

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение микрорайона Восточный г. Нягань

Студент

М.В. Диарова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д.А. Кретов

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

Тольятти 2021

Аннотация

Выпускная квалификационная работа по специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» содержит 60 страниц, включая 5 рисунков, 4 таблицы, 20 источников, 6 приложений.

Пояснительная записка выпускной квалификационной работе выполнена в соответствии с полученным заданием. Тема выпускной квалификационной работы «Электроснабжение микрорайона Восточный г. Нягань».

В основной части рассмотрена схема электроснабжения микрорайона Восточный г. Нягань, с указаниями трансформаторных подстанций, кабельных линий и понизительных подстанций.

Рассмотрена технологическая часть расчет при проектировании схемы электроснабжения микрорайона Восточный:

- Расчет электрических нагрузок МКД;
- Выбор номинальных значений напряжений, количества и мощности силовых трансформаторов;
- Выбор количества и мощности трансформаторов;
- Расчет кабельных линий микрорайона МКД.

Так же ознакомились с техникой безопасности и охраной труда на предприятии.

Содержание

Введение.....	4
1 Теоретическая часть.....	5
1.1 Краткая характеристика города Нягань	5
1.2 Существующая схема электроснабжения микрорайона.....	6
2 Технологическая часть	9
2.1 Расчет электрических нагрузок многоквартирных домов.....	9
и нежилых помещений микрорайона Восточный	9
2.2 Выбор номинальных значений напряжений, количества.....	23
и мощности силовых трансформаторов	23
2.3 Расчёт защитного заземления КТП.....	30
2.4 Расчет кабельных линий микрорайона Восточный	35
2.5 Выбор марок и сечений кабелей для многоквартирных жилых домов .	36
3 Техника безопасности и охрана труда	41
Заключение	51
Список используемой литературы и используемых источников.....	52
Приложение А Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартиру	54
Приложение Б Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов ...	55
Приложение В Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно- технических устройств	56
Приложение Г Расчетные коэффициенты реактивной мощности	57
Приложение Д Ориентировочные расчеты электрических нагрузок общественных зданий	57
Приложение Е Коэффициент мощности для расчета силовых сетей общественных зданий	60

Введение

«Города являются крупными потребителями электроэнергии, так как в них проживает не только большая часть населения, но и расположено также большое количество промышленных предприятий».

«В зависимости от размера города для питания потребителей, расположенных на его территории, должна предусматриваться соответствующая система электроснабжения, которая охватывает всех потребителей города, включая промышленные предприятия ».

Без электроэнергии невозможна современная жизнь. Каждый потребитель, от жилых домов до крупных предприятий, должен быть обеспечен качественной и надежной электроэнергией. Качество – соответствие определенных показателей поставляемой электроэнергии требованиям ГОСТ (частота, провалы напряжения, отклонения напряжения, несинусоидальность напряжения, доза фликера и прочее). Надежность – свойство обеспечивать непрерывность процесса передачи электроэнергии, в случае технологического нарушения обеспечить скорейшее восстановление электроснабжения и сократить количество отключений на определенном промежутке времени.

Оба этих свойства систем электроснабжения закладываются еще на этапе проектирования, поэтому для инженера-энергетика очень важно обладать навыками проектирования электрических сетей, удовлетворяющих требованиям НТД и ГОСТ.

Целью выпускной квалификационной работы, является:

- изучение схемы электроснабжения микрорайона Восточный в г.Нягань;
- ознакомится с применяемым на предприятии оборудованием и техникой безопасности.

1 Теоретическая часть

1.1 Краткая характеристика города Нягань

Город Нягань находится на территории Ханты-Мансийского автономного округа - Югры. Статус города присвоен в 1985 году (прежнее название поселок Нях с 1965 года). Численность населения на 2021 год составляет 58 733 человек.

В 2013 году в городе была построена Няганская ГРЭС (конденсационная тепловая электрическая станция) электрической мощностью 1361 МВт и тепловой мощностью 59,7 Гкал/ч. Она выдает электроэнергию классом напряжения 220 кВ и 500 кВ. Электроэнергия поступает в энергосистему ХМАО, юга Тюменской области, Урала. 7,3 % энергии от общей выработки Няганской ГРЭС получает Тюмень.

«Климат города приравнен к районам Крайнего Севера (континентальный, с продолжительной зимой и коротким теплым летом). Среднегодовая температура воздуха – -1,4 °С, Относительная влажность воздуха – 75,0%, средняя скорость ветра – 3,0 м/с, среднегодовое количество осадков – 535 мм.[2]».

Так как город молодой (36 лет), он с каждым годом активно развивается в сфере строительства. Население города увеличивается, а это значит, что увеличивается потребность в многоквартирных домах для проживания.

Строительство микрорайона Восточный началось относительно недавно. Поэтому, на территории находится не так много жилых комплексов. Но в планах администрации города построить школу, детский сад, парк и т.д. Микрорайон находится в центре города, общая площадь составляет 36 534,00 м². Он ограничен ул. Интернациональная, ул. Уральская, ул. Просвещение, ул. Пионерская. Сейчас на территории находятся и сторонние трансформаторные подстанции, но в данном отчете мы будем рассматривать имущество сетевой организации: АО «ЮТЭК-Региональные сети».

1.2 Существующая схема электроснабжения микрорайона

Для начала рассмотрим уже существующую схему электроснабжения микрорайона Восточный. На 2021 год на территории микрорайона расположены одиннадцать жилых многоквартирных домов, два нежилых помещения (офис, дом культуры), Няганский технологический колледж и студенческое общежитие. В данном микрорайоне для всех потребителей используется напряжение 0,4 кВ и категория надежности II. II категория потребляет мощность от двух КЛ, которые в свою очередь запитаны от разных трансформаторов в подстанции. Это дает возможность равномерно распределить нагрузку по вводам и фазам. Информация о потребителях электроэнергии предоставлена в таблице 1.

Таблица 1 - Потребители электрической энергии на территории микрорайона Восточный

Наименование	Кол-во этажей	Кол-во квартир	Наличие газовых плит	Наличие электроплит	Категория надежности	Наличие лифта
1	2	3	4	5	6	7
Жилой дом №21	9	108	нет	да	II	да
Жилой дом №23	9	108	нет	да	II	да
Жилой дом №6	9	108	нет	да	II	да
Нежилое помещение 9А (офис)	1	40	-	-	III	нет
Нежилое помещение 2 (дом культуры "Юность")	2	800	-	-	III	нет
Жилой дом №29	9	54	нет	да	II	да
Жилой дом №25	9	167	нет	да	II	да
Жилой дом №27	9	167	нет	да	II	да
Жилой дом №33	9	154	нет	да	II	да
Жилой дом №39	9	154	нет	да	II	да
Жилой дом №31	9	167	нет	да	II	да
Жилой дом №35	9	167	нет	да	II	да
Жилой дом №37	9	154	нет	да	II	да
Колледж	3	808	-	-	II	нет
Общежитие (учебное)	8	199	нет	да	II	да

На рисунке 1 показана схема электроснабжения микрорайона Восточный, в котором расположено 4 трансформаторных подстанции (ТП), питающие определенные жилые дома и помещения. Так, например:

- комплексная трансформаторная подстанция №10-01, питает Няганский технологический колледж и общежитие к нему;
- ТП 36-01 снабжает электроэнергией многоквартирные жилые дома №31, №35, №37, №39;
- ТП 36-02 снабжает дома №25, №27, №29, №33, и одно нежилое помещение №2 дом культуры «Юность»;
- ТП 36-03 снабжает дома №21, №23, №6 и одно нежилое помещение №9А офис.

Все эти подстанции запитаны через распределительную подстанцию РП №23, которая в свою очередь питается от двух понизительных подстанций:

- -ПС 110/04 кВ «Чульчам» (АО Россети Тюмень) мощностью 2х40МВА,
- -ПС 110/04 кВ «Чара» (АО ЮРЭСК) мощностью 2х25МВА.

Выводы по разделу 1:

1. Выполнена краткая характеристика схемы питания потребителей микрорайона Восточный, расположенного в г. Нягань.

2. Составлен план расположения подстанций и определены категории надежности электроснабжения для потребителей микрорайона Восточный в г. Нягань.

3. Определены параметры системы внешнего электроснабжения микрорайона Восточный в г. Нягань.

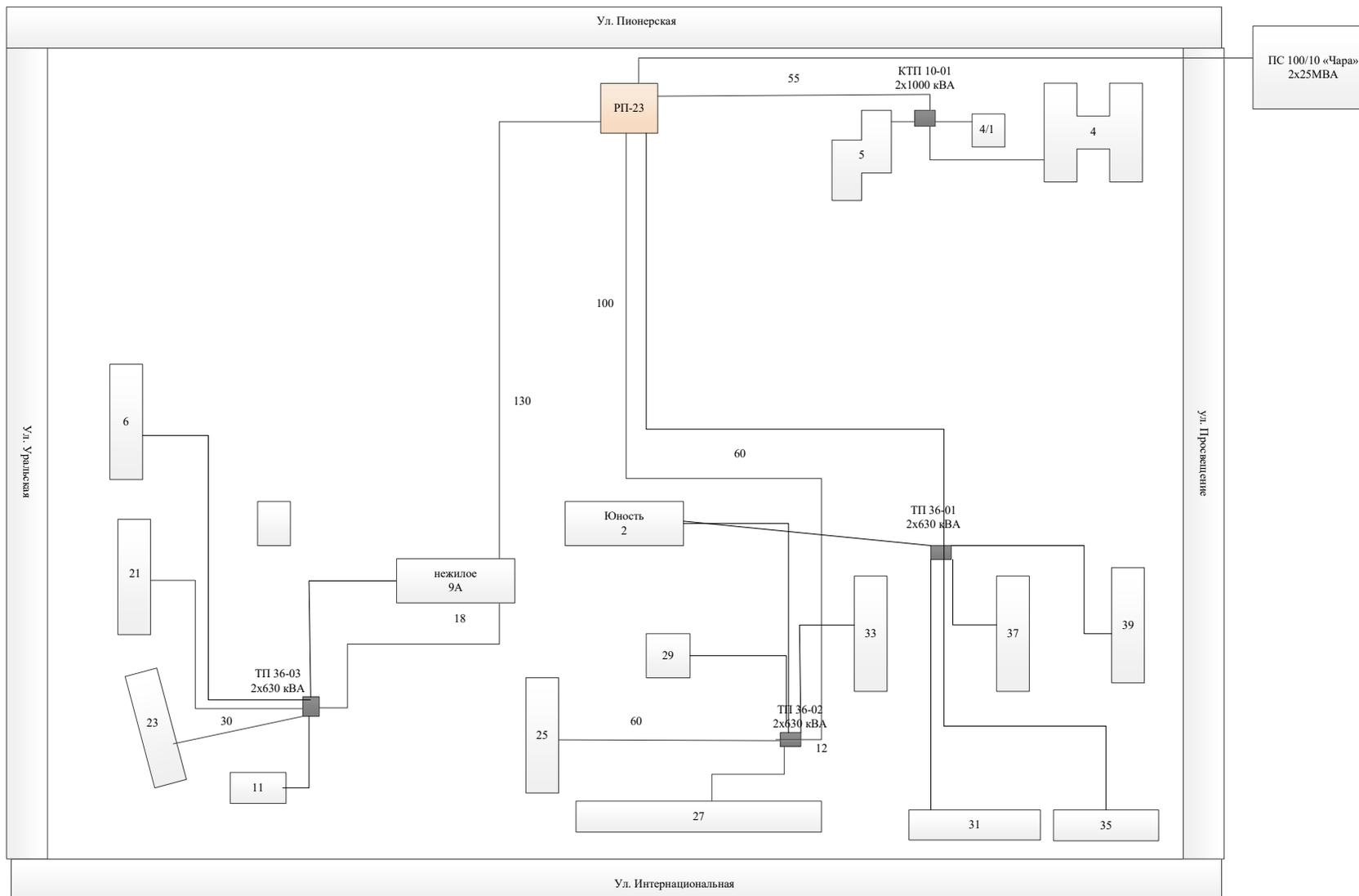


Рисунок 1 – Схема электроснабжения микрорайона Восточный г.Нягани

2 Технологическая часть

2.1 Расчет электрических нагрузок многоквартирных домов и нежилых помещений микрорайона Восточный

Основываясь на «рекомендации по расчету нагрузок жилых и общественных зданий СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»» [11] и «РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей»[5], с помощью формул определим нагрузку каждого потребителя электрической энергии. «В их число входят жилые многоэтажные дома, общественные здания, коммунально-бытовые предприятия и так далее. «Так же, сюда входят элементы систем электроснабжения, такие как распределительные линии ТП, центры питания и так далее»[1].

Так как в нашем микрорайоне уже есть действующие потребители электрической энергии, будет проведена проверка по уже имеющимся данным (Таблица 1 «Потребители электрической энергии на территории микрорайона Восточный»).

Для того чтобы произвести расчет электрических нагрузок потребителей электрической энергии, необходимо определить расчетную электрическую нагрузку квартир и расчетную электрическую нагрузку силовых электроприемников будет использована следующая формула (1):

$$P_{KB} = P_{KB.уд} \cdot n \quad (1)$$

где $P_{KB.уд}$ – удельная расчетная электрическая нагрузка квартир;
 n – число квартир.

Коэффициент $P_{KB.уд}$ берется из таблицы А.1 «Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий» (Приложение А).

Для промежуточного числа квартир удельные расчетные электрические нагрузки определяются путем интерполяции по формуле (2):

$$P_{\text{КВ.УД}(N_{\text{КВ}})} = P_{\text{УД}(N_1)} - \frac{P_{\text{УД}(N_1)} - P_{\text{УД}(N_2)}}{N_2 - N_1} \cdot (P_{\text{КВ}} - N_1) \quad (2)$$

где $P_{\text{УД}(N_1)}$, $P_{\text{УД}(N_2)}$ – удельная расчетная нагрузка;

N_1 , N_2 – количество квартир, шт. квартир (кв).

В нашем случае, во всех МКД установлены электрические плиты мощностью 8,5 кВт. Теперь, когда нам известны все данные из формулы (2), произведем расчеты для существующих потребителей электрической энергии:

Жилой дом №21:

$$P_{\text{КВ.УД}\#21} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (108 - 100) = 1,4888 \frac{\text{кВт}}{\text{кв}};$$

$$P_{\text{КВ}\#21} = 1,4888 \cdot 108 = 160,79 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №23:

$$P_{\text{КВ.УД}\#23} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (108 - 100) = 1,4888 \frac{\text{кВт}}{\text{кв}};$$

$$P_{\text{КВ}\#23} = 1,4888 \cdot 108 = 160,79 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №6:

$$P_{\text{КВ.УД}\#6} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (108 - 100) = 1,4888 \frac{\text{кВт}}{\text{кв}};$$

$$P_{\text{КВ}\#6} = 1,4888 \cdot 108 = 160,79 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №29:

$$P_{\text{КВ.УД}\#29} = 1,5 - \frac{1,5 - 1,36}{200 - 100} \cdot (54 - 100) = 1,4356 \frac{\text{кВт}}{\text{кв}};$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}29} = 1,4356 \cdot 54 = 77,5224 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №25:

$$P_{\text{КВ.УД}\text{№}25} = 1,5 - \frac{1,5-1,36}{200-100} \cdot (167 - 100) = 1,4062 \frac{\text{кВт}}{\text{кВ}};$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}25} = 1,4062 \cdot 167 = 234,83 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №27:

$$P_{\text{КВ.УД}\text{№}27} = 1,5 - \frac{1,5-1,36}{200-100} \cdot (167 - 100) = 1,4062 \frac{\text{кВт}}{\text{кВ}};$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}27} = 1,4062 \cdot 167 = 234,83 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №33:

$$P_{\text{КВ.УД}\text{№}33} = 1,5 - \frac{1,5-1,36}{200-100} \cdot (154 - 100) = 1,4244 \frac{\text{кВт}}{\text{кВ}};$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}33} = 1,4244 \cdot 154 = 219,3576 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №37:

$$P_{\text{КВ.УД}\text{№}37} = 1,5 - \frac{1,5-1,36}{200-100} \cdot (154 - 100) = 1,4244 \frac{\text{кВт}}{\text{кВ}};$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}37} = 1,4244 \cdot 154 = 219,3576 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №31:

$$P_{\text{КВ.УД}\text{№}31} = 1,5 - \frac{1,5-1,36}{200-100} \cdot (167 - 100) = 1,4062 \frac{\text{кВт}}{\text{кВ}};$$

$$P_{\text{КВ}\text{№}31} = 1,4062 \cdot 167 = 234,83 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №35:

$$P_{\text{КВ.УД№35}} = 1,5 - \frac{1,5-1,36}{200-100} \cdot (167 - 100) = 1,4062 \frac{\text{кВт}}{\text{кв}};$$

$$P_{\text{КВ№35}} = 1,4062 \cdot 167 = 234,83 \text{ кВт.}$$

Жилой дом №37:

$$P_{\text{КВ.УД№37}} = 1,5 - \frac{1,5-1,36}{200-100} \cdot (154 - 100) = 1,4244 \frac{\text{кВт}}{\text{кв}};$$

$$P_{\text{КВ№37}} = 1,4244 \cdot 154 = 219,3576 \text{ кВт.}$$

Исходя из количества квартир, на каждый подъезд установлен один ЭД, мощностью 3 кВт. Мощность лифтовых установок определим по формуле (3):

$$P_{\text{л.у}} = k_{\text{с}} \cdot \sum_1^n P_{\text{л.у}} \quad (3)$$

где $k_{\text{с}}$ – коэффициент спроса, зависящий от этажности жилого дома и от количества лифтовых установок;

n – общее количество лифтовых установок в жилом доме;

$P_{\text{л.у}}$ – мощность лифтовых установок.

Данные по количеству ЭД указаны в таблице 2 «Количество ЭД на каждый МКД». Коэффициент спроса лифтовых установок определяем по Приложению Б таблицы Б.1 «Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов».

Таблица 2- Количество ЭД на каждый МКД

№ дома	Количество квартир в МКД	Количество ЭД лифтовых установок
21	108	3
23	108	3
6	108	3
29	54	1
25	167	5
27	167	5
33	154	4
39	154	4

Продолжение таблицы 2

№ дома	Количество квартир в МКД	Количество ЭД лифтовых установок
31	167	5
35	167	5
37	154	4

МКД № 21 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.№21}} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 9,6 \text{ кВт.}$$

МКД № 23 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.№23}} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 9,6 \text{ кВт.}$$

МКД № 6 имеет 108 квартир, 3 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.№6}} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 9,6 \text{ кВт.}$$

МКД № 29 имеет 54 квартиры, 1 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.№29}} = 0,8 \cdot (1 \cdot 3) = 2,4 \text{ кВт.}$$

МКД № 25 имеет 167 квартир, 5 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.№25}} = 0,8 \cdot (5 \cdot 3) = 12 \text{ кВт.}$$

МКД № 27 имеет 167 квартир, 5 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.}\#27} = 0,8 \cdot (5 \cdot 3) = 12 \text{ кВт.}$$

МКД № 33 имеет 154 квартир, 4 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.}\#33} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 9,6 \text{ кВт.}$$

МКД № 39 имеет 154 квартир, 4 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.}\#39} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 9,6 \text{ кВт.}$$

МКД № 31 имеет 167 квартир, 5 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.}\#31} = 0,8 \cdot (5 \cdot 3) = 12 \text{ кВт.}$$

МКД № 35 имеет 167 квартир, 5 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.}\#35} = 0,8 \cdot (5 \cdot 3) = 12 \text{ кВт.}$$

МКД № 37 имеет 154 квартир, 4 ЭД мощностью 3 кВт каждый.
Коэффициент спроса лифтовых установок равен 0,8:

$$P_{\text{Л.У.}\#37} = 0,8 \cdot (4 \cdot 3) = 9,6 \text{ кВт.}$$

Так же в каждом доме установлены электродвигатели санитарно-технические устройства, рассчитать их мощность можно по формуле (4):

$$P_{ст.у} = k_c \cdot \sum_1^n P_{ст.у} \quad (4)$$

где k_c – коэффициент спроса, электродвигателей санитарно-технических устройств;
 n – общее количество квартир в доме.

Коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств определим по таблице В.1 «Коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств» (Приложение В). Так же, на 10 квартир приходится один электродвигатель санитарно-технических устройств, мощность которого 1 кВт. Получившиеся при расчетах количества ЭД на МКД, десятичные числа округляем до целого числа в большую сторону.

МКД №21 имеет 108 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 108 квартир будет приходиться 11 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,7 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{ст.у\ №21} = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт.}$$

МКД № 23 имеет 108 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 108 квартир будет приходиться 11 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,7 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{ст.у\ №23} = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт.}$$

МКД №6 имеет 108 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 108 квартир будет приходиться 11 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,7 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У.№6}} = 0,7 \cdot (11 \cdot 1) = 7,7 \text{ кВт.}$$

МКД №29 имеет 54 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 54 квартир будет приходиться 6 электродвигателя санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,7 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У.№29}} = 0,7 \cdot (6 \cdot 1) = 4,2 \text{ кВт.}$$

МКД №25 имеет 167 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 167 квартир будет приходиться 17 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,65 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У.№25}} = 0,65 \cdot (17 \cdot 1) = 11,05 \text{ кВт.}$$

МКД №27 имеет 167 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 167 квартир будет приходиться 17 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,65 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У.№27}} = 0,65 \cdot (17 \cdot 1) = 11,05 \text{ кВт.}$$

МКД №33 имеет 154 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 154 квартир будет приходиться 16 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,65 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У.№33}} = 0,65 \cdot (16 \cdot 1) = 10,4 \text{ кВт.}$$

МКД № 39 имеет 154 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 154 квартир будет приходиться 16 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,65 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У.№39}} = 0,65 \cdot (16 \cdot 1) = 10,4 \text{ кВт.}$$

МКД № 31 имеет 167 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 167 квартир будет приходиться 17 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,65 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У.№ 31}} = 0,65 \cdot (17 \cdot 1) = 11,05 \text{ кВт.}$$

МКД № 35 имеет 167 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 167 квартир будет приходиться 17 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса

электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,65 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У}} \text{ № 35} = 0,65 \cdot (17 \cdot 1) = 11,05 \text{ кВт.}$$

МКД № 37 имеет 154 квартир. Исходя из того, что на 10 квартир приходится 1 ЭД, то на 154 квартир будет приходится 16 электродвигателей санитарно-технических устройств. Тогда коэффициент спроса электродвигателей санитарно-технических устройств равен 0,65 (Приложение В таблица В.1):

$$P_{\text{СТ.У}} \text{ № 37} = 0,65 \cdot (16 \cdot 1) = 10,4 \text{ кВт.}$$

Определим расчетную нагрузку силовых электроприёмников для каждого жилого дома по формуле (5) и рассчитаем расчетную нагрузку силовых электроприемников, подведенных к вводу каждого МКД:

$$P_C = P_{\text{Л.У}} + P_{\text{СТ.У}}, \quad (5)$$
$$P_{C \text{ №21}} = 9,6 + 7,7 = 17,3 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №23}} = 9,6 + 7,7 = 17,3 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №6}} = 9,6 + 7,7 = 17,3 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №29}} = 2,4 + 4,2 = 6,6 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №25}} = 12 + 11,05 = 23,05 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №27}} = 12 + 11,05 = 23,05 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №33}} = 9,6 + 10,4 = 20 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №39}} = 9,6 + 10,4 = 20 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №31}} = 12 + 11,05 = 23,05 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №35}} = 12 + 11,05 = 23,05 \text{ кВт,}$$
$$P_{C \text{ №37}} = 9,6 + 10,4 = 20 \text{ кВт.}$$

Далее рассчитаем расчетную электрическую нагрузку каждого жилого дома (квартир и силовых электроприемников) по формуле (6):

$$P_{P.Ж.Д.} = P_{KB} + k_y \cdot P_C, \quad (6)$$

$$P_{P.Ж.Д.№21} = 160,79 + 0,9 \cdot 17,3 = 176,36 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№23} = 160,79 + 0,9 \cdot 17,3 = 176,36 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№6} = 160,79 + 0,9 \cdot 17,3 = 176,36 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№29} = 77,5224 + 0,9 \cdot 6,6 = 83,4624 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№25} = 234,83 + 0,9 \cdot 23,05 = 255,57 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№27} = 234,83 + 0,9 \cdot 23,05 = 255,57 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№33} = 219,3576 + 0,9 \cdot 20 = 237,3576 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№39} = 219,3576 + 0,9 \cdot 20 = 237,3576 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№31} = 234,83 + 0,9 \cdot 23,05 = 255,57 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№35} = 234,83 + 0,9 \cdot 23,05 = 255,57 \text{ кВт},$$

$$P_{P.Ж.Д.№37} = 219,3576 + 0,9 \cdot 20 = 237,3576 \text{ кВт}.$$

Полную мощность нагрузки МКД и питающей его линии рассчитаем по формуле (7):

$$S_{расч} = \frac{P_{P.Ж.Д.}}{\cos\varphi}, \quad (7)$$

где $P_{P.Ж.Д.}$ – коэффициент реактивной мощности жилых домов;
 $\cos\varphi$ – коэффициент мощности.

Определим $\cos\varphi$ по таблице Г.1 «Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов» (Приложение Г)

$$S_{расч.№21} = \frac{176,34}{0,98} = 179,94 \text{ кВА},$$

$$S_{расч.№23} = \frac{176,34}{0,98} = 179,94 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№6}} = \frac{176,34}{0,98} = 179,94 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№29}} = \frac{83,4624}{0,98} = 85,166 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№25}} = \frac{255,57}{0,98} = 260,79 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№27}} = \frac{255,57}{0,98} = 260,79 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№33}} = \frac{237,3576}{0,98} = 242,2 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№39}} = \frac{237,3576}{0,98} = 242,2 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№31}} = \frac{255,57}{0,98} = 260,79 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№35}} = \frac{255,57}{0,98} = 260,79 \text{ кВА},$$

$$S_{\text{расч.№37}} = \frac{237,3576}{0,98} = 242,2 \text{ кВА}.$$

И в заключении рассчитаем расчетное значение силы тока $I_{\text{расч}}$ (А) для каждого многоквартирного дома используя расчетную мощность $S_{\text{расч}}$ (кВА) определенную по (7) для каждого дома:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}}, \quad (8)$$

$$I_{\text{№21}} = \frac{179,94}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 259,73 \text{ А},$$

$$I_{\text{№23}} = \frac{179,94}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 259,73 \text{ А},$$

$$I_{\text{№6}} = \frac{179,94}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 259,73 \text{ А},$$

$$I_{\text{№29}} = \frac{85,166}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 122,93 \text{ А},$$

$$I_{\text{№25}} = \frac{260,79}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,43 \text{ А},$$

$$I_{\text{№27}} = \frac{260,79}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,43 \text{ А},$$

$$I_{\text{№33}} = \frac{242,20}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 349,60 \text{ А},$$

$$I_{\text{№39}} = \frac{242,20}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 349,60 \text{ А},$$

$$I_{\text{№31}} = \frac{260,79}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,43 \text{ А,}$$

$$I_{\text{№35}} = \frac{260,79}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 376,43 \text{ А,}$$

$$I_{\text{№37}} = \frac{242,20}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 349,60 \text{ А.}$$

Перейдём к расчетам электрических нагрузок общественных зданий.

Для начала расчетную электрическую нагрузку общественных зданий, определим по формуле (9):

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{уд}} \cdot n, \quad (9)$$

где $P_{\text{уд}}$ – расчет удельной нагрузки;

n – количество мест.

Из таблицы Д.1 (Приложение Д) используем коэффициент $P_{\text{уд}}$.

Для офисного помещения используем коэффициент 0,054:

$$P_{\text{расч.№1}} = 0,54 \cdot 40 = 21,6 \text{ А.}$$

Для дома культуры "Юность" используем коэффициент 0,46:

$$P_{\text{расч.№2}} = 0,46 \cdot 800 = 368 \text{ А.}$$

Для колледжа используем коэффициент 0,46:

$$P_{\text{расч.№3}} = 0,46 \cdot 808 = 371,68 \text{ А.}$$

Для студенческого общежития используем коэффициент 0,46:

$$P_{\text{расч.№4}} = 0,46 \cdot 199 = 91,54 \text{ А.}$$

Как и для многоквартирных домов, рассчитаем полную мощность нагрузки общественных зданий по формуле 7.

Коэффициент $\cos\varphi$ возьмем из таблицы Е.1 Приложение Е:

Для офисного помещения 0,85:

$$S_{\text{№1}} = \frac{21,6}{0,85} = 25,41 \text{ кВА.}$$

Для дома культуры «Юность» 0,9:

$$S_{\text{№2}} = \frac{368}{0,9} = 408,88 \text{ кВА.}$$

Для колледжа 0,9:

$$S_{\text{№3}} = \frac{371,68}{0,9} = 412,97 \text{ кВА.}$$

Для общежития 0,85:

$$S_{\text{№4}} = \frac{91,54}{0,85} = 107,69 \text{ кВА.}$$

Расчетное значение силы тока рассчитаем по формуле (8):

$$I_{\text{№1}} = \frac{21,6}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,17 \text{ А,}$$

$$I_{\text{№2}} = \frac{368}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 533,33 \text{ А,}$$

$$I_{\text{№3}} = \frac{371,68}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 536,47 \text{ А,}$$

$$I_{\text{№4}} = \frac{91,54}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 132,12 \text{ А.}$$

Все полученные данные внесем в таблицу 3 «Результаты расчетов по потреблению электроэнергии».

Таблица 3 - Результаты расчетов по потреблению электроэнергии

Наименование	n	$P_{уд}$, кВт	$P_{расч}$, кВт	cosφ	$S_{расч}$, кВА	I, А
Жилой дом №21	108	1,4888	176,36	0,98	179,94	259,73
Жилой дом №23	108	1,4888	176,36	0,98	179,94	259,73
Жилой дом №6	108	1,4888	176,36	0,98	179,94	259,73
Жилой дом №29	54	1,4356	83,4624	0,85	85,166	122,93
Жилой дом №25	167	1,4062	255,57	0,98	260,78	376,40
Жилой дом №27	167	1,4062	255,57	0,98	260,78	376,40
Жилой дом №33	154	1,4244	237,3576	0,98	242,20	349,6
Жилой дом №39	154	1,4244	237,3576	0,98	242,20	349,6
Жилой дом №31	167	1,4062	255,57	0,98	260,78	376,40
Жилой дом №35	167	1,4062	255,57	0,98	260,78	376,40
Жилой дом №37	154	1,4244	237,3576	0,98	242,20	349,6
Нежилое помещение 9А (офис)	40	0,054	21,6	0,85	25,41	31,17
Нежилое помещение 2 (дом культуры Юность)	800	0,46	368	0,9	408,88	533,33
Колледж	808	0,46	371,68	0,9	412,97	536,47
Общежитие (учебное)	199	0,46	91,54	0,85	107,69	132,12

2.2 Выбор номинальных значений напряжений, количества и мощности силовых трансформаторов

«Чтобы найти рациональные пути построения схемы электроснабжения микрорайона, нужно определить, где будут устанавливаться центры питания (ПС и ТП) от которых будут питаться все здания в этом микрорайоне. Так же, нужно определить номинальное значение напряжений, указать схему электроснабжения микрорайона. То есть найти связь между элементами системы электроснабжения, от здания к зданию. Вся эта система, должна быть хорошо продумана, рассчитана и обоснована»[3].

«Выбор напряжения в системе электроснабжения очень важная часть. При выборе напряжения, нужно учесть многие факторы микрорайона, такие как характеристики источников питания, плотность нагрузки микрорайона,

особенности отдельных элементов системы электроснабжения, размещение источников питания на территории микрорайона и так далее»[4].

«Конкретно в нашем случае, в микрорайоне Восточный в уже построенных подстанциях и подстанциях проектируемых, напряжение составляет 6 кВ»[3].

«Для питания бытовой и осветительной нагрузки, напряжение составит 0,4/0,22 кВ. Такое напряжение оптимально для коммунально-бытовых нужд всех потребителей электроэнергии в данном микрорайоне, так как основная нагрузка приходится на жилые многоквартирные дома»[3].

«При выборе количества и мощности трансформаторов, нужно учитывать, что микрорайон развивается, увеличивается потребляемая мощность. В будущем планируется постройка культурно-развлекательных центров, школ, нежилых помещений, а так же новых МКД. «Вся система городского электроснабжения, представляет собой единую систему, поэтому построение этой системы очень важная часть в проектировании»[3]. Нужно рассмотреть схему электроснабжения микрорайона с перспективой развития, как минимум на 5 лет.

«Согласно требованиям разделов ПУЭ, надежность электроснабжения, обеспечиваемая электрической сетью микрорайона, должна находиться в пределах указанных правил, где устанавливается объем резервных элементов системы для питания потребителей города на полную мощность при различных режимах ее работы. При выборе расчетных режимов, нужно учесть плановые и аварийные отключения отдельных элементов системы, отключения одновременно нескольких элементов при авариях» [4]. Система электроснабжения микрорайона Восточный запитана от двух независимых источников ПС 110/04 кВ «Чульчам» (АО Россети Тюмень) мощностью 2х40МВА и ПС 110/04 кВ «Чара» (АО ЮРЭСК) мощностью 2х25МВА. Это нужно для того, чтобы при аварийной ситуации произошло переключение питания с одного источника на другой.

И так, «чтобы нам определить число и мощность трансформаторов, нужно учесть следующие немаловажные факторы, такие как: категории надежности потребителей, потребность в компенсации реактивной мощности низковольтных нагрузок; перегрузочная способность трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шкала стандартных мощностей трансформаторов; экономичные режимы работы трансформаторов в зависимости от графиков нагрузки» [17].

«Задача выбора количества и мощности трансформаторов в микрорайоне считается оптимизационной. Нужно произвести некоторые расчеты, чтобы верно определить количество и номинальную мощность, необходимую для бесперебойного и качественного электроснабжения потребителей. При этом, возможно достичь минимального количества расходов при обеспечении данной степени надежности электроснабжения» [20].

«В системах электроснабжения в основном применяются одно и двух трансформаторные подстанции. Трехтрансформаторные подстанции используются реже, т.к. с их установкой затраты на строительство сильно увеличиваются. Чтобы устанавливать такие ТП, нужно веское обоснование необходимости установки, иначе организация понесет большие финансовые потери при строительстве»[16].

«Однотрансформаторные подстанции напряжением 6-10/0,4-0,23 кВ, может применяться для питания нагрузок потребителей, где допускается прерывание электроснабжения на время не более одних суток. В это время проводится ремонт или замена поврежденных элементов. Их применяют для питания III категории и для II категории, при условии резервирования мощности по переключкам на вторичном напряжении или при наличии «складского» резерва трансформаторов»[6].

«Так же, стоит учесть, что однотрансформаторные подстанции выгодны для предприятия тем, что если работа предприятия сопровождается периодами малых нагрузок, то за счет наличия переключек между ТП на вторичном

напряжении можно отключать часть трансформаторов, создавая этим экономически целесообразный режим работы (происходят минимальные потери мощности в трансформаторе)»[8].

«Для двухтрансформаторных подстанций также необходим складской резерв для быстрого восстановления нормального питания потребителей в случае выхода из строя одного трансформатора на длительный срок. Оставшийся в работе трансформатор должен обеспечивать электроснабжение всех потребителей I категории на время замены поврежденного трансформатора»[10].

«В соответствии с ГОСТ 14209-85 и 11677-85 шкала номинальных мощностей силовых трансформаторов имеет значения: 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500 кВА»[16]. В случае с нашими данными, на территории микрорайона Восточный установлены три ТП мощностью номиналом в 630кВА, 1000 кВА, 1000 кВА и планируется строительство ТП мощностью 1000 кВА.

«В настоящее время значительная часть ТП выполняется комплектными (КТП) и во всех случаях, когда этому не препятствуют условия окружающей среды и обслуживания, устанавливаются открыто»[10].

Для электроснабжения жилых микрорайонов города чаще всего применяется двухлучевая схема распределительной сети. Как мы видим на Рисунке 2 - Двухлучевая схема распределительной сети, питание ТП производится от двух линий. Каждая линия (А и Б) питает свой трансформатор, так что при исчезновении на какой либо линии, нагрузка автоматически переключается благодаря контакторам. Это позволяет обеспечить бесперебойную подачу электроэнергии на подстанцию.

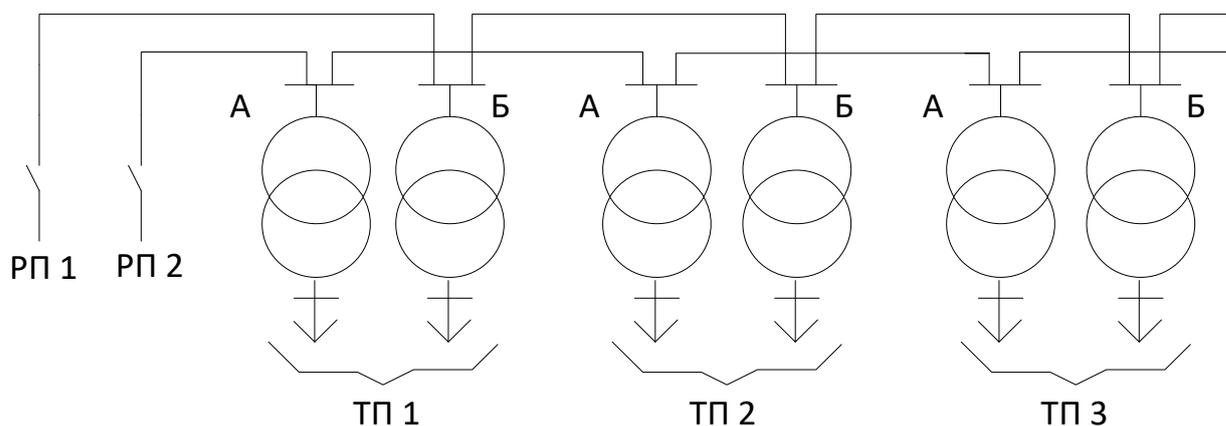


Рисунок 2 - Двухлучевая схема распределительной сети

Основными потребителями электроэнергии являются потребители II категории надежности. Это значит, что число трансформаторов будет равно двум. Коэффициент загрузки для II категории будет равен 0,85.

«В настоящее время значительная часть ТП выполняется комплектными (КТП) и во всех случаях, когда этому не препятствуют условия окружающей среды и обслуживания, устанавливаются открыто»[12].

«Для того, чтобы рассчитать примерное число и мощность трансформаторов, используем расчет по удельной плотности нагрузки»[12]:

Суммируем полученную полную расчетную мощность из таблицы 3 по всем строениям в микрорайоне и получим суммарную полную расчетную мощность – 3349,626 кВА.

Для существующих:

$$\sigma_H = \frac{S_{\text{нагр}}}{F} = \frac{3349,626}{36544} = 0,0916, \quad (10)$$

где $S_{\text{нагр}}$ – расчетная нагрузка, кВА;

F – площадь, м².

Произведем расчет номинальной мощности трансформатора для существующих ТП. На рисунке 1 указано расположение существующих подстанций.

ТП № 36-01 10/0,4 кВ.

От ТП № 36-01 10/0,4 кВ присоединяется нагрузка колледжа и студенческого общежития. Определим суммарную нагрузку:

$$S_{\text{НАГР}} = S_{\text{№31}} + S_{\text{№35}} + S_{\text{№37}} + S_{\text{№39}} = \\ 260,78 + 260,78 + 242,20 + 242,20 = 1005,96 \text{ кВА}$$

Исходя из результата определим расчетную номинальную мощность трансформатора:

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{n \cdot k_3} = \frac{1005,96}{2 \cdot 0,85} = 591,74 \text{ кВА}$$

Из полученной номинальной расчетной мощности, ближайший номинал трансформатора 630 кВА. Тип трансформаторов в ТП-ТМГ11-630/10.

ТП № 36-02.

Определим суммарную нагрузку:

$$S_{\text{НАГР}} = 85,166 + 260,78 + 260,78 + 242,20 + 408,88 = 1257,806 \text{ кВА}$$

Расчетная номинальная мощность:

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{1257,806}{2 \cdot 0,85} = 739,88 \text{ кВА}$$

Из полученного результата, выберем трансформатор мощностью ближайшей большей к $S_{\text{Т.НОМ.расч}}$ мощностью 1000 кВА. Тип трансформаторов в ТП-ТМГ11-1000/10.

ТП № 36-03.

Определим суммарную нагрузку:

$$S_{\text{НАГР}} = 179,94 + 179,94 + 179,94 + 25,41 = 565,23 \text{ кВА}$$

Расчетная номинальная мощность:

$$S_{\text{Т.НОМ.расч}} = \frac{565,23}{2 \cdot 0,85} = 332,48 \text{ кВА}$$

Из полученного результата, выберем трансформатор мощностью ближайшей большей к $S_{\text{Т.НОМ.расч}}$ мощностью 400 кВА. Тип трансформаторов - в ТП-ТМГ11-400/10.

После определения мощности трансформаторов для каждой существующей и проектируемой подстанции, внесем результаты расчетов в таблицу 4.

Таблица 4-Выбор трансформаторов

ТП	Потребитель	$S_{\text{расч}}$, кВА	$S_{\text{НАГР}}$, кВА	$S_{\text{Т.НОМ.расч}}$, кВА	$S_{\text{Т.НОМ}}$, кВА
1	2	3	4	5	6
10-01 10/0,4 кВ	Колледж	412,97	520,66	306,27	400
	Общежитие	107,69			
36-01 10/0,4 кВ	Жилой дом № 31	260,78	1005,96	591,74	630
	Жилой дом № 35	260,78			
	Жилой дом № 37	242,20			
	Жилой дом № 39	242,20			
36-02 10/0,4 кВ	Жилой дом № 25	260,78	1257,806	739,88	1000
	Жилой дом № 27	260,78			
	Жилой дом № 29	85,166			
	Жилой дом № 33	242,20			
	Дом культуры "Юность"	408,88			
10-04 10/0,4 кВ	Жилой дом № 21	179,94	565,23	332,48	400
	Жилой дом № 23	179,94			
	Жилой дом № 6	179,94			
	Офис	25,41			

Для всех ТП установлены трансформаторы типа ТМГ, «Трансформаторы силовые, трехфазные, двухобмоточные с естественным охлаждением масла» [19]

2.3 Расчёт защитного заземления КТП

«Территория, на которой размещается подстанция, оборудуется заземляющим устройством, основной функцией которого является защита обслуживающего персонала от поражения электрическим током. На одной территории могут располагаться распределительные устройства, отличающиеся классом напряжения и режимом работы нейтрали и поэтому предъявляющие разные требования к заземляющим устройствам. Так как заземляющее устройство на данной территории выполняется единым, то оно должно удовлетворять наиболее тяжелым из предъявляемых к нему требований».

«Согласно ПУЭ в электроустановках с большим током замыкания на землю, допускается выполнение заземлительных устройств с соблюдением требований предъявляемых к сопротивлению заземления, которое не должно превышать $0,5(\text{Ом})$, а в электроустановках 6-35(кВ) с изолированной нейтралью $10(\text{Ом})$ ».

«Так как ток короткого замыкания на стороне 110кВ больше тока короткого замыкания на стороне 10кВ, то расчет заземления производим для устройств напряжением 110кВ».

Предполагаемый контур искусственного заземлителя вокруг подстанции имеет форму прямоугольника длиной сорок метров и шириной тридцать метров. Заземлитель предполагается выполнить из вертикальных электродов длиной два с половиной метра. Верхние концы вертикальных электродов соединяются с помощью горизонтального электрода – стальной полосы сечением сорок на четыре миллиметра, уложенной в землю на глубине семьдесят сантиметров.

Все расчеты по заземлению ведем по методике [7], результаты изображены на рисунке 3.

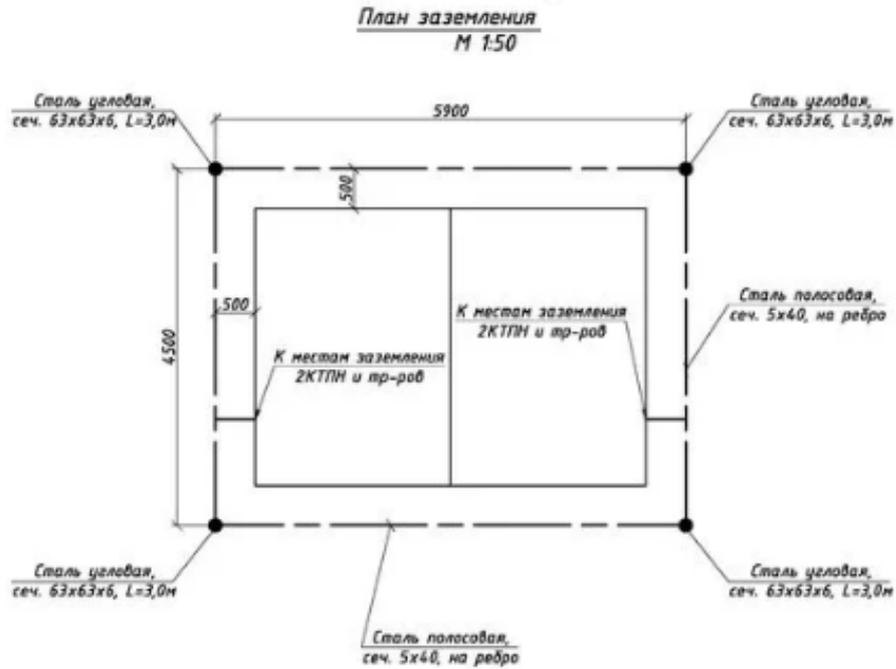


Рисунок 3 - Контур заземления подстанции

Сопротивление заземляющего устройства при использовании естественных заземлителей рассчитывается по формуле (12):

$$R_3 = \frac{R_e \cdot R_{и}}{(R_e + R_{и})}, \quad (12)$$

Сопротивление заземления железобетонного фундамента подстанции рассчитывается по формуле (13):

$$R_{\phi} = \frac{\rho}{\sqrt{S}}, \quad (13)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта равное 0,9-100 (Ом·см) [7];

S - площадь ограниченная периметром территории подстанции:

$$S = b \cdot c, \quad (14)$$

где b и c - соответственно ширина и длина территории.

$$S = 29,4 \cdot 36,2 = 1064,28(\text{м}^2);$$

$$R_{\phi} = \frac{0,9 \cdot 10^2}{\sqrt{1064,28}} = 2,76 \text{ Ом.}$$

$$R_e = \frac{R_{\phi} \cdot R_T}{(R_{\phi} + R_T)}, \quad (15)$$

где R_T - сопротивление заземленного троса линии 110 кВ.

$$R_e = \frac{2,76 \cdot 6}{(2,76 + 6)} = 1,89 \text{ Ом.}$$

Для обеспечения $R_3=0,5(\text{Ом})$ необходимо выполнить дополнительные искусственные заземлители которое рассчитывается по формуле (16):

$$R_{и} = \frac{R_e \cdot R_3}{(R_e - R_3)}, \quad (16)$$

$$R_{и} = 1,89 \cdot 0,5 / (1,89 - 0,5) = 0,68 \text{ Ом.}$$

Расчетное сопротивление искусственного заземлителя из нескольких электродов, соединенных соединительной полосой можно рассчитать по формуле (17):

$$R_{и} = \frac{R_B \cdot R_T}{(R_B + R_T)}, \quad (17)$$

Суммарное сопротивление всех вертикальных электродов рассчитывается по формуле (18):

$$R_{\epsilon} = \frac{R_{o,\epsilon}}{(n \cdot \eta_{\epsilon})}, \quad (18)$$

где n - число электродов;

$R_{o.в}$ - сопротивление одиночного вертикального заземления;

$\eta_в$ - коэффициент использования электродов, характеризующий степень использования его поверхности из-за экранирующего влияния соседних электродов.

$$R_{o.в} = 0,00318 \cdot \rho = 28,6 \text{ Ом.}$$

Вертикальный заземлитель выполнен электродами из угловой стали 50*50*5(мм) и длиной 2,5(м), на расстоянии 2,5(м) друг от друга $a/l = 1$. Контур выполнен из полос 40*4(мм) проложенных на глубине 0,7(м).

Для выравнивания потенциала внутри контура прокладываем 4 уровнительные полосы. В этом случае общая длина горизонтальных полос составит:

$$L_{г} = 30 \cdot 2 + 40 \cdot 6 = 300 \text{ м}$$

Какое количество необходимо разместить электродов рассчитаем по формуле (19):

$$n = L_{г} / a \quad (19)$$

$$n = 300 / 2,5 = 120 \text{ электродов;}$$

$$R_{в} = 28,6 / (120 \cdot 0,35) = 0,68 \text{ (Ом).}$$

Сопротивление горизонтального заземлителя уложенного на глубине 0,7(м) с учетом экранирования рассчитывается по формуле (20):

$$R_{г} = \frac{0,366 \cdot \rho \cdot K_{м}}{I_{г} \cdot \eta_{г}} \cdot I_{г} \frac{2 \cdot I_{г}^2}{в \cdot t} \quad (20)$$

где $l_{г}$ - длина заземлителя (м);

$в$ - ширина полосового заземлителя (м);

t - глубина заложения (м);

K_m - коэффициент сезонности равный 2,3;

η_r - коэффициент использования горизонтальной полосы с учетом экранирующего влияния вертикальных электродов;

ρ - удельное сопротивление грунта 90 (Ом*м).

$$R_r = \frac{0,366 \cdot 90 \cdot 2,3}{300 \cdot 0,4} \cdot I_g \frac{2 \cdot 300^2}{0,04 \cdot 0,7} = 4,2 \text{ Ом}$$

Сопротивление искусственного заземления рассчитаем из формулы (17):

$$R_{и} = \frac{0,68 \cdot 4,2}{(0,68 + 4,2)} = 0,58 \text{ Ом.}$$

Сопротивление заземления рассчитаем по формуле (12):

$$R_з = \frac{1,89 \cdot 0,58}{(1,89 + 0,58)} = 0,44 \text{ Ом}$$

По данным расчетов для электроустановки принимаем сопротивление равное $R_з = 0,44 \text{ Ом}$.

Внутреннюю сеть заземления выполняют в виде магистралей заземления проложенных во всех помещениях электроустановки. С заземлителями внутреннюю сеть соединяют в нескольких местах. Выполняют сеть заземления стальными полосами сечением не менее $24(\text{мм}^2)$, при толщине не менее 3(мм). Все соединения заземляющих проводников между собой и с заземлителем выполняют сваркой.

Каждый заземляющий элемент установки присоединяют к заземлителю при помощи отдельного ответвления.

К кожухам электрооборудования заземляющие проводники присоединяют при помощи болтов или сварки.

Открыто проложенные заземляющие проводники окрашивают в фиолетовый цвет. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест может быть выполнена подсыпка щебня слоем толщиной 0,1-0,2 (м).

2.4 Расчет кабельных линий микрорайона Восточный

«В современных городах ограничено пространство и из-за плотности застроек строительство воздушных линий (ВЛ) практически не возможно. Самым оптимальным вариантом для городской электрической сети, служит прокладка подземных кабельных линий (КЛ). Но, к сожалению, чтобы проложить КЛ предприятие затратит большее количество финансовых средств, чем при постройке ВЛ. Это обуславливается тем, что сам кабель стоит очень дорого, при этом проводятся дорогостоящие работы при его прокладке под землей включающие в себя трудоемкий процесс»[20]

«Пропускная способность подземного кабеля обуславливается температурными ограничениями, вытекающими из особенностей конструкции кабелей, и поэтому она меньше (на единицу площади сечения) по сравнению с воздушными линиями»[20]. При повреждении кабеля ремонтные работы так же очень трудоемки, хоть такие и повреждения бывают не часто. Чтобы определить место повреждения, понадобится большое количество времени. Так же, для кабельных сетей, существует необходимость создания резервных линий.

Но нужно учесть, что при применении КЛ существуют важные преимущества. «С помощью них, осуществляется пересечение уличных магистралей большим количеством электрических кабелей при любом напряжении. Так же, как и возможна прокладка этих линий вдоль магистрали. При этом всем, для сооружения КЛ используется небольшая территория, и удовлетворяются необходимые градостроительные и экологические требования»[18].

«Для применения подземных КЛ, самым весомым аргументом является полная гарантия электрических сетей от многочисленных случайных повреждений и атмосферных воздействий, которым подвержены воздушные линии. В условиях города использование подземных кабельных линий довольно часто является единственно возможным решением конструктивного выполнения электрических сетей»[18].

При проектировании каждой КЛ, учитываются местные условия. «Должны быть определены способы прокладки, где будет расположена каждая фаза линии, какой будет использоваться способ соединения и заземления оболочек кабелей. Проектированию предшествует изучение тепловых свойств грунта вдоль предполагаемой трассы. Последнее позволяет установить характеристики грунта и выявить участки с высоким сопротивлением, на которых может потребоваться частичная замена грунта»[18].

2.5 Выбор марок и сечений кабелей для многоквартирных жилых домов

Для сети электроснабжения микрорайона напряжением 0,4 кВ, был выбран кабель марки АПвВнг (рисунок 4).

Кабель АПвВнг состоит из:

- алюминиевой токопроводящей жилы,
- изоляции из сшитого полиэтилена,
- оболочки из поливинилхлоридного пластика,
- не распространяет горение при групповой прокладке,
- класс пожарной безопасности категории А,
- с пониженным дымо- и газовыделением.

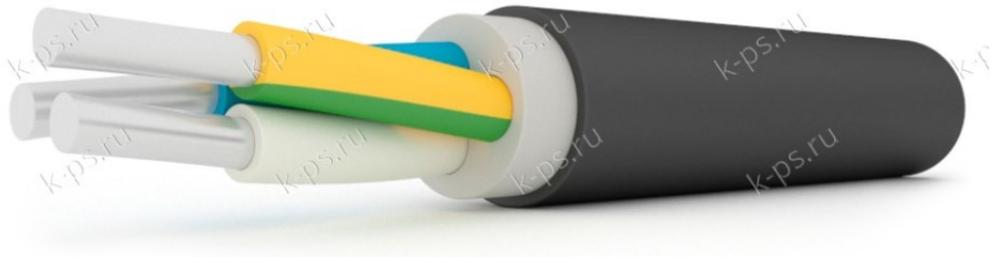


Рисунок 4-Кабель АПВВнг

Для передачи электроэнергии от ПС «Чульчам» через РП-23 и до каждой ТП, при напряжении 10 кВ, был выбран трёхжильный провод марки ААБл (рисунок 5). Состоит он из:

- трёх алюминиевых токопроводящих жил с площадью поперечного сечения 50 мм²,
- фазная бумажная изоляция, пропитанная вязким изоляционным пропиточным составом,
- заполнение из бумажных жгутов,
- поясная бумажная изоляция, пропитанная вязким изоляционным пропиточным составом,
- экран из электропроводящей бумаги,
- алюминиевая оболочка,
- подушка (битумный состав или битум, ленты полиэтилентерефталатные, крепированная бумага или кабельная пропитанная, битумный состав или битум, крепированная бумага или кабельная пропитанная, битумный состав или битум),
- броня из стальных оцинкованных лент,
- наружный покров (битумный состав или битум, или вязкий подклеивающий состав, пропитанная кабельная пряжа или стеклянная пряжа из штапелированного волокна, битумный состав или битум, или вязкий подклеивающий состав, покрытие, предохраняющее витки кабеля от слипания).



Рисунок 5-Кабель ААБл

«Кабель предназначен для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом» [13].

Основную часть потребителей в микрорайоне Восточный составляют электроприемники второй категории надежности электроснабжения. Они запитаны от двух независимых источников питания. Как в нашем случае РП-23 запитана от ПС «Чульчам» и ПС «Чара». В случае аварии на одной линии, оперативно-диспетчерская служба получает сигнал об аварии, и устраняет её.

Для того, чтобы определить расчетный ток в линии используется формула (21):

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{НАГР}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (21)$$

где $S_{\text{НАГР}}$ – полная расчетная мощность на участке;

n – число КЛ;

$U_{\text{НОМ}}$ - номинальное напряжение сети. В нашем случае это 10 кВ и 0,4 кВ.

Так же для определения сечения КЛ, необходимо знать значение тока в послеаварийном режиме. Для этого используется формула (22):

$$I_{AP} = \frac{S_{НАГР}}{(n-1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (22)$$

где $S_{НАГР}$ – полная расчетная мощность на участке;

n – число КЛ (послеаварийный режим предусматривает неисправность одно из КЛ);

$U_{НОМ}$ - номинальное напряжение сети.

«Немаловажно верно рассчитать длительно допустимую токовую нагрузку кабеля. При некорректно полученном значении, в процессе эксплуатации провод будет перегреваться, что может привести к короткому замыканию или повреждению изоляции и возгоранию»[15].

Длительно допустимую токовую нагрузку можно определить по формуле (23):

$$I_{доп} = \frac{I_{AP}}{k_{пер} \cdot k_{сн} \cdot k}, \quad (23)$$

где I_{AP} – значение тока в послеаварийном режиме;

$k_{пер}$ – коэффициент 1,13 – коэффициент перегрузки;

$k_{сн}$ – коэффициент 0,93 – коэффициент снижения;

k – коэффициент (ПУЭ).

«Проектирование каждой кабельной линии производится применительно к местным условиям. В процессе проектирования должен быть определен способ прокладки кабелей на всех участках линии; решены вопросы расположения каждой фазы линии; выбран способ соединения и заземления оболочек кабелей»[12].

«Проектированию предшествует изучение тепловых свойств грунта вдоль предполагаемой трассы. Последнее позволяет установить характеристики грунта и выявить участки с высоким сопротивлением, на которых может потребоваться частичная замена грунта»[14].

«Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия при напряжении 35 кВ и выше железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм; при напряжении ниже 35 кВ - плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей; при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля - вдоль трассы кабельной линии. Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается»[9].

Вывод. В ходе выполнения данного раздела, была определена марка кабельной линии:

- для напряжения 10 кВ-кабель марки АПвВнг,
- для напряжения 0,4 кВ-кабель марки ААБЛУ.

«Выбранный кабель ААБЛ выдерживает температурный режим от -50 градусов, до +50 градусов» [20]. При условии климата, а в нашем случае это климат крайнего севера, это один из оптимальных вариантов для прокладки линий 10 кВ.

На рисунок 1 нанесены кабельные линии существующей схемы электроснабжения, а также указали расположение существующих ТП.

3 Техника безопасности и охрана труда

Не маловажно при проектировании и строительстве электрических сетей учесть технику безопасности. Перед началом работ, должны быть проведены инструкции работникам. Основываясь на Приказ от 24 июля 2013г. №328н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, озвучим следующие требования безопасности:

Общие требования безопасности.

«К самостоятельной работе электриком по ремонту и обслуживанию электрооборудования (далее электриком) допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие профессиональную подготовку и прошедшие:

- медицинский осмотр;
- вводный инструктаж;
- обучение безопасным методам и приемам труда и проверку знания Правил устройства электроустановок, Правил безопасности при эксплуатации электроустановок;
- первичный инструктаж на рабочем месте;
- при ремонте и обслуживании электрооборудования напряжением до 1000 В должен иметь группу по электробезопасности не ниже III, а свыше 1000 В - не ниже IV»[13].

Электрик обязан:

- Соблюдать нормы, правила и инструкции по охране труда и пожарной безопасности и требования правил внутреннего трудового распорядка;
- Правильно применять коллективные и индивидуальные средства защиты, бережно относиться к выданным в пользование спецодежде, спецобуви и другим средствам индивидуальной защиты;

- Немедленно сообщать своему непосредственному руководителю о любом несчастном случае, происшедшем на производстве, о признаках профессионального заболевания, а также о ситуации, которая создает угрозу жизни и здоровью людей;
- Знать сроки испытания защитных средств и приспособлений, правила эксплуатации, ухода и пользования ими. Не разрешается использовать защитные средства и приспособления с просроченным сроком проверки;
- Выполнять только порученную работу;
- Соблюдать требования инструкций по эксплуатации оборудования;
- Знать местонахождение средств оказания доврачебной помощи, первичных средств пожаротушения, главных и запасных выходов, пути эвакуации в случае аварии или пожара;
- Знать нормы переноски тяжести вручную;
- Знать номера телефонов медицинского учреждения и пожарной охраны;
- «Содержать рабочее место в чистоте и порядке»[13].

«При заболевании или травмировании как на работе, так и вне ее, необходимо сообщить об этом лично или через других лиц своему руководителю или руководителю предприятия»[13].

«При несчастном случае следует оказать помощь пострадавшему в соответствии с инструкцией по оказанию доврачебной помощи, вызвать работника медицинской службы. Сохранить до расследования обстановку на рабочем месте такой, какой она была в момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью окружающих и не приведет к аварии»[13].

«При обнаружении пожара или загорания необходимо:

- немедленно сообщить в пожарную охрану, своему руководителю или руководителю предприятия;
- обесточить оборудование в зоне пожара или загорания;

- приступить к тушению очага пожара имеющимися средствами пожаротушения»[13].

«Находясь на работе, электрик обязан соблюдать следующие требования:

- ходить только по установленным проходам, переходным мостикам и площадкам;
- не садиться и не облокачиваться на случайные предметы и ограждения;
- не подниматься и не спускаться бегом по лестничным маршам и переходным мостикам;
- не прикасаться к электрическим проводам, кабелям электротехнических установок;
- не находиться в зоне действия грузоподъемных машин;
- не смотреть на дугу электросварки без средств защиты глаз»[13].

«Обращать внимание на знаки безопасности, сигналы и выполнять их требования. Запрещающий знак безопасности с поясняющей надписью «Не включать - работают люди!» имеет право снять только тот работник, который его установил. Запрещается включать в работу оборудование, если на пульте управления установлен запрещающий знак безопасности с поясняющей надписью «Не включать - работают люди!»» [13].

«При передвижении по территории необходимо соблюдать следующие требования:

- ходить только по пешеходным дорожкам, тротуарам;
- при выходе из здания убедиться в отсутствии движущегося транспорта»[13].

«Для питья следует употреблять воду из сатураторов или специально оборудованных фонтанчиков»[13].

«Принимать пищу следует только в специально оборудованных помещениях»[13].

«Курить следует только в специально отведенных местах. Запрещается употребление спиртных напитков и появление на работе в нетрезвом состоянии, в состоянии наркотического или токсического опьянения»[13].

«Опасными и вредными производственными факторами являются:

- напряжение в электрической сети;
- наличие напряжения на обслуживаемом оборудовании;
- неогражденные острые кромки инструментов;
- вылетающие стружка, опилки, осколки обрабатываемого материала;
- повышенная физическая нагрузка;
- повышенная (пониженная) температура окружающего воздуха;
- падение с высоты;
- падение предметов с высоты;
- повышенный уровень шума;
- пыле- и газообразные выделения применяемых в производстве веществ в воздухе рабочей зоны»[13].

«В соответствии с нормами выдачи спецодежды и других средств индивидуальной защиты электрику выдаются:

- костюм х/б - на 12 месяцев;
- ботинки кожаные - на 12 месяцев;
- рукавицы комбинированные - на 1 месяц;
- берет - на 12 месяцев;
- галоши диэлектрические - дежурные;
- перчатки диэлектрические - дежурные;
- каска - дежурная;
- очки защитные – дежурные»[13].

«Работодатель обязан заменить или отремонтировать спецодежду, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты, пришедшие в

негодность до истечения установленного срока носки по причинам, не зависящим от работника»[13].

Требования безопасности перед началом работы:

- «надеть исправную спецодежду, проверить исправность средств индивидуальной защиты»[13];
- «проверить наличие: ключей от электрощитов, пультов управления, оперативной документации»[13];
- «проверить исправность инструментов, приспособлений, средств коллективной и индивидуальной защиты»[13];
- «для переноски инструмента используется специальная сумка или переносный ящик. Переноска инструмента в карманах запрещается»[13];
- «убедиться в достаточном освещении рабочего места, отсутствии электрического напряжения на ремонтируемом оборудовании»[13];
- «выполнение работ повышенной опасности производится по наряду-допуску после прохождения целевого инструктажа»[13];
- «удалить из зоны проведения работ посторонних лиц и освободить рабочее место от посторонних материалов и других предметов, огородить рабочую зону и установить знаки безопасности»[13];
- «при обнаружении неисправности оборудования, инструмента, приспособлений, средств индивидуальной или коллективной защиты, рабочего места, как перед началом работы, так и во время работы, сообщить руководителю и до устранения неполадок к работе не приступать. Пользоваться неисправными, с истекшим сроком испытания инструментами, приспособлениями, средствами индивидуальной или коллективной защиты запрещается»[13];

- «для выполнения совместной работы несколькими лицами должен назначаться старший работник, обеспечивающий согласованность действий и соблюдение требований безопасности»[13].

Требования безопасности во время работы:

- «заметив нарушение требований безопасности другим работником, не оставаться безучастным, а предупредить рабочего об опасности и необходимости их соблюдения»[13];
- «не допускать на рабочее место лиц, не связанных с ремонтом, не отвлекаться посторонними разговорами, помнить об опасности поражения электрическим током»[13];
- «при появлении нескольких неисправностей в электрооборудовании, устранять неисправности в порядке очередности или по указанию руководителя, если это не влечет опасности поражения персонала электрическим током или порче оборудования»[13];
- «перед снятием электрооборудования для ремонта снять напряжение в сети не менее чем в двух местах, а также удалить предохранители. Приступать к снятию электрооборудования следует, убедившись в отсутствии напряжения, вывесив плакат «Не включать - работают люди!» на рубильник или ключ управления»[13];
- «разборку и сборку электрооборудования производить на верстаках, стеллажах, подставках, специальных рабочих столах или стендах, обеспечивающих их устойчивое положение»[13];
- «гаечные ключи применять по размеру гаек или болтов, не применять прокладки между ключом и гайкой, не наращивать ключи трубами и другими предметами»[13];
- «выпрессовку и запрессовку деталей производить с помощью специальных съемников, прессов и других приспособлений, обеспечивающих безопасность при выполнении этой работы»[13];

- «обрабатываемую деталь надежно закрепляйте в тисках или другом приспособлении. При рубке, чеканке и других работах, при которых возможно отлетание частиц материала, пользоваться очками или маской»[13];
- «сварку и пайку производить в защитных очках, с включенной вентиляцией»[13];
- «перед испытанием электрооборудования после ремонта должно быть надежно закреплено, заземлено (занулено), а вращающиеся и движущиеся части закрыты ограждениями»[13];
- «при получении заявки на устранение неисправности сделать запись в оперативном журнале время поступления заявки, фамилию и должность лица, подавшего заявку, вид и место появления неисправности, выполнение технических мероприятий по отключению электропитания и время окончания работы по устранению неисправности и включения оборудования в работу»[13].
- «производить обходы и осмотр электрооборудования по утвержденному маршруту, обращая внимание на правильность режимов работы, состояние и исправность средств автоматики»[13]. Шкафы, пульты управления должны быть надежно закрыты. Результаты осмотров фиксируются в оперативном журнале»[13];

«При ремонте и техническом обслуживании электрооборудования, находящегося под напряжением, следует пользоваться средствами защиты (инструментом с изолированными ручками, диэлектрическими перчатками, указателем напряжения), которые должны быть исправными и испытаны в электротехнической лаборатории»[13]. «На защитных средствах должен быть порядковый номер и дата его испытания»[13]. «Инструмент переносить в закрытой сумке или ящике Работа по ремонту и техническому обслуживанию электрооборудования, находящегося под напряжением, должны

производиться двумя работниками, имеющими группу по электробезопасности не ниже III»[13];

«Перед пуском временно отключенного оборудования, осмотреть и убедиться в готовности к приему напряжения и предупредить работающий персонал о предстоящем включении»[13];

«Во время работы постоянно поддерживать порядок на рабочем месте, не допускать его захламленности и не загромождать посторонними предметами»[13];

«При замене плавких предохранителей под напряжением необходимо:

- отключить нагрузку;
- надеть защитные очки и диэлектрические перчатки, встать на диэлектрический коврик;
- пассатижами или специальным съемником снять предохранители»[13].

«Применение некалиброванных плавких вставок не допускается»[13].

«Вставки должны строго соответствовать типу предохранителя, на котором указан номинальный ток вставки»[13].

«При ремонте электроосветительной аппаратуры, участок, на котором ведется работа, должен быть обесточен»[13]. «При замене ламп накаливания, люминесцентных или ртутных низкого и высокого давления пользоваться защитными очками»[13].

«Работы в действующих электроустановках производятся по наряду-допуску или распоряжению энергетика»[13].

«При отсутствии энергетика электрик руководствуется в своей работе Перечнем работ, выполняемых самостоятельно при обслуживании и ремонте электрооборудования напряжением до 1000 вольт»[13].

«Отключение и включение электрооборудования производится по заявке согласно списку лиц, имеющих право давать заявки на отключение и подключение электрооборудования, с обязательной записью в оперативном журнале»[13].

«При работе с применением этилового спирта для чистки рабочих поверхностей следует помнить, что этиловый спирт - ЯД!»[13]

«Хранить спирт необходимо в несгораемой посуде с плотно закрывающейся крышкой. Оставлять в открытой посуде после окончания работ или на ночь любое количество спирта запрещено, оставшийся спирт сдается на хранение руководителю работ»[13].

«При чистке рабочих поверхностей с применением бензина, следует надеть дополнительно резиновые перчатки и помнить, что бензин взрывопожароопасен и токсичен»[13].

«Работы проводятся на рабочем месте, оборудованном принудительной вытяжной вентиляцией и поддоном»[13]. «Во время работы не допускать розлив бензина и его попадания на кожу»[13]. «При работе разрешается применять не более 0,5 литра бензина»[13].

«По окончании работы с бензином необходимо:

- - оставшийся бензин слить в металлическую емкость с герметично закрывающейся пробкой и сдать на склад ГСМ;
- - протереть насухо поддон и инструмент;
- - вымыть руки и лицо теплой водой с мылом»[13].

Требования безопасности в аварийных ситуациях.

«При аварии или возникновении аварийной ситуации принять меры, предупреждающие и устраняющие опасность»[13].

«Электрик должен помнить, что при внезапном отключении напряжения, оно может быть подано вновь без предупреждения. При поражении электрическим током необходимо немедленно освободить пострадавшего от действия тока, соблюдая требования электробезопасности, оказать доврачебную помощь и вызвать работника медицинской службы»[13].

«При возникновении пожара необходимо сообщить руководителю (администрации), в пожарную охрану и приступить к тушению пожара средствами пожаротушения»[13].

«Во всех случаях при проведении аварийных работ следует выполнять все технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ»[13].

Требования безопасности по окончании работы:

- «Отключить (отсоединить) электрооборудование, электроинструмент, грузоподъемные машины от сети»[13].
- «Убрать инструменты, приспособления, средства защиты в отведенное для этого место»[13].
- «Привести в порядок мастерскую, рабочее место. Инструмент и защитные средства убрать в шкаф для хранения. Снять предупредительные плакаты и ограждения с соответствующей записью в оперативном журнале. Мусор, обрывки проводов, бронешлангов и т.п. убрать в контейнеры для мусора»[13].
- «Привести в порядок спецодежду, очистить от пыли и грязи, принять душ»[13].

По результатам третьего раздела мы ознакомились с техникой безопасности и охраной труда во время работы на электроустановках.

Заключение

Вопросы электроснабжения города решаются комплексно, с учетом возможностей использования подстанций и распределительных пунктов системы электроснабжения города для питания промышленных предприятий, расположенных на территории города.

В процессе выпускной квалификационной работы, мы выяснили, что основными потребителями электроснабжения, являются: коммунально-бытовые потребители. Так как микрорайон «молодой» и только начинает разрастаться, на территории находятся в основном жилые многоквартирные дома и несколько офисных помещений. А так же Няганский технологический колледж с общежитием.

Была рассмотрена схема электроснабжения микрорайона Восточный в г. Нягань. Изучили существующие ТП. Так же было изучено применяемое технологическое и электрическое оборудование на предприятии.

Микрорайон питается от двух ПС: ПС 110/04 кВ «Чульчам» (АО Россети Тюмень) мощностью 2х40МВА и ПС 110/04 кВ «Чара» (АО ЮРЭСК) мощностью 2х40МВА, которые в свою очередь проходят через РП №23 и далее питают микрорайон.

Строительство схемы микрорайона города, было построено согласно ГОСТу, все условия правил выполнены.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. 3-е изд. М.: Форум, 2020. 415 с.
2. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения. Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2016. 78 с.
3. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Системы электроснабжения. Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2015. 46 с.
4. Ерошенко Г.П., Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования. М.: Инфра-М, 2017. 336 с.
5. Конюхова Е.А. Электроснабжение. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. 510 с.
6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2013. 20 pp.
7. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов. М.: Форум, 2020. 416 с.
8. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. Москва: Издательство Проспект, 2020. 832 с.
9. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей 2021 год. М.: ЦЕНТРМАГ, 2021. 46 с.
10. Соловьев А.Л., Шабад М.А. Релейная защита городских электрических сетей 6 и 10 кВ. Санкт-Петербург: Политехника, 2016. 175 с.
11. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. М.: Госстрой, 2004. 144 с.
12. Фарнасов Г.А. Электротехника, электроника, электрооборудование: электротехника. М.: МИСИС, 2012. 423 с.

13. Шахнин В.А., Рощина С.И. Электроснабжение микрорайона многоэтажной жилой застройки : учеб. пособие. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. 107 с.
14. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования : учеб. пособие. 3-е-е изд. М.: Форум, 2019. 214 с.
15. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учеб. Пособие. 3-е-е изд. М.: Инфра-М, 2019. 136 с.
16. Bayliss C. Transmission and Distribution Electrical Engineering. Hardly. – Newnes, 2012. – 1180 с.
17. Mariesa L. Computational methods for electric power systems, 3-ed Shelter, Taylor & Francis Group, LCC ,2016 . 333с.
18. Electrical Power Transmission System Engineering: Analysis and Design, 3-ed. CRC Press, New York, 2014.-320с
19. Lakervi E., Holmes E. J. Electricity Distribution Network Design, 2nd ed (Energy Engineering). - The Institution of Engineering and Technology, 2011. 368 с.
20. Mcdonald J. D. Electric Power Substations Engineering. Майями: CRC Press Taylor & Francis Group, 2012. 593с

Приложение А

Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартиру

Таблица А.1-Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартиру

№п/ п	Потребители электроэнергии	Удельная расчетная электрическая нагрузка при количестве квартир													
		1-5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1	Квартиры с плитами на природном газе*	4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
	На сжиженном газе (в том числе при групповых установках и на твердом топливе)	6	3,4	2,9	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1	0,92	0,84	0,76
	Электрическими, мощностью 8,5 кВт	10	5,1	3,8	3,2	2,8	2,6	2,2	1,95	1,7	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19
2	Летние домики на участках садовых товариществ	4	2,3	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,76	0,69	0,61	0,58	0,54	0,51	0,46

Приложение Б
Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов

Таблица Б.1-Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов k_c

Количество лифтовых установок	Этажность жилого дома	
	До 12	более 12
2 - 3	0,8	0,8
4 - 5	0,7	0,7
6	0,65	0,65
10	0,5	0,5
20	0,4	0,4
25 и выше	0,35	0,35

Приложение В
Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно-технических устройств

Таблица В.1-Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно-технических устройств \tilde{k}_C »

Количество электродвигателей	\tilde{k}_C	Количество электродвигателей	\tilde{k}_C
2	1 (0,8)*	15	0,65
3	0,9 (0,75)	20	0,65
5	0,8 (0,7)	30	0,6
8	0,75	50	0,55
10	0,7	—	

Приложение Г
Расчетные коэффициенты реактивной мощности

Таблица Г.1-Расчетные коэффициенты реактивной мощности

Потребитель электроэнергии	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
Квартиры с электрическими плитами	0,98	0,2
Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе	0,96	0,29
Хозяйственные насосы, вентиляционные и другие санитарно-технические устройства	0,8	0,75
Лифты	0,65	1,17

Приложение Д
Ориентировочные расчеты электрических нагрузок общественных зданий

Таблица Д.1-Ориентировочные расчеты электрических нагрузок

Здание	Единица измерения	Удельная нагрузка
Предприятия общественного питания		
Полностью электрифицированные с количеством посадочных мест:		
до 400	кВт/место	1,04
св. 400 до 1000	кВт/место	0,86
" 1000	кВт/место	0,75
Частично электрифицированные (с плитами на газообразном топливе) с количеством посадочных мест:		
до 400	кВт/место	0,81
св. 400 до 1000	кВт/место	0,69
" 1000	кВт/место	0,56
Продовольственные магазины		
Без кондиционирования воздуха	кВт/м торговый зал	0,23
С кондиционированием воздуха	кВт/м торговый зал	0,25
Промтоварные магазины		
Без кондиционирования воздуха	кВт/м торговый зал	0,14
С кондиционированием воздуха	кВт/м торговый зал	0,16
Общеобразовательные школы		
С электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/1 учащегося	0,25
Без электрифицированных столовых, со спортзалами	кВт/1 учащегося	0,17
С буфетами, без спортзалов	кВт/1 учащегося	0,17
Без буфетов и спортзалов	кВт/1 учащегося	0,15
Профессионально-технические училища со столовыми	кВт/1 учащегося	0,46
Детские ясли-сады	кВт/место	0,46
Кинотеатры и киноконцертные залы		
С кондиционированием воздуха	кВт/место	0,14
Без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,12
Клубы	кВт/место	0,46
Парикмахерские	кВт/рабочее место	1,5
Здания или помещения учреждений управления, проектных и конструкторских организаций		
С кондиционированием воздуха	кВт/м общей площади	0,054
Без кондиционирования воздуха	кВт/м общей площади	0,043

Продолжения приложения Д

Продолжение таблицы Д.1

Здание	Единица измерения	Удельная нагрузка
Гостиницы		
С кондиционированием воздуха	кВт/место	0,46
Без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,34
Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,36
Фабрики химчистки и прачечные самообслуживания	кВт/кг вещей	0,075
Детские лагеря	кВт/м жилых помещений	0,023

Приложение Е
Коэффициент мощности для расчета силовых сетей общественных зданий

Таблица Е.1-Коэффициент мощности для расчета силовых сетей

Здания и сооружения	Коэффициент мощности
Предприятия общественного питания:	
полностью электрифицированные	0,98
частично электрифицированные (с плитами на газообразном и твердом топливе)	0,95
Продовольственные и промтоварные магазины	0,85
Ясли-сады:	
с пищеблоками	0,98
без пищеблоков	0,95
Общеобразовательные школы:	
с пищеблоками	0,95
без пищеблоков	0,9
Фабрики-химчистки с прачечными самообслуживания	0,75
Учебные корпуса профессионально-технических училищ	0,9
Учебно-производственные мастерские по металлообработке и деревообработке	0,6
Гостиницы:	
без ресторанов	0,85
с ресторанами	0,9
Здания и учреждения управления, финансирования, кредитования и государственного страхования, проектные и конструкторские организации	0,85
Парикмахерские и салоны-парикмахерские	0,97
Ателье, комбинаты бытового обслуживания	0,85
Холодильное оборудование предприятий торговли и общественного питания, насосов, вентиляторов и кондиционеров воздуха при мощности электродвигателей, кВт:	
до 1	0,65
от 1 до 4	0,75
свыше 4	0,85
Лифты и другое подъемное оборудование	0,65
Вычислительные машины (без технологического кондиционирования воздуха)	0,65
Коэффициенты мощности для расчета сетей освещения следует принимать с лампами:	
люминесцентными	0,92
накаливания	1,0
ДРЛ и ДРИ с компенсированными ПРА	0,85
то же, с некомпенсированными ПРА	0,3-0,5
газосветных рекламных установок	0,35-0,4