,757	0,823	-
14	319,882	0,722	0,784	-
15	213,737	1,081	1,174	0,936
16	212,940	1,085	1,178	-
17	268,730	0,859	0,934	-
18	282,407	0,818	0,888	-
19	222,271	1,039	1,129	-
20	235,196	0,982	1,067	-
Σ РП этажа	208,918	1,105	1,201	0,957
Ввод в ГРЩ	207,000	1,116	1,212	0,966

Для секции последнего этажа расчет аналогичен, результаты сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчет токов КЗ для секции последнего этажа

место КЗ	Z _{сум} , мОм	I", кА	I _y , кА	I ⁽²⁾ _{кз} , кА
1	283,736	0,814	0,884	-
2	287,309	0,804	0,873	-
3	286,762	0,805	0,875	-
4	278,424	0,829	0,901	-
5	268,905	0,859	0,933	-
6	258,719	0,893	0,970	-
7	252,022	0,916	0,995	-
8	249,545	0,925	1,005	-
9	245,187	0,942	1,023	-
10	252,692	0,914	0,993	-
11	288,831	0,800	0,869	-
12	291,068	0,793	0,862	-
13	334,570	0,690	0,750	-
14	349,546	0,661	0,718	-
15	243,401	0,949	1,031	0,822
16	242,604	0,952	1,034	-
17	298,394	0,774	0,841	-
18	312,071	0,740	0,804	-
19	251,935	0,917	0,996	-
20	264,860	0,872	0,947	-
∑РП этажа	238,582	0,968	1,052	0,838

«Необходимо провести проверку выбранного электрооборудования по токам КЗ» [18].

Автоматические выключатели проверяют:

а) «на надежность срабатывания, согласно условию» [18]:

$$I_{кз}^{(min)} \geq 3 \cdot I_{т.р.}, \quad (25)$$

где $I_{кз}^{(min)}$ – «наименьший ток КЗ, кА» [18];

$I_{т.р.}$ – «номинальный ток теплового расцепителя, кА» [18].

б) «на отключающую способность, согласно условию» [18]:

$$I_{отк} \geq \sqrt{2} \cdot I_{кз}^{(3)}, \quad (26)$$

где $I_{отк}$ – «ток отключения автомата, кА» [18];

$I_{кз}^{(3)}$ – «трехфазный ток КЗ в установившемся режиме, кА» [18].

«Проверку автоматов достаточно провести для характерных линий электроснабжения, с наименьшими токами КЗ по первому условию, и наибольшими токами КЗ по второму» [18,24,25].

Проверка автоматов секции 1-ого этажа.

По первому условию: для помещения №14, по (25):

$$0,722 \geq 3 \cdot 0,008 \text{ кА}$$

Условие выполняется.

По второму условию номинальный ток отключения автоматов серии ВА составляет 20 кА. Максимальный ударный ток же равен 1,212 кА. То есть условие выполняется.

Проверка автоматов секции последнего этажа.

По первому условию: для помещения №14, по (25):

$$0,661 \geq 3 \cdot 0,008 \text{ кА}$$

Условие выполняется.

По второму условию номинальный ток отключения автоматов серии ВА составляет 20 кА. Максимальный ударный ток же равен 1,052 кА. То есть условие выполняется.

«Минимальное термически стойкое к току КЗ сечение жил кабеля определяется исходя из соотношения» [2]:

$$S \geq I_{\text{кз}}^{(3)} / c \cdot \sqrt{t}, \quad (27)$$

где c – «термический коэффициент материала жил» [2];

$I_{\text{кз}}^{(3)}$ – «трехфазный ток КЗ в установившемся режиме, А» [2];

t – «приведенное время действия тока КЗ, принимается равным 0,03 с для третьей ступени электроснабжения (после ЩРН включительно); 0,1 с для второй (ГРЩ здания и после него)» [2].

Рассмотрим пример проверки кабелей для секции 1-ого этажа как с наибольшими токами КЗ. Рассмотрим участок ГРЩ – помещение 1 секции первого этажа.

$$S \geq (909 / 165) \cdot \sqrt{0,03} = 0,95 \text{ мм}^2$$

Следовательно, принятое сечение 10 мм² приемлемо.

Проверка термической стойкости других линий выполняется аналогично, результаты сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Проверка кабельных линий на термическую стойкость

Участок	Кабель	$I_{\text{кз}}^{(3)}$, кА	Стер, мм ²	t, с
1	ВВГнг-LS-3·10	0,909	0,95	0,03
2	ВВГнг-LS-3·10	0,896	0,94	0,03
3	ВВГнг-LS-3·10	0,898	0,94	0,03

Продолжение таблицы 8

Участок	Кабель	Ikз ⁽³⁾ , кА	Стер, мм ²	t, с
4	ВВГнг-LS-3·10	0,928	0,97	0,03
5	ВВГнг-LS-3·10	0,965	1,01	0,03
6	ВВГнг-LS-3·10	1,008	1,06	0,03
7	ВВГнг-LS-3·10	1,039	1,09	0,03
8	ВВГнг-LS-3·16	1,050	1,10	0,03
9	ВВГнг-LS-3·16	1,072	1,12	0,03
10	ВВГнг-LS-2·25+1·16	1,036	1,09	0,03
11	ВВГнг-LS-3·2,5	0,891	0,94	0,03
12	ВВГнг-LS-3·2,5	0,883	0,93	0,03
13	ВВГнг-LS-3·2,5	0,757	0,80	0,03
14	ВВГнг-LS-3·2,5	0,722	0,76	0,03
15	ВВГнг-LS-5·6	1,081	1,13	0,03
16	ВВГнг-LS-3·2,5	1,085	1,14	0,03
17	ВВГнг-LS-3·2,5	0,859	0,90	0,03
18	ВВГнг-LS-3·2,5	0,818	0,86	0,03
19	ВВГнг-LS-3·2,5	1,039	1,09	0,03
20	ВВГнг-LS-3·2,5	0,982	1,03	0,03

По результатам проверки линии оставляем без изменений.

Вывод по разделу.

Определены расчетные нагрузки МЖД и освещения территории, с учетом КРМ рассчитаны нагрузки ЖК в целом. Выбраны и проверены по допустимой загрузке силовые трансформаторы КТПН. Составлены планы прокладки кабелей; рассчитаны питающие линии до КТПН и МЖД, распределительной сети МЖД; выбраны кабели, проведена проверка линий по допустимым потерям напряжения. Проведены расчет токов КЗ, проверка выбранного электрооборудования по допустимым параметрам.

3 Охрана труда, безопасность и охрана окружающей среды

3.1 Организация охраны труда при электромонтажных работах

«Обеспечение ОТ при проведении электромонтажных работ осуществляется организационными и техническими мероприятиями. В целом за организацию и обеспечение охраны труда отвечает специальная служба охраны труда (СОТ), являющаяся самостоятельным структурным подразделением предприятия. Персонал СОТ включает штат специалистов по ОТ во главе с руководителем службы. Для обеспечения безопасности технологического процесса в первую очередь необходимо проводить инструктажи и проверки по работе с оборудованием и использованию СИЗ» [12]. Образец информационного плаката по средствам защиты в электроустановках приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Образец информационного плаката по средствам защиты в электроустановках

«В целом охрана труда (ОТ) и техника безопасности (ТБ) при монтаже, эксплуатации, обслуживании, ремонте системы электроснабжения обеспечиваются согласно действующему ГОСТ 12.0.004-2015» [28].

3.2 Система заземления КТПН 10/0,4 кВ

Расчет заземления КТПН 10/0,4 кВ.

«Максимально допустимое сопротивление со стороны 0,4 кВ $R_3=4$ Ом» [5,14]. «Удельное сопротивление грунта для вертикальных (ВЭ) и горизонтальных (ГЭ) электродов определяется по формуле» [17]:

$$\rho_p = \rho \cdot K_c, \quad (28)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта (известняк), 2000 Ом · м;

K_c – «коэффициент сезонности» [17].

$$\rho_{pв} = 2000 \cdot 1,1 = 2200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_{pг} = 2000 \cdot 1,4 = 2800 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

«Используем контурное заземление. Для ВЭ используем угловую сталь 50x50 мм, для ГЭ используем полосовую сталь 50x5 мм» [17].

«Сопротивление растеканию для одного ВЭ определяется по формуле» [17]:

$$R_{овэ} = \frac{\rho_{pв}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right] \quad (29)$$

где l – «длина ВЭ, м» [17];

d – «приведенный диаметр ВЭ, м» [17];

t – «расстояние от поверхности до центра ВЭ, м» [17].

$$d = 0,95 \cdot b, \quad (30)$$

где b – ширина уголка, м.

Сопротивление растеканию для одного ВЭ:

$$d = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ м}$$

$$t = 3/2 + 0,8 = 2,3 \text{ м}$$

$$R_{\text{огэ}} = \frac{2200}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3}{0,0475} \right) + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) \right] = 60,962 \text{ Ом}$$

«Расчетное число ВЭ» [17]:

$$n' = R_{\text{огэ}} / R_n \quad (31)$$

где $R_n = 4$ Ом – наибольшее допустимое сопротивление заземления, Ом.

$$n' = 60,962 / 4 = 15,2 \approx 16 \text{ шт}$$

«Длина ГЭ определяется по формуле» [17]:

$$l_z = 1,05 \cdot a \cdot n' \quad (32)$$

где a – расстояние между ВЭ, м.

$$a = l_{\text{пер}} / n' \quad (33)$$

где $l_{\text{пер}}$ – периметр здания ТП, м.

$$l_{\text{пер}} = 2 \cdot (9,3 + 7) = 32,6 \text{ м}$$

$$a = 32,6 / 16 = 2,04 \text{ м}$$

$$l_z = 1,05 \cdot 2,04 \cdot 16 = 34,27 \text{ м}$$

«Сопротивление растеканию ГЭ» [17]:

$$R_{23} = \frac{\rho_{pe}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{l^2}{d \cdot t}\right) \quad (34)$$

где l – «длина ГЭ, м» [17];

d – «расчетный диаметр ГЭ, м» [17];

t – «расстояние от поверхности до центра ГЭ, м» [17].

$$d = 0,5 \cdot b, \quad (35)$$

где b – ширина полосы, м.

Сопротивление растеканию для ГЭ:

$$d = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ м}$$

$$t = 0,05 / 2 + 0,8 = 0,825 \text{ м}$$

$$R_{23} = \frac{2800}{2 \cdot 3,14 \cdot 34,27} \cdot \ln\left(\frac{34,27^2}{0,025 \cdot 0,825}\right) = 2,757 \text{ Ом}$$

Эквивалентное сопротивление группового заземлителя:

$$R_{zp} = \frac{R_{063} \cdot R_{23}}{R_{063} \cdot \eta_6 \cdot n + R_{23} \cdot \eta_2} \quad (36)$$

где η_6 – «коэффициент использования ВЭ» [17];

η_2 – «коэффициент использования ГЭ» [17].

$$R_{zp} = \frac{60,962 \cdot 2,757}{60,962 \cdot 0,51 \cdot 16 + 2,757 \cdot 0,3} = 3,792 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Схема контура заземления ТП показана на рисунке 7.

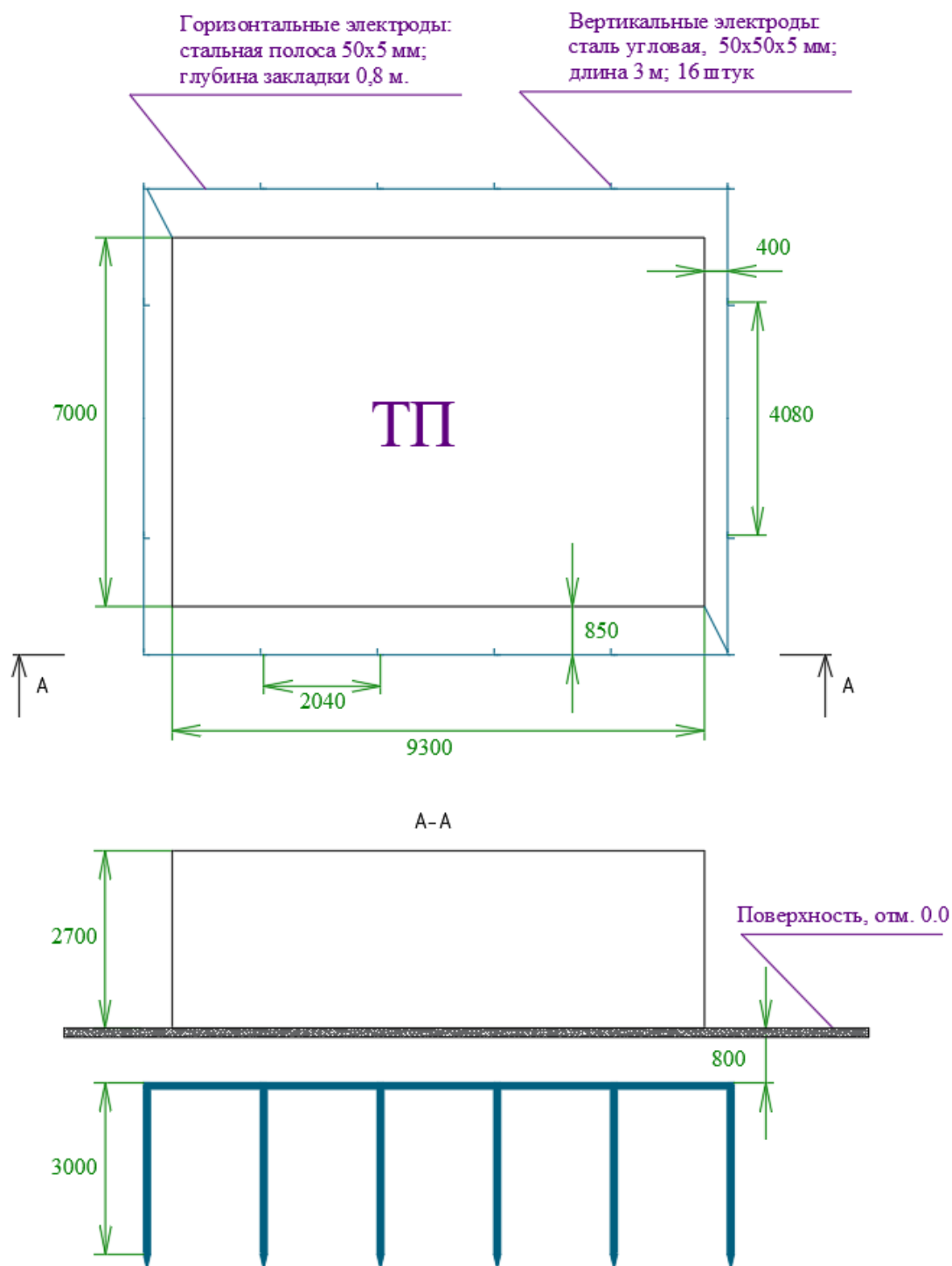


Рисунок 7 – Схема контура заземления ТП

3.3 Охрана окружающей среды

«Охрана окружающей среды имеет большое значение при проектировании, монтаже, эксплуатации, обслуживании, ремонте и работе

любой системы электроснабжения или электроустановки. Электрическая часть СЭС жилых районов также должна проектироваться, эксплуатироваться и ремонтироваться с условиями причинения наименьшего ущерба окружающей среде» [22,24,25,26,27]. ГОСТ Р 54906-2012 «устанавливает нормы выбора оборудования и технических решений с условиями причинения наименьшего ущерба окружающей среде» [28].

Технические решения разработанного проекта СЭС ЖК «Восточный», обуславливающие максимальную экологичность:

- выбор современных экологичных марок электрооборудования;
- эффективную компенсацию реактивной мощности в соответствии с актуальными нагрузками;
- использование современной системы нейтрали распределительной сети TN-C-S и противопожарных УЗО.

«При монтаже СЭС в целом используются современные изоляционные материалы (термоусадка, изолированные колпачки СИЗ и т.д.). Монтаж системы электроснабжения выполняется с помощью современных инструментов и оборудования, минимизирующих негативное воздействие на окружающую среду: при приготовлении траншей под кабельные линии используется микроэкскаватор; при нагреве термоусадки применяется экологичная газовая горелка; применяется пылеотсос при штроблении стен и т.д. В целом, охрана окружающей среды при монтаже, эксплуатации, обслуживании, ремонте и работе системы электроснабжения в соответствии с действующими нормативными документами обеспечивает достаточный уровень экологической безопасности» [24,27,28].

Вывод по разделу.

Рассмотрена организация ОТ и обеспечение ТБ при электромонтажных работах. Спроектирована система заземления КТПН 10/0,4 кВ, составлена схема контура заземления. Рассмотрено обеспечение охраны окружающей среды при проектировании, монтаже, эксплуатации, обслуживании, ремонте и работе разработанной СЭС жилого комплекса.

Заключение

Произведена разработка проекта системы электроснабжения строящегося жилого комплекса «Восточный» в г. Салехард. Рассмотрены следующие вопросы и решены следующие задачи:

- приведено общее описание ЖК «Восточный», систематизированы исходные данные на проектирование;
- определены расчетные нагрузки МЖД и освещения территории ЖК;
- рассчитана компенсация реактивной мощности на шинах 0,4 кВ ГРЩ жилых домов, выбраны компенсирующие устройства, выполнен расчет нагрузок ЖК в целом;
- выбраны силовые трансформаторы КТПН, выбрана КТПН современной марки 2КТПН-10/0,4;
- проведен расчет питающей линии 10 кВ до КТПН;
- составлен план прокладки кабельных линий по территории ЖК;
- составлен план системы освещения территории ЖК;
- проведен расчет питающих линий 0,4 кВ до МЖД;
- проведен расчет распределительной сети МЖД;
- выбрано современное электрооборудование системы электроснабжения ЖК;
- проведены расчет токов короткого замыкания, проверка выбранного электрооборудования системы электроснабжения ЖК в рабочих, аварийных и послеаварийных режимах;
- рассмотрено обеспечение охраны труда, безопасности и охраны окружающей среды при монтаже, эксплуатации, обслуживании, ремонте и работе системы электроснабжения ЖК, рассчитан контур заземления КТПН.

Предлагаемый проект системы электроснабжения ЖК соответствует всем современным требованиям по надежности электроснабжения и безопасности эксплуатации, задачи работы выполнены в полно объеме, цель написания ВКР достигнута.

Список используемых источников

1. Ананичева С. С. Проектирование электрических сетей : учебное пособие. Екатеринбург : Изд. УрФу, 2018. 164 с.
2. Анчарова, Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. 416 с.
3. Бохан, А. Н. Проектирование подстанций систем электроснабжения : учеб. пособие. Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. 311 с.
4. ГОСТ 14209-85. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. М. : Энергия, 2018. 39 с.
5. ГОСТ 12.1.030-81 (2001) ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. М. : Энергия, 2018. 66 с.
6. Дубинский Г. Н. Наладка устройств электроснабжения напряжением свыше 1000 В. М. : Солон-Пресс, 2017. 416 с.
7. Кудрин Б. И. Электроснабжение. М. : Academia, 2017. 352 с.
8. Кудрин Б. И. Электроснабжение потребителей и режимы: учебное пособие. М. : МЭИ, 2016. 412 с
9. Куско А. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии. М. : Додэка XXI, 2016. 336 с.
10. Миллер Г. Р. Автоматизация в системах электроснабжения. М. : Государственное энергетическое издательство, 2016. 176 с.
11. Можяева С. В. Экономика энергетического производства : учебное пособие. СПб. : Издательство «Лань», 2018. 208 с., ил.
12. Охрана труда в энергетике: Учебник для техникумов ; под ред. Князевского Б. А. М. : Энергопромиздат, 2017. 376 с.
13. Проектная документация. Жилой комплекс «Восточный» г. Салехард. Салехард, 2021. 229 с.
14. Правила устройства электроустановок, издание 7. М. : Энергия, 2021. 648 с.

15. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М. : Энергия, 2018. 69 с.
16. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2020. 30 с.
17. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения. М. : Лань, 2018. 480 с.
18. Хорольский В. Я. Надежность электроснабжения. М. : Форум, Инфра-М, 2017. 128 с.
19. Хорольский В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения. М. : Дрофа, 2016. 288 с.
20. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. М. : Форум, Инфра-М, 2017. 216 с.
21. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. М. : Форум, Инфра-М, 2016. 136 с.
22. Biegelmeier G. Electro supply system. – Bulletin. Int. Sek IVSS Verhüt Arbeitsall und Berufskrankh Elek, 2017. 428 p.
23. Dalziel C.F., Lee W. Electricity and power supply – “IEEE Spectrum”, 2018, №2. p. 44-50.
24. Designing a modern substation to minimise cost and time during future upgrades. Sinclair Boy Pienaar. /Dissertation submitted in fulfilment of the requirements for the degree: Master of Engineering in Electrical Engineering /Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Faculty of Engineering and Information Technology. Central University of Technology, Free State, July 2019.
25. Implementation aspects of substation automation systems based on IEC 61850. Biswajit Adhikary ; Sudhakar Rao ; Srinivasa Rao Balasani. 2016 2nd International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC), DOI: 10.1109/CIEC.2016.7513832; 18 July 2016.

26. Khomiakov K. A. and Ustinov. D. A. Improving the accuracy of calculations of electrical loads for industrial enterprises. Journal of Physics: Conference Series 1333 (2019) 062009, DOI: 10.1088/1742-6596/1333/6/062009; 06 October 2019.

27. Non-Conventional Instrument Transformers for Improved Substation Design. Lj. A. KOJOVIC. Eaton, USA, CIGRE, June 2016.

28. <http://electricalschool.info/> - школа электрика. Информационный портал. [Электронный ресурс]. (дата обращения: 26.06.2021).

Приложение А
План освещения территории ЖК



Рисунок А.1 – План освещения территории ЖК

Приложение Б
Компоновка КТПН 10/0,4 кВ

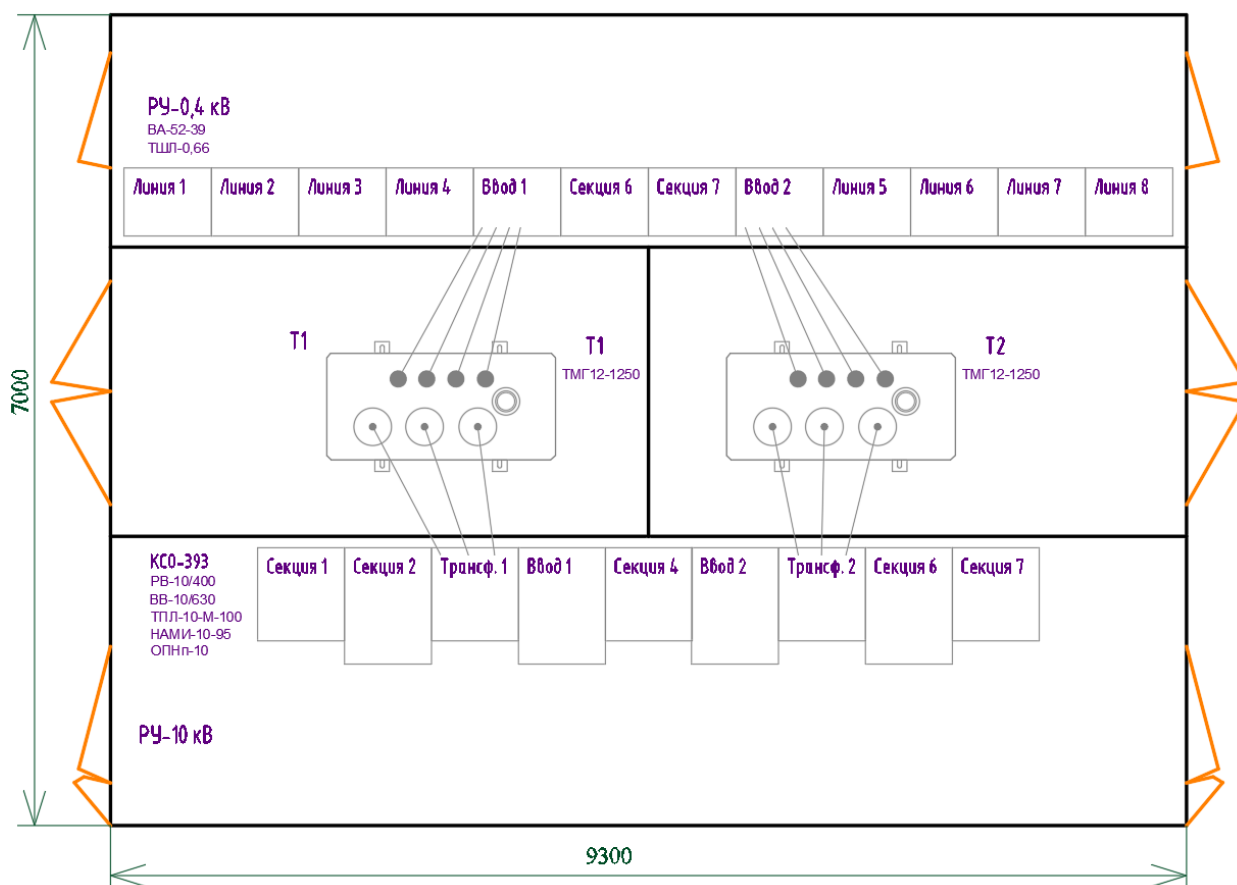


Рисунок Б.1 – Компоновка КТПН 10/0,4 кВ

Приложение В

План силовой распределительной сети этажной секции МЖД

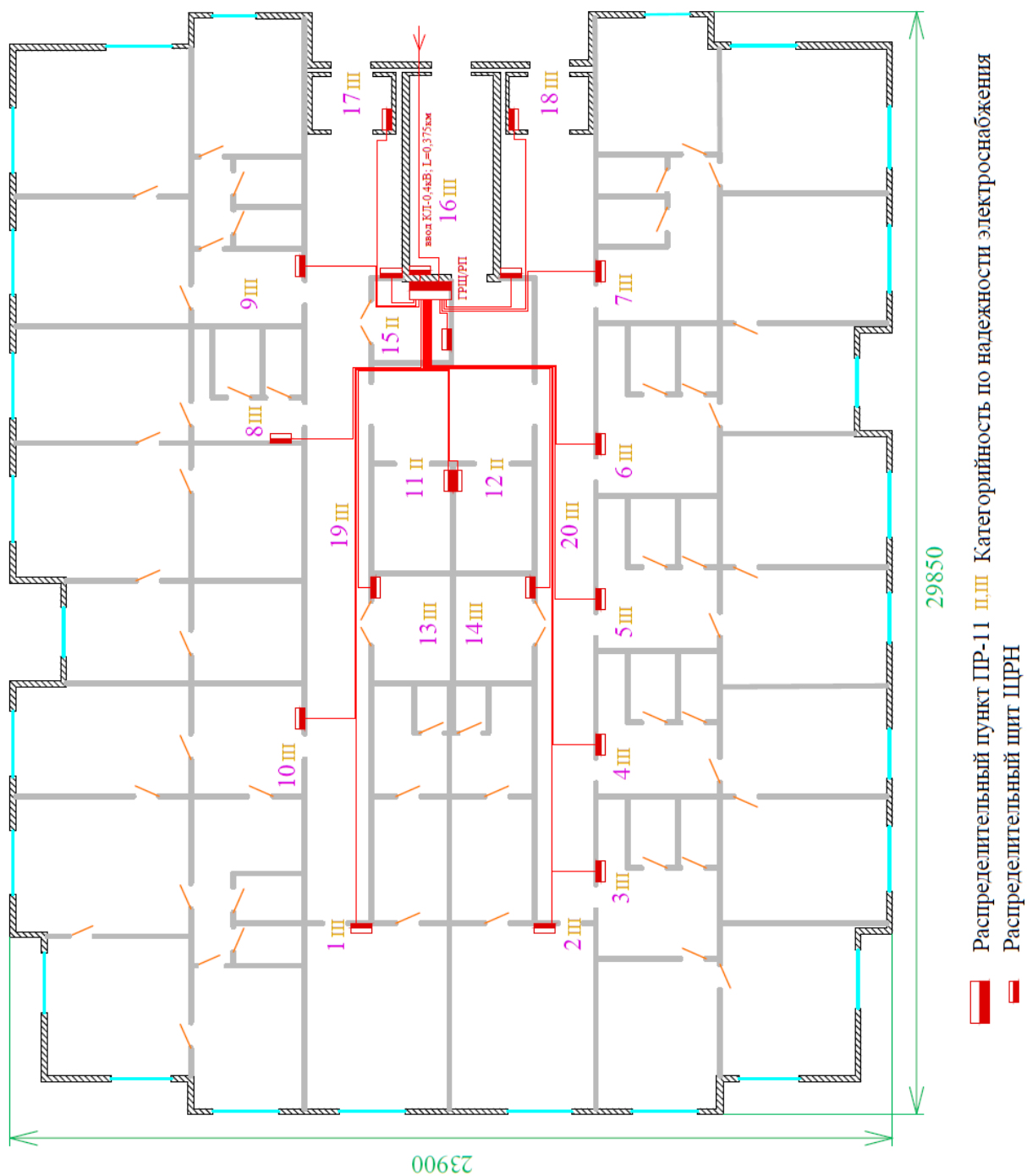


Рисунок В.1 – План силовой распределительной сети этажной секции МЖД